



Environnement
Canada

Environment
Canada



Rapport d'inventaire national

1990–2012

**SOURCES ET PUIITS DE GAZ À
EFFET DE SERRE AU CANADA**

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

Partie 1



Canada 

Canada

Vedette principale au titre :

Rapport d'inventaire national 1990–2012 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada

Annuelle

1990/2012

Publ. par : Division des Inventaires et rapports sur les polluants

Autre édition disponible : Rapport d'inventaire national 1990–2012 : 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 sur 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.

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

Environnement Canada

Informathèque

10, rue Wellington, 23e étage

Gatineau (Québec) K1A 0H3

Téléphone : 819-997-2800

Ligne sans frais : 1-800-668-6767 (au Canada seulement)

Télécopieur : 819-994-1412

ATS : 819-994-0736

Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca.

Photos : © Photos.com – 2014, Environnement Canada.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada représentée par le ministre de l'Environnement, 2014

Also available in English

Remerciements

La Division des inventaires et rapports sur les polluants d'Environnement Canada remercie les nombreuses personnes et organisations qui ont participé à la préparation du Rapport d'inventaire national et des tableaux du Cadre uniformisé de présentation des rapports. Bien que la liste de tous les chercheurs, fonctionnaires et conseillers qui ont apporté une aide technique soit trop longue pour être présentée ici, la Division tient à souligner les contributions des auteurs, des collaborateurs et des réviseurs du *Rapport d'inventaire national : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada de 1990 à 2012*, qui ont contribué à améliorer le rapport de cette année.

Sommaire

Warren Baker, Michael Bishop, Dominique Blain, Ana Blondel, Maxime Génier, Jason Hickey, Chang Liang, Douglas MacDonald, Afshin Matin, Scott McKibbin, Frank Neitzert, Lindsay Pratt, Steve Smyth, My Chau Thai.

Chapitre 1 : Introduction

Loretta MacDonald, Afshin Matin, Lindsay Pratt, Donna Scarlett, My Chau Thai.

Chapitre 2 : Tendances des émissions de gaz à effet de serre de 1990 à 2012

Warren Baker, Michael Bishop, Dominique Blain, Ana Blondel, Maryam Edalathmanesh, Maxime Génier, Chia Ha, Shari Hayne, Jason Hickey, Chang Liang, Douglas MacDonald, Afshin Matin, Scott McKibbin, Jackie Mercer, Frank Neitzert, Craig Palmer, Lindsay Pratt, Steve Smyth, Renata Zaremba.

Chapitre 3 : Énergie (secteur 1 du CUPR)

Warren Baker, Michael Bishop, Maxime Génier, Chia Ha, Jason Hickey, Jordan Kay, Scott McKibbin, Frank Neitzert, Steve Smyth.

Chapitre 4 : Procédés industriels (secteur 2 du CUPR)

Afshin Matin, Maryam Edalathmanesh.

Chapitre 5 : Utilisation de solvants et d'autres produits (secteur 3 du CUPR)

Afshin Matin.

Chapitre 6 : Agriculture (secteur 4 du CUPR)

Chang Liang, Douglas MacDonald.

Chapitre 7 : Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (secteur 5 du CUPR)

Alison Beatch, Dominique Blain, Ana Blondel, Shari Hayne, Johan Huvelin, Chang Liang, Mark McGovern.

Chapitre 8 : Déchets (secteur 6 du CUPR)

Afshin Matin, Craig Palmer.

Chapitre 9 : Recalculs et améliorations

Warren Baker, Ana Blondel, Chia Ha, Shari Hayne, Chang Liang, Douglas MacDonald, Afshin Matin, Jackie Mercer, Frank Neitzert, Craig Palmer, Lindsay Pratt, Steve Smyth, Renata Zaremba.

Annexes

Warren Baker (annexes 2, 3, 4, 7 et 8)
Alison Beatch (annexe 3)
Michael Bishop (annexes 2 et 13)
Ana Blondel (annexe 3)
Christa Croos (annexes 1, 7 et 10)
Maxime Génier (annexes 2, 11 et 12)
Chia Ha (annexes 2, 3, 4, 7, 8 et 13)
Shari Hayne (annexes 3, 5 et 7)
Jason Hickey (annexes 2, 11 et 12)
Johan Huvelin (annexe 3)
Jordan Kay (annexes 11 et 12)
François Lavallée (annexe 10)
Chang Liang (annexes 3, 5, 7 et 8)
Douglas MacDonald (annexes 3, 5, 7 et 8)
Afshin Matin (annexes 3, 5 et 8)
Mark McGovern (annexe 3)
Scott McKibbin (annexes 2 et 8)
Jackie Mercer (annexes 6 et 8)
Frank Neitzert (annexes 2, 3, 4, 5, 8, 9, 12 et 13)
Craig Palmer (annexes 3, 5, 7 et 8)
Lindsay Pratt (annexes 1, 5, 6, 7, 8, 10, 11 et 12)
Steve Smyth (annexes 2, 3, 8, 11 et 12)
My Chau Thai (annexes 1, 5, 7, 10, 11 et 12)

La coordination générale du Rapport d'inventaire national a été gérée par Lindsay Pratt et Mona Jennings, avec l'aide de Jackie Mercer et de My Chau Thai. La compilation et la mise en page

du rapport ont été effectuées par Mona Jennings avec l'aide d'Anton Van Heusden et Yan Parisien. Les services de traduction et de révision d'Environnement Canada ont réalisé la révision et la traduction du rapport, la révision anglaise étant assurée par Len Goldberg et Keltie Purcell, et la révision française, par Hélène Côté. Warren Baker, Ana Blondel et Chia Ha ont pour leur part assumé la coordination et la compilation des tableaux du Cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR), qui doivent être joints à ce document dans la présentation du Canada à la CCNUCC.

Nous tenons à saluer les efforts de nos collègues de la Division de la fabrication et de l'énergie de Statistique Canada, en particulier de Peter Greenberg, Donna Stephens, Flo Mamanlac, Gwen Harding, Jacqueline Gravel, Cindy Ubartas, Holly Mullin, Does Zuccarini, Sean Fagan, Tracey Hart et Joanne Morreau, qui ont contribué à la compilation, à l'analyse et à l'interprétation des données sur la fabrication et l'offre et la demande d'énergie au Canada et à remercier Michael Scrim et Andy Kohut pour leur aide. Nous sommes reconnaissants aussi à nos collègues fédéraux du Système de surveillance, de comptabilisation et de rapports sur l'Affectation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie (ATCATF), qui ont fourni des estimations pour les secteurs de l'ATCATF et de l'agriculture. Nous remercions en particulier Andrew Dyk, Mark Hafer, Werner Kurz, Don Leckie, Juha Metsaranta, Scott Morken, Stephanie Ortlepp et Sally Tinis, du Service

canadien des forêts de Ressources naturelles Canada; Murray Bentham, Marie Boehm, Darrel Cerkowniak, Ray Desjardins, Ted Huffman, Tim Martin, Brian McConkey, Philippe Rochette, Ward Smith et Devon Worth d'Agriculture et Agroalimentaire Canada; Wenjun Chen et Robert Fraser du Centre canadien de télédétection. Parmi les nombreuses personnes et organisations qui nous ont apporté leur aide et fourni des renseignements, nous sommes particulièrement redevables aux nombreux membres des diverses industries, associations industrielles ainsi qu'aux cabinets d'ingénieurs conseils, ministères provinciaux et universités qui nous ont offert une aide précieuse dans le domaine de la technologie et des sciences.

Commentaires des lecteurs

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

Directeur,
Division des inventaires et rapports sur les polluants
Direction des sciences et évaluation des risques
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada
200, Boulevard du Sacré-Cœur, 10^e étage
Gatineau, Québec K1A 0H3

Avant-propos

Le Canada a ratifié la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) le 4 décembre 1992. Aux termes des décisions 3/CP.1, 9/CP.2 et 3/CP.5 de la CCNUCC, les Parties visées à l'Annexe I doivent déposer leur inventaire national de GES au plus tard le 15 avril de chaque année auprès du Secrétariat de la CCNUCC. Le présent document constitue donc le rapport d'inventaire national du Canada au titre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.

En vertu de l'Accord de Copenhague, le Canada s'est engagé à réduire ses émissions de gaz à effet de serre à 17 % sous les niveaux de 2005 d'ici 2020. À l'échelle internationale, il continue de jouer un rôle actif auprès de la CCNUCC; il s'applique, de façon constructive, à négocier un nouvel accord international sur le changement climatique, qui soit légalement contraignant pour tous les plus grands émetteurs d'ici 2020.

Les lignes directrices de présentation, d'examen et de suivi des inventaires nationaux de la CCNUCC prévoient l'intégration du Guide des bonnes pratiques élaboré par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Ces lignes directrices précisent le mode d'établissement des estimations des émissions et ce qu'il faut inclure dans le Rapport d'inventaire annuel et engagent les Parties à améliorer, sur une base continue, la qualité des estimations des émissions et des absorptions natio-

nales et régionales. Parmi les secteurs qu'il faut améliorer, il convient de mentionner à la fois la qualité des données d'entrée et les méthodes qui servent à établir les estimations des émissions et des absorptions. Ces améliorations, et les recalculs ultérieurs des estimations contenues dans l'inventaire, sont décrites dans le corps du rapport.

De concert avec tout un éventail d'intervenants, Environnement Canada est chargé de préparer l'inventaire national officiel du Canada. Le Rapport d'inventaire national, préparé par les experts techniques et les scientifiques de la Division des rapports et des inventaires sur la pollution d'Environnement Canada, est conforme aux lignes directrices de présentation des rapports de la CCNUCC régissant les inventaires annuels. Le rapport, qui est la somme de plusieurs années de travail, s'appuie sur les résultats des rapports précédents, publiés en 1992, 1994 et annuellement de 1996 à 2013. Outre la description et l'explication des données d'inventaire, le Rapport comprend une analyse des récentes tendances enregistrées au chapitre des émissions et des absorptions et des renseignements sur le système national canadien.

Depuis la publication de l'inventaire des émissions de 1990, de plus en plus de gens s'intéressent aux changements climatiques et, en particulier, aux émissions de gaz à effet de serre. Alors que cet intérêt a alimenté une variété d'activités de recherche, seul un nombre limité d'entre elles ont cherché à mesurer les émissions ou à en établir de meilleures estimations. Les travaux en cours, au Canada comme ailleurs, continueront d'améliorer les estimations et de réduire les incertitudes qui s'y rattachent.

Avril 2014

Directeur,
Division des inventaires et des rapports sur les polluants
Point central pour l'inventaire national des gaz à effet de serre du Canada
Direction de la science et de l'évaluation des risques
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada

Acronymes, abréviations et unités

AAC	Agriculture et Agroalimentaire Canada
AAC	Association de l’aluminium du Canada
ACÉ	Association canadienne de l’électricité
ACG	Association canadienne du gaz
ACPA	Association canadienne des producteurs d’acier
ACPP	Association canadienne des producteurs pétroliers
AIA	Association de l’Industrie d’Aluminium du Québec
AIE	Agence internationale de l’énergie
AER	Alberta Energy Regulator (organisme de réglementation de l’Alberta)
AKR	accumulation au kilomètre révisés
Al	aluminium
Al ₂ O ₃	alumine
API	American Petroleum Institute
APE	Agence de protection de l’environnement des États-Unis (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 ₂ F ₆	hexafluorure de carbone
C ₂ H ₄	Ethylene
C ₂ H ₆	ethane
C ₃ H ₈	propane
C ₄ H ₁₀	butane
C ₆ H 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 •MgCO ₃)
CANSIM	principale base de données socioéconomique de Statistique Canada
CanWEA	Association canadienne de l’énergie éolienne
CaO	chaux; chaux vive; chaux calcinée
CAT	changement d’aménagement des terres
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CDléger	camion léger à moteur diesel
CE	coefficient d’émission
CEBASE	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
CEE-ONU	Commission économique pour l’Europe des Nations Unies
CF ₄	tétrafluorure de carbone (tétrafluorométhane)
CFC	chlorofluorocarbure
CGT	changements dans la gestion des terres
CH ₃ OH	méthanol
CH ₄	méthane

CHCL ₃	Chloroforme
CIEEDAC	Centre 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 dissous (pour le secteur de l'ATCATF)
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
CPP	Comité des priorités et de la planification
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
CPATLD	Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance
DBO ₅	demande biochimique en oxygène sur cinq jours
DCE	dichlorure d'éthylène
DCO	demande chimique en oxygène
DGC	désulfuration des gaz de combustion
DGV	drainage par gravité au moyen de vapeur
DGCV	drainage par gravité au moyen de combustion dans des puits verticaux
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
ERS	Economic Research Service of the United States Department of Agriculture
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
FRD	Fer de réduction directe
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 ₂ O	eau
H ₂ S	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
ICV	injection cyclique de vapeur
IVS	injection de vapeur de solvant
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 ₂ CO 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
MEGES	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 ₂ O	oxyde de diazote
Na ₂ CO ₃	carbonate de sodium
Na ₃ AlF ₆	cryolite
NCASI	Conseil national pour l'amélioration de l'air et des cours d'eau
N/D	non disponible
NE	non estimé
NND	nomenclature de notification de données
NEU	non-energy use (utilisation à d'autres fins que l'énergie)
NH ₃	ammoniac
NH ₄ ⁺	ammonium
NH ₄ NO ₃	nitrate d'ammonium
NO	monoxyde d'azote
NO ₂	dioxyde d'azote
NO ₃ ⁻	nitrate
NO _x	oxydes d'azote
NOC	oxydes d'azote du 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
PCA	principaux contaminants atmosphériques
PCB	pouvoir calorifique brut
PCI	pouvoir calorifique inférieur
PCN	pouvoir calorifique net
PCS	pouvoir calorifique supérieur
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 recherche 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 tout terrain
VUS	véhicule utilitaire sport

Table des matières

Remerciements	3
Avant-propos	5
Acronymes, abréviations et unités	6
Sommaire.....	17
S.1 Introduction	17
S.2 Survol des émissions nationales de GES	18
S.3 Émissions et tendances par secteur du GIEC	20
S.4 Secteurs économiques	24
S.5 Émissions de GES des provinces et des territoires	25
S.6 Système national	26
Chapitre 1 Introduction.....	27
1.1. Inventaires de gaz à effet de serre et changements climatiques	27
1.2. Dispositions d'ordre institutionnel pour l'établissement des inventaires	30
1.3. Modalités de préparation de l'inventaire	34
1.4. Méthodologies et sources de données	35
1.5. Principales catégories	39
1.6. Assurance de la qualité/Contrôle de la qualité	39
1.7. Degré d'incertitude de l'inventaire	39
1.8. Évaluation de l'exhaustivité	40
Chapitre 2 Tendances des émissions de gaz à effet de serre.....	41
2.1. Sommaire des tendances	41
2.2. Tendances des émissions par gaz	41
2.3. Tendances des émissions par catégorie du GIEC	42
2.4. Tableaux des émissions selon les secteurs économiques	64
2.5. Tendances des émissions des précurseurs de l'ozone et des aérosols	66
Chapitre 3 Énergie (secteur 1 du CUPR)	70
3.1. Overview	70
3.2. Combustion de combustibles (catégorie 1.A du CUPR)	70
3.3. Émissions fugitives (catégorie 1.B du CUPR)	83
3.4. Postes pour mémoire (catégorie 1.C du CUPR)	90
3.5. Autres questions	92
Chapitre 4 Procédés industriels (secteur 2 du CUPR)	96
4.1. Aperçu	96
4.2. Production de ciment (catégorie 2.A.1 du CUPR)	97
4.3. Production de chaux (catégorie 2.A.2 du CUPR)	99
4.4. Utilisation de calcaire et de dolomite (catégorie 2.A.3 du CUPR)	101
4.5. Production et utilisation de carbonate de sodium (catégorie 2.A.4 du CUPR)	102
4.6. Utilisation de magnésite (catégorie 2.A.7.2 du CUPR)	104
4.7. Production d'ammoniac (catégorie 2.B.1 du CUPR)	105
4.8. Production d'acide nitrique (catégorie 2.B.2 du CUPR)	106
4.9. Production d'acide adipique (catégorie 2.B.3 du CUPR)	108
4.10. Production pétrochimique – Production de carbure (catégorie 2.B.4 du CUPR)	110
4.11. Production pétrochimique – Production de noir de carbone (catégorie 2.B.5.1 du CUPR)	111
4.12. Production pétrochimique – Production d'éthylène (catégorie 2.B.5.2 du CUPR)	113
4.13. Production pétrochimique – Production de dichlorure d'éthylène (catégorie 2.B.5.3 du CUPR)	115
4.14. Production pétrochimique – Production de styrène (catégorie 2.B.5.4 du CUPR)	116

4.15. Production pétrochimique – Production de méthanol (catégorie 2.B.5.5 du CUPR)	117
4.16. Sidérurgie (catégorie 2.C.1 du CUPR)	118
4.17. Production d'aluminium (catégorie 2.C.3 du CUPR)	121
4.18. Production et moulage de magnésium (catégories 2.C.4.2 et 2.C.5.1 du CUPR)	126
4.19. Production d'halocarbures (catégorie 2.E du CUPR)	128
4.20. Consommation d'halocarbures (catégorie 2.F du CUPR)	129
4.21. Production et consommation de SF ₆ (catégories 2.E et 2.F du CUPR)	135
4.22. Autres procédés et procédés indifférenciés (catégorie 2.G du CUPR)	137
Chapitre 5 Utilisation de solvants et autres produits (secteur 3 du CUPR)	139
5.1. Aperçu	139
Chapitre 6 Agriculture (secteur 4 du CUPR).....	142
6.1. Aperçu	142
6.2. Fermentation entérique (catégorie 4.A du CUPR)	143
6.3. Gestion des fumiers (catégorie 4.B du CUPR)	147
6.4. Émissions de N ₂ O des sols agricoles (catégorie 4.D du CUPR)	151
6.5. Émissions de CH ₄ et de N ₂ O provenant du brûlage des résidus agricoles dans les champs (CRF Category 4.F)	162
Chapitre 7 Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (secteur 5 du CUPR)	163
7.1. Aperçu	163
7.2. Définition des catégories de terres et représentation des terres aménagées	165
7.3. Terres forestières	167
7.4. Terres cultivées	175
7.5. Prairies	184
7.6. Terres humides	185
7.7. Zones de peuplement	188
7.8. Conversion des forêts	190
Chapitre 8 Déchets (secteur 6 du CUPR)	192
8.1. Aperçu	192
8.2. Enfouissement des déchets solides dans le sol (catégorie 6.A du CUPR)	193
8.3. Traitement des eaux usées (catégorie 6.B du CUPR)	199
8.4. Incinération des déchets (catégorie 6.C du CUPR)	201
Chapitre 9 Recalculs et mesures d'amélioration.....	205
9.1. Explication et justification des recalculs	205
9.2. Améliorations apportées à l'inventaire	208
Références.....	214

Liste des tableaux

Tableau S-1	Tendances des émissions et indicateurs économiques, pour certaines années	19
Tableau S-2	Émissions canadiennes de GES par secteur du GIEC (1990-2012)	21
Tableau S-3	Émissions de GES au Canada par secteur économique (1990-2012)	25
Tableau 1-1	PRP et durée de vie atmosphérique, GIEC 1995	30
Tableau 1-2	Émissions de GES déclarées en 2012 par les installations, par province ou territoire	38
Tableau 2-1	Tendances des émissions et indicateurs économiques, pour certaines années	41
Tableau 2-2	Émissions de GES du secteur de l'énergie, selon les catégories du GIEC, certaines années	42
Tableau 2-3	Émissions de GES provenant de la production d'électricité et de chaleur dans le secteur public, certaines années	43
Tableau 2-4	Émissions de GES provenant du raffinage du pétrole, de la production de combustibles fossiles et de l'exploitation minière, certaines années	46
Tableau 2-5	Émissions de GES pour les secteurs du pétrole et du gaz, de la production de charbon et de l'exploitation minière à des fins non énergétiques, certaines années	47
Tableau 2-6	Émissions de GES des industries manufacturières et de la construction, certaines années	50
Tableau 2-7	Émissions de GES du secteur des transports, certaines années	50
Tableau 2-8	Tendances du parc de véhicules au Canada, de 1990 à 2012	50
Tableau 2-9	Intensité des émissions fugitives de GES de la production de combustibles fossiles par catégorie, certaines années	54
Tableau 2-10	Émissions de GES des procédés industriels par catégorie, certaines années	56
Tableau 2-11	Émissions de GES provenant du secteur de l'agriculture par système de production, pour certaines années ¹	58
Tableau 2-12	Émissions de GES du secteur des déchets, certaines années	63
Tableau 2-13	Détails des tendances des émissions de GES par secteur	67
Tableau 2-14	Émissions de GES en 2012 selon les catégories de l'inventaire national et les secteurs économiques	68
Tableau 3-1	Émissions de GES du secteur de l'énergie, certaines années	70
Tableau 3-2	Contribution des industries énergétiques à la production de GES	72
Tableau 3-3	Contribution des industries manufacturières et de la construction à la production de GES	75
Tableau 3-4	Contribution des transports à la production de GES	77
Tableau 3-5	Contribution des autres secteurs à la production de GES	81
Tableau 3-6	Contribution des émissions fugitives de GES	83
Tableau 3-7	Degré d'incertitude des émissions fugitives de l'industrie de production de pétrole	88
Tableau 3-8	Degré d'incertitude des émissions fugitives de l'industrie de production de gaz naturel	89
Tableau 3-9	Uncertainty in Oil Refining Fugitive Emissions	89
Tableau 3-10	Émissions de GES attribuables au transport aérien intérieur et international, 1990, 2000, 2005, 2008-2012	91
Tableau 3-11	Émissions de GES attribuables au transport maritime intérieur et international	91
Tableau 3-12	Éthanol utilisé dans les transports au Canada	92
Tableau 3-13	Biodiesel utilisé dans les transports au Canada	92
Tableau 3-14	Total du pétrole brut et du gaz naturel – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années	94
Tableau 3-15	Pétrole brut – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années	94
Tableau 3-16	Gaz naturel – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années	94
Tableau 3-17	Pétrole brut classique – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années	95
Tableau 3-18	Pétrole brut non classique – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années	95
Tableau 4-1	Émissions de GES attribuables au secteur des procédés industriels, certaines années	97
Tableau 4-2	Répartition de la production de chaux dolomitique et de chaux à forte teneur en calcium au Canada (1990-2012)	100
Tableau 4-3	Répartition de la consommation de calcaire à haute teneur en calcium et de dolomite dans le secteur canadien de la sidérurgie	102
Tableau 4-4	Coefficients d'émission typiques de l'industrie de l'acide nitrique	107
Tableau 4-5	Valeur par défaut des paramètres de niveau 2 pour l'estimation des émissions de CO ₂ dues à la consommation d'anodes	123

Tableau 4–6	Valeur par défaut des paramètres de niveau 2 pour l'estimation des émissions de CO ₂ dues à la cuisson d'anodes	124
Tableau 4–7	Coefficients par défaut de pente et de surtension, approche de niveau 2 (IAI, 2006)	125
Tableau 4–8	Coefficients d'émission pour les PFC	125
Tableau 4–9	Pourcentage des pertes d'assemblage de la quantité chargée (k) pour diverses applications	131
Tableau 4–10	Taux annuels de fuite (x) pour diverses applications	132
Tableau 4–11	Taux d'émission des PFC	134
Tableau 4–12	Types de combustibles utilisés à des fins non énergétiques dans l'inventaire canadien des GES	138
Tableau 5–1	Solvent and Other Product Use Sector GHG Emission Summary, Selected Years	139
Tableau 6–1	Évolution à court et à long terme des émissions de GES du secteur de l'agriculture	143
Tableau 6–2	Corrections et améliorations apportées au rapport de 2014 du Canada	144
Tableau 6–3	Degré d'incertitude des estimations des émissions de CH ₄ dues à la fermentation entérique	145
Tableau 6–4	Recalculs des estimations des émissions et leur incidence sur la tendance des émissions et sur les émissions totales des sources agricoles imputables à la fermentation entérique, à la gestion des émissions de CH ₄ des fumiers et à la gestion des émissions de N ₂ O des fumiers	146
Tableau 6–5	Degré d'incertitude des estimations des émissions de CH ₄ dues à la gestion des fumiers	148
Tableau 6–6	Degré d'incertitude des estimations des émissions de N ₂ O attribuables à la gestion des fumiers et aux sols agricoles	150
Tableau 6–7	Recalculs des estimations des émissions de N ₂ O et leur incidence sur la tendance des émissions, et les émissions totales des sources agricoles attribuables à l'application d'engrais, à l'épandage de fumiers et à la décomposition des résidus de récolte	153
Tableau 6–8	Recalculs des estimations des émissions de N ₂ O et leur incidence sur la tendance des émissions, et les émissions totales des sources agricoles attribuables aux pratiques de conservation du sol, de jachère et d'irrigation	156
Tableau 6–9	Recalculs des estimations des émissions de N ₂ O et leur incidence sur la tendance des émissions, et les émissions totales des pâturages, des grands parcours et des enclos; les émissions indirectes, la volatilisation et le dépôt, le lessivage, l'érosion et le ruissellement	159
Tableau 7–1	Estimations des flux nets de GES du secteur ATCATF, certaines années	163
Tableau 7–2	Recommandations de l'équipe d'examen composée d'experts et mesures prises par le Canada	164
Tableau 7–3	Résumé des changements dans le secteur ATCATF	165
Tableau 7–4	Matrice sur l'affectation des terres et les changements d'affectation des terres pour l'année d'inventaire 2012 (superficie en kha) ¹	166
Tableau 7–5	Bilan des GES des forêts aménagées par zone de déclaration, 2012	168
Tableau 7–6	Flux nets de GES dans les terres forestières dont la vocation n'a pas changé mesurés au moyen de deux méthodes d'estimation des produits ligneux récoltés (PLR) (en Mt d'équivalent CO ₂) ¹	170
Tableau 7–7	Estimations des flux nets annuels de CO ₂ des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990–2012, délimitées par les 2,5 ^e et 97,5 ^e percentiles	171
Tableau 7–8	Estimations des émissions annuelles de CH ₄ des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990–2012, délimitées par les 2,5 ^e et 97,5 ^e percentiles	172
Tableau 7–9	Estimations des émissions annuelles de N ₂ O des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990–2012, délimitées par les 2,5 ^e et 97,5 ^e percentiles	172
Tableau 7–10	Émissions et absorptions, pour l'année de référence et des années récentes, associées à divers changements dans l'aménagement des terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	176
Tableau 7–11	Degré d'incertitude relatif aux composantes des flux totaux de CO ₂ provenant des terres forestières converties en terres cultivées pour l'année de déclaration 2012	182
Tableau 7–12	Degré d'incertitude relatif aux émissions de gaz autre que le CO ₂ provenant des terres forestières converties en terres cultivées pour l'année de déclaration 2012	182
Tableau 8–1	Sommaire des émissions de GES du secteur des déchets, certaines années	193
Tableau 8–2	Estimations des valeurs de k des décharges de DSM pour chaque province et territoire	196
Tableau 8–3	Potentiel de production de CH ₄ (L ₀) de 1941 à aujourd'hui	197
Tableau 8–4	Coefficients d'émission de N ₂ O	200
Tableau 9–1	Sommaire des recalculs dus à des modifications ou à des ajustements de méthode	206
Tableau 9–2	Sommaire des recalculs	208
Tableau 9–3	Améliorations fondées sur les récentes recommandations de l'EEE	209
Tableau 9–4	Principales améliorations prévues	211

Liste des figures

Figure S-1	Ventilation des émissions du Canada, par secteur du GIEC (2012)	18
Figure S-3	Tendances des émissions canadiennes de GES (1990-2012) et objectif de Copenhague	18
Figure S-2	Ventilation des émissions totales du Canada, par gaz à effet de serre (2012)	18
Figure S-4	Tendance indexée des émissions de GES et intensité des émissions de GES (1990-2012)	19
Figure S-5	Émissions canadiennes de gaz à effet de serre par habitant (1990-2012)	20
Figure S-6	Tendances des émissions canadiennes de GES, par secteur du GIEC (1990-2012)	20
Figure S-7	Tendances des émissions à court terme, par secteur du GIEC (2005-2012)	22
Figure S-8	Ventilation des émissions du Canada par secteur économique (2012)	25
Figure S-9	Émissions par province en 1990, en 2005 et en 2012	26
Figure 1-1	Variations des températures annuelles du Canada et tendance à long terme, 1948-2012, en °C	27
Figure 1-2	GES au Canada par personne (1990-2012)	31
Figure 1-3	Variation en pourcentage des émissions agrégées de GES pour les pays développés, sans le secteur ATCATF (1990-2011)	31
Figure 1-4	Partenaires du système national	33
Figure 1-5	Processus de préparation de l'inventaire	34
Figure 1-6	Contribution du secteur industriel aux émissions de GES déclarées pour 2012 (257 Mt d'éq CO ₂)	38
Figure 2-1	Contribution relative des GES aux émissions totales du Canada, 1990 et 2012 (à l'exclusion du secteur ATCATF)	42
Figure 2-2	Électricité produite dans le secteur public par source et émissions de GES, 1990-2012	44
Figure 2-3	Influence des facteurs contributifs sur les émissions dues à la production d'électricité, 1990-2012 (Mt éq. CO ₂)	45
Figure 2-4	Influence des facteurs contributifs sur les émissions dues à la production d'électricité, 2005-2012 (Mt éq. CO ₂)	45
Figure 2-5	Production canadienne des combustibles fossiles, 1990-2012	48
Figure 2-6	Intensité des émissions selon le type de source, pour l'industrie pétrolière et gazière (1990, 2002 et 2012)	48
Figure 2-7	Émissions de GES et degrés jours de chauffage (DJCh) des secteurs résidentiel et commercial, de 1990 à 2012	51
Figure 2-8	Principaux facteurs déterminant le changement dans les émissions de GES de sources fixes du sous secteur résidentiel entre 1990 et 2012	52
Figure 2-9	Relation entre les DJCh et les émissions de GES du secteur résidentiel, 1990-2012	53
Figure 2-10	Émissions de GES des procédés industriels par catégorie, 1990-2012	55
Figure 2-11	Contribution relative de l'élevage de bétail et de la production agricole aux émissions de GES, et total des émissions du secteur de l'agriculture, 1990-2012	59
Figure 2-12	Émissions de GES du secteur ATCATF par rapport aux émissions canadiennes totales, 1990-2012	60
Figure 2-13	Une partie des émissions et des absorptions de GES du secteur ATCATF, 1990-2012	61
Figure 2-14	Tendance dans les superficies de forêts converties annuellement en raison de l'expansion agricole, de l'extraction pétrolière et gazière et de l'aménagement hydroélectrique	62
Figure 2-15	Émissions de GES du secteur des déchets, 1990-2012	63
Figure 2-16	Nombre de sites actifs de collecte des gaz d'enfouissement au Canada	64
Figure 2-17	Proportion des gaz d'enfouissement utilisé par rapport à la quantité de gaz brûlé par torçage	64
Figure 2-18	Tendance des émissions par personne pour les déchets, 1990-2012	65
Figure 3-1	Émissions de GES attribuables à la combustion de combustibles, 1990-2012	71
Figure 7-1	Zones de déclarations aux fins des estimations du secteur ATCATF	167
Figure 7-2	Large Annual Carbon Fluxes to and from the Atmosphere in Managed Forests, 1990-2012: Net Carbon Uptake (or Net Primary Production) and Release Due to Decay (from Heterotrophic Respiration)	169
Figure 7-3	Répercussions des changements graduels sur les estimations relatives aux TFTF	173
Figure 7-4	Superficies et émissions de CO ₂ des tourbières aménagées, 1990-2012 (TTH = terres converties en terres humides; THTH = terres humides restant terres humides)	185

Sommaire

S.1 Introduction

La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) est un traité international qui a été établi en 1992 pour collaborer sur les questions relatives aux changements climatiques. L'objectif final de la CCNUCC est de stabiliser les concentrations atmosphériques de GES à un niveau qui empêcherait des perturbations dangereuses du système climatique. En décembre 1992, le Canada a ratifié la Convention, qui est ensuite entrée en vigueur en mars 1994. Lors de la 15^e Conférence des Parties (CDP15) de la CCNUCC en 2009, le Canada a signé l'Accord de Copenhague, en vertu duquel il s'est engagé à réduire d'ici 2020 ses émissions de gaz à effet de serre (GES) de 17 % par rapport aux niveaux de 2005¹.

Dans son plan pour atteindre son objectif et mettre en œuvre ses dispositions, la CCNUCC énonce un certain nombre de principes directeurs et d'engagements. Les articles 4 et 12 obligent notamment les Parties à établir, mettre à jour régulièrement, publier et mettre à la disposition de la Conférence des inventaires nationaux des émissions anthropiques par les sources et des absorptions par les puits de tous les GES qui ne sont pas visés par le Protocole de Montréal².

L'inventaire national du Canada est préparé et communiqué chaque année à la CCNUCC le 15 avril au plus tard, conformément aux *Directives pour l'établissement des communications nationales des Parties visées à l'annexe 1 de la Convention, première partie : Directives pour la notification des inventaires annuels* établies en décembre 2005. Le rapport annuel d'inventaire se compose du Rapport d'inventaire national (RIN) et des tableaux du Cadre uniformisé de présentation de rapports (CUPR).

Les estimations de l'inventaire portent sur le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), l'hexafluorure de soufre (SF₆), les perfluorurocarbones (PFC) et les hydrurofluorocarbones (HFC) dans les six secteurs suivants du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) : énergie; procédés industriels; utilisation des solvants et d'autres produits; agriculture; déchets; affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (ATCATF). Les estimations des

émissions et des absorptions de GES contenues dans l'inventaire des GES du Canada sont réalisées à l'aide de méthodes conformes aux lignes directrices prescrites par le GIEC. Étant donné que les données et les méthodes servant à estimer les émissions sont révisées au fil du temps, les niveaux annuels d'émissions sont appelés à subir des changements à mesure que ces données et méthodes s'améliorent.

La section S.2 résume les toutes dernières données sur les tendances des émissions anthropiques nettes de GES au Canada durant la période allant de 1990 à 2012. Elle établit aussi des liens entre ces données et les indicateurs pertinents de l'économie canadienne. La section S.3 décrit les principales tendances des émissions dans chacun des secteurs du GIEC.

Il existe plusieurs méthodes de classification des sources d'émissions de GES. Pour faciliter l'analyse des tendances et des politiques, il est utile de répartir les émissions en fonction du secteur économique d'où elles proviennent. Ainsi, dans le présent document, les émissions sont classées selon les secteurs économiques suivants : pétrole et gaz; électricité; transports; industries dépendantes du commerce produisant beaucoup d'émissions; bâtiments; agriculture; et déchets et autres. Cette approche est celle adoptée pour rendre compte des progrès réalisés à l'égard de l'objectif de Copenhague pour le Canada³ dans le rapport annuel *Tendances en matière d'émissions au Canada* (Environnement Canada, 2013) ainsi que dans la sixième communication nationale et le premier rapport biennal du Canada (Environnement Canada, 2014). Dans le présent document, le terme « secteur » renvoie généralement aux secteurs d'activité définis par le GIEC pour les besoins des inventaires nationaux de GES; il peut y avoir des exceptions où une expression comme « secteur économique » est employée pour désigner la situation canadienne. La section S.4 contient un sommaire des émissions de GES par secteur économique correspondant à l'information soumise à la CCNUCC.

Le Canada est une fédération au vaste territoire qui se compose d'un gouvernement fédéral central, de dix gouvernements provinciaux et de trois gouvernements territoriaux. Les ressources naturelles, y compris l'énergie, relèvent principalement de la compétence provinciale. La section S.5 présente les émissions de GES des 13 administrations infranationales du Canada.

Le rapport annuel d'inventaire du Canada soumis à la CCNUCC est le fruit de plus d'une décennie de leçons et d'améliorations. La section S.6 détaille davantage certains éléments du présent document ainsi que les principaux facteurs de préparation.

1 Veuillez consulter <http://www.climatechange.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=AA3F6868-1>.

2 Le Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, qui s'inscrit dans le cadre du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUÉ), est un accord international visant à réduire la consommation et la production de substances appauvrissant la couche d'ozone.

3 Veuillez consulter <http://www.climatechange.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=AA3F6868-1>.

S.2 Survol des émissions nationales de GES

L'ensemble de données de 2012, le plus récent du présent document, établit à 699 mégatonnes d'équivalent dioxyde de carbone (Mt d'éq. CO₂⁴) les émissions annuelles totales de GES du Canada, qui ne comprennent pas les estimations relatives à l'ATCATF. Le secteur de l'énergie (qui englobe les sources de combustion fixes, les transports et les sources fugitives) a produit la majeure partie des émissions totales de GES du Canada en 2012, avec 566 Mt ou 81 % des émissions totales (Figure S-1). Les 19 % restants proviennent largement de sources du secteur de l'agriculture (8 %) et de celui des procédés industriels (8 %), avec des contributions mineures du secteur des déchets (3 %). Le secteur de l'affectation des terres, des changements d'affectation des terres et de la foresterie (ATCATF) a été une source nette de 41 Mt en 2012;

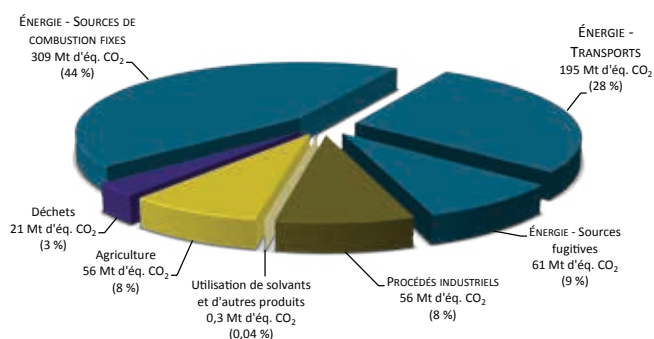
4 À moins d'avis contraire, toutes les estimations d'émissions exprimées en Mt représentent des émissions de GES en Mt d'éq. CO₂.

conformément aux lignes directrices de la CCNUCC en matière de déclaration, ces émissions sont exclues des totaux de l'inventaire national.

En 2012, le CO₂ représentait 79 % des émissions totales du Canada (Figure S-2). La majeure partie de ces émissions provenait de la combustion de combustibles fossiles. Le CH₄ représentait quant à lui 13 % des émissions totales du Canada et provenait principalement des émissions fugitives des systèmes de traitement du pétrole et du gaz naturel, ainsi que de l'élevage du bétail et des sites d'enfouissement. Les émissions d'oxyde d'azote (N₂O) provenant d'activités telles que l'aménagement des terres cultivées et le transport comptaient pour 7 % des émissions. Les émissions de gaz synthétiques (PFC, SF₆, HFC) constituaient le reste des émissions (un peu plus de 1 %).

Les émissions canadiennes de 2012 étaient supérieures de 108 Mt (18 %) à celles de 1990, qui étaient de 591 Mt (Figure S-3). Des hausses constantes des émissions annuelles ont caractérisé les 15 premières années de cette période, avant la fluctuation des

Figure S-1 Ventilation des émissions du Canada, par secteur du GIEC (2012)



Total : 699 Mt d'éq. CO₂

Figure S-2 Ventilation des émissions totales du Canada, par gaz à effet de serre (2012)

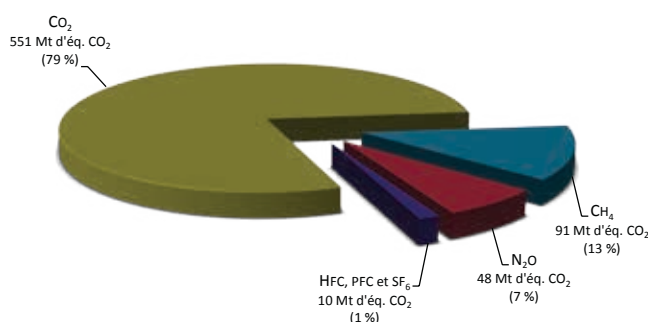


Figure S-3 Tendances des émissions canadiennes de GES (1990-2012) et objectif de Copenhague

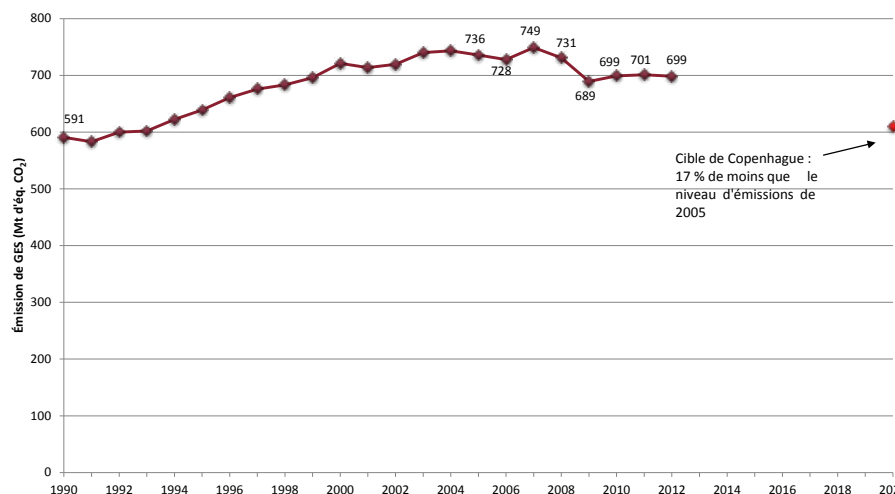


Figure S-4 Tendence indexée des émissions de GES et intensité des émissions de GES (1990-2012)

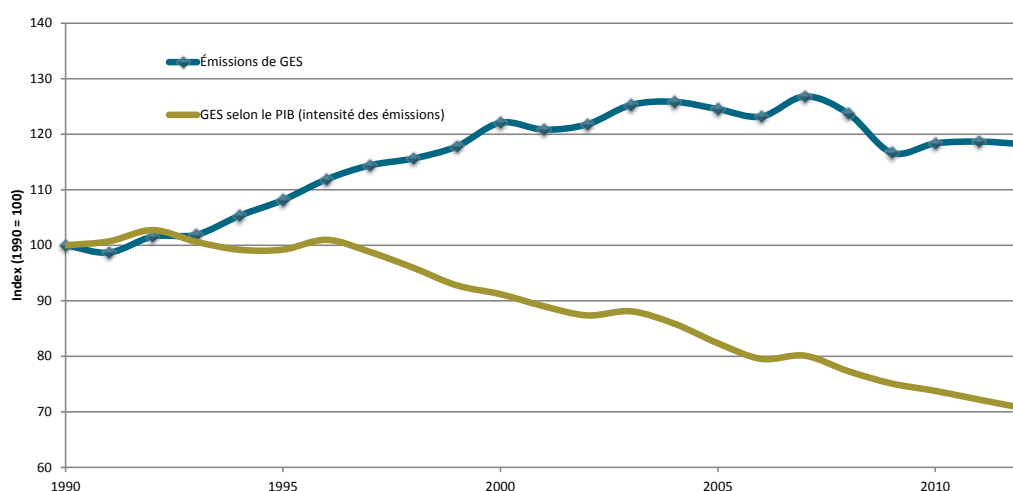


Tableau S-1 Tendances des émissions et indicateurs économiques, pour certaines années

Année	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Total des GES (Mt)	591	721	736	731	689	699	701	699
Variation depuis 2005 (%)	SO	SO	SO	-0,6%	-6,3%	-5,0%	-4,7%	-5,1%
Variation depuis 1990 (%)	SO	22,1%	24,5%	23,7%	16,7%	18,3%	18,7%	18,2%
PIB (milliards de \$ de 2007)	989	1 324	1 496	1 583	1 537	1 587	1 626	1 654
Variation depuis 2005 (%)	SO	SO	SO	5,8%	2,7%	6,1%	8,7%	10,6%
Variation depuis 1990 (%)	SO	33,8%	51,2%	60,0%	55,3%	60,4%	64,3%	67,2%
Intensité des GES (Mt/milliard de \$ de PIB)	0,60	0,54	0,49	0,46	0,45	0,44	0,43	0,42
Variation depuis 2005 (%)	SO	SO	SO	-6,1%	-8,8%	-10,4%	-12,3%	-14,1%
Variation depuis 1990 (%)	SO	-8,8%	-17,6%	-22,7%	-24,9%	-26,2%	-27,8%	-29,3%

PIB : Statistique Canada - Tableau 380-0106 - Produit intérieur brut aux prix constants de 2007, en termes de dépenses annuelles (dollars x 1 000 000), base de données CANSIM.

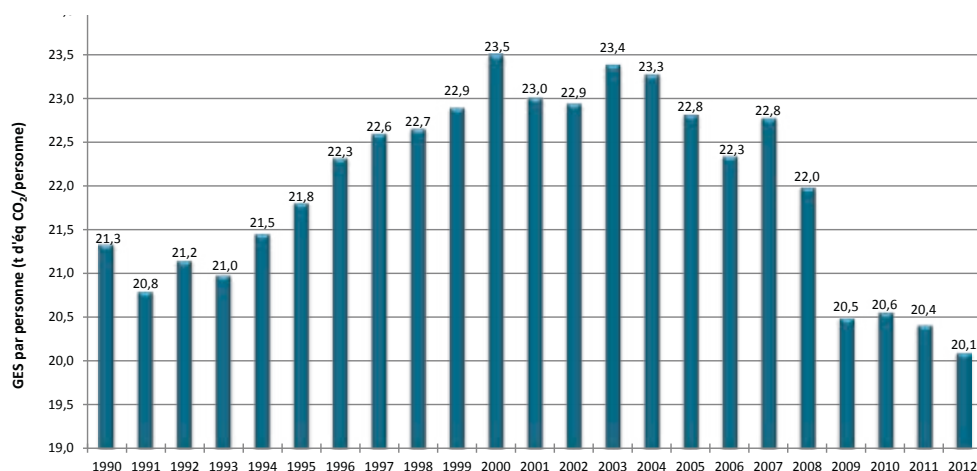
niveaux d'émission de 2005 à 2008, une chute brutale en 2009 et des valeurs plus stables par la suite. De 2005 à 2012, les émissions ont diminué de 37 Mt (5 %), principalement en raison des baisses dans deux sous-secteurs : Production d'électricité et de chaleur et Industries manufacturières (Tableau S-2).

Bien que les émissions de GES aient augmenté de 18 % depuis 1990, l'économie canadienne a connu une croissance beaucoup plus rapide durant la même période : son produit intérieur brut (PIB) a progressé de 67 %. Cela veut dire que l'intensité des émissions pour toute l'économie (rapport entre les GES et le PIB) s'est considérablement améliorée, comme en témoigne sa baisse de 29 % (Figure S-4 et Tableau S-1). Au début de la période, les émissions augmentaient presque proportionnellement à la croissance économique, puis les deux tendances ont commencé à diverger (Figure S-4) : en 1995, les émissions de GES ont commencé à se dissocier de la croissance économique, une évolution qui est attribuable aux progrès de l'efficacité énergétique, à la modernisation des procédés industriels et aux changements

structurels de l'économie. Ces tendances à long terme ont mené à l'amélioration continue de l'intensité des émissions depuis la fin des années 1990. Le chapitre 2 fournit de plus amples renseignements sur les tendances des émissions de GES.

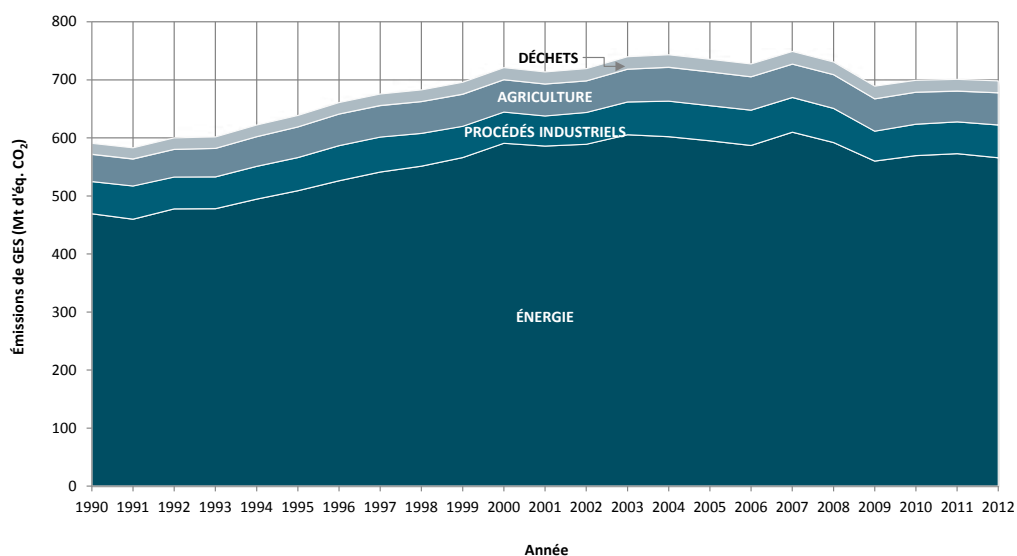
Le Canada n'a contribué qu'à environ 2 % des émissions mondiales de GES en 2010 (CAIT, 2013), même s'il est un des plus grands émetteurs par habitant, en grande partie à cause de sa taille, de son climat (autrement dit, de la demande en énergie attribuable au climat) et de son économie axée sur les ressources. En 1990, les Canadiens ont rejeté 21,3 tonnes (t) de GES par habitant. En 2005, ce chiffre avait augmenté à 22,8 t; cependant, en 2012, il était descendu à un creux historique de 20,1 t de GES par habitant (Figure S-5).

Figure S-5 Émissions canadiennes de gaz à effet de serre par habitant (1990–2012)



Source de données sur la population : Statistique Canada (2013a)

Figure S-6 Tendances des émissions canadiennes de GES, par secteur du GIEC (1990–2012)



S.3 Émissions et tendances par secteur du GIEC

Tendances globales des émissions

Entre 1990 et 2012, les émissions totales ont crû de 108 Mt (18 %), principalement en raison de l'augmentation de 97 Mt d'éq. CO₂ (21 %) due au secteur de l'énergie. Tous les autres secteurs ont aussi produit davantage d'émissions : on constate des hausses de 9 Mt d'éq. CO₂ (19 %) dans le secteur de l'agriculture, de 2 Mt (8 %) dans le secteur des déchets, de 1 Mt (1 %) dans le secteur des procédés industriels et de 0,1 Mt (74 %) dans le secteur de l'utilisation de solvants et d'autres produits (Figure S-6).

Le Tableau S-2 donne d'autres détails sur les émissions et absorptions du Canada par secteur du GIEC pour les années 1990,

2000, 2005 et 2008-2012. Des ventilations supplémentaires par catégorie et par gaz, ainsi qu'une série chronologique complète, figurent à l'annexe 12.

En dépit de la hausse des émissions sur le long terme (entre 1990 et 2012), les émissions canadiennes totales de GES ont diminué de 37 Mt (5 %) depuis 2005. Le sous-secteur Sources de combustion fixes du secteur de l'énergie est le principal facteur à l'origine de cette tendance générale à la baisse : ses émissions ont diminué de 29 Mt depuis 2005 (Figure S-7). La catégorie Production d'électricité et de chaleur a présenté la baisse la plus marquée de ce sous-secteur, soit 35 Mt (28 %). Les émissions du secteur des procédés industriels, du secteur de l'agriculture, du sous-secteur Sources fugitives du secteur de l'énergie et du secteur des déchets ont aussi diminué (de 4, 3, 2 et 1 Mt,

Tableau S-2 Émissions canadiennes de GES par secteur du GIEC (1990-2012)

Catégories de gaz à effet de serre		1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
		Mt d'éq. CO ₂							
TOTAL ^{1,2}		591	721	736	731	689	699	701	699
ÉNERGIE		469	591	595	592	560	570	573	566
a.	Sources de combustion fixes	280	347	338	334	313	313	316	309
	Production d'électricité et de chaleur	94	130	123	115	99	101	94	88
	Production de combustibles fossiles et raffinage du pétrole	51	68	68	65	65	63	62	63
	Exploitation minière et extraction de gaz et du pétrole	7	12	19	30	32	35	36	41
	Industries manufacturières	56	56	48	45	40	41	45	43
	Construction	2	1	1	1	1	1	1	1
	Commercial et institutionnel	26	33	32	30	29	28	30	28
	Résidentiel	43	45	44	46	44	41	44	41
	Agriculture et foresterie	2	3	2	3	3	3	3	4
b.	Transport	147	180	194	196	188	198	198	195
	Aviation civile (intérieure)	7	8	8	7	6	6	6	6
	Transport routier	97	118	130	132	132	134	132	132
	Transport ferroviaire	7	7	7	8	5	7	8	8
	Transport maritime (intérieur)	5	5	7	7	7	7	6	6
	Autres	31	43	42	42	38	44	46	43
c.	Sources fugitives	42	63	63	62	59	58	60	61
	Exploitation de la houille	2	1	1	1	1	1	1	1
	Pétrole et gaz naturel	40	62	62	61	58	57	59	60
PROCÉDÉS INDUSTRIELS		56	54	60	59	52	54	55	56
a.	Produits minéraux	8	10	10	9	7	8	8	8
b.	Industries chimiques	16	8	9	9	7	6	7	7
c.	Production de métaux	23	23	20	19	15	16	17	16
d.	Production et consommation d'halocarbures et de SF ₆	1	3	5	6	7	7	8	8
e.	Autres procédés industriels et procédés indifférenciés	7	10	16	16	16	17	15	17
UTILISATION DE SOLVANTS ET D'AUTRES PRODUITS		0,2	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3
AGRICULTURE		47	56	58	58	56	55	53	56
a.	Fermentation entérique	16	20	22	20	19	18	17	18
b.	Gestion des fumiers	6	7	8	7	7	7	6	6
c.	Sols agricoles ³	25	29	29	31	30	30	29	32
DÉCHETS		19	21	22	22	22	20	20	21
a.	Enfouissement des déchets	17	19	20	20	20	19	19	19
b.	Traitement des eaux usées	1	1	1	1	1	1	1	1
c.	Incinération des déchets	1	1	1	1	1	1	1	1
AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENTS D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE		-71	-52	53	-17	-27	76	77	41
a.	Terres forestières	-98	-65	44	-26	-35	68	69	32
b.	Terres cultivées	12	0	-4	-5	-5	-5	-5	-5
c.	Prairies	1	1	1	0	0	0	1	1
d.	Terres humides	5	3	3	3	3	3	3	3
e.	Zones de peuplement	9	9	10	10	9	10	10	10

Notes:

1. Les totaux nationaux excluent tous les GES du secteur de l'affectation des terres, des changements d'affectation des terres et de la foresterie
 2. Ces données sommaires sont présentées plus en détail à l'annexe 12.
 3. Cette catégorie inclut les émissions provenant du brûlage des résidus agricoles dans les champs
- Les secteurs en gris sont ceux qui ont beaucoup contribué aux tendances, comme l'explique la section S.3

respectivement), tandis que les émissions de la catégorie Transports (qui fait aussi partie du secteur de l'énergie) ont augmenté de 2 Mt.

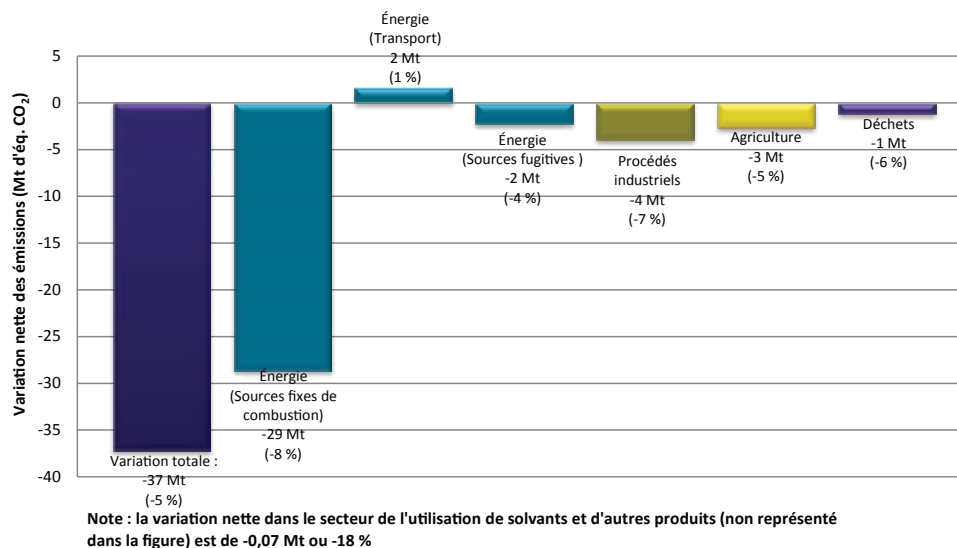
La section ci-dessous expose en détail les émissions et les tendances dans chaque secteur du GIEC.

Énergie – Émissions de GES en 2012 (566 Mt)

Tendances à court terme

En 2012, les émissions de GES produites par le secteur de l'énergie du GIEC avaient baissé de 29 Mt (environ 5 %) comparativement à celles de 2005. Comme dans le cas de la tendance nationale, cette baisse était surtout due à la réduction de la

Figure S-7 Tendances des émissions à court terme, par secteur du GIEC (2005-2012)



consommation des combustibles fossiles, en l'occurrence dans les catégories Production d'électricité et de chaleur et Industries manufacturières du secteur.

La diminution de la production à partir de charbon et de pétrole, jumelée à l'augmentation de la production hydroélectrique, nucléaire et éolienne, a été le principal facteur à l'origine de la diminution de 35 Mt (environ 28 %) des émissions dues à la production d'électricité et de chaleur entre 2005 et 2012. Cependant, on a observé des variations des émissions durant cette période, en grande partie en raison des changements dans la composition des sources de production d'électricité⁵. Le chapitre 2 fournit de plus amples renseignements sur les tendances des émissions de GES.

Les émissions de GES associées à la catégorie Industries manufacturières ont décliné de 5,4 Mt (11 %) entre 2005 et 2012, alors que les industries continuent de se remettre d'une baisse de production en 2009.

Tendances à long terme

Le secteur de l'énergie est celui qui contribue le plus à la croissance des émissions totales du Canada. Les tendances à long terme des émissions dues au à ce (1990-2012) montrent une augmentation nette de 97 Mt (21 %). Tel que mentionné à la section S.2, la majeure partie de l'augmentation des émissions nationales est due aux catégories Exploitation minière et extraction de gaz et de pétrole et Transport routier, qui font partie du secteur de l'énergie. Les diminutions d'émissions les plus importantes du

secteur de l'énergie ont été observées dans la catégorie Production d'électricité et de chaleur.

En 2012, les émissions associées à la catégorie Exploitation minière et extraction de gaz et de pétrole étaient environ cinq fois plus élevées qu'en 1990. Parallèlement, la production totale de pétrole brut et de gaz naturel avait augmenté de 72 %. Les émissions de GES par baril dues à la production de pétrole et de gaz sont à la hausse en raison de la complexité de plus en plus grande des méthodes servant à la production de pétrole classique ainsi que de la production croissante de pétrole provenant des sables bitumineux. Cependant, l'intensité des émissions dues à l'exploitation des sables bitumineux a progressivement diminué jusqu'en 2004 grâce à des innovations technologiques et au renouvellement de l'équipement, à la fiabilité accrue de l'ensemble des activités d'exploitation et à l'évitement d'émissions dues à la valorisation en exportant plus de bitume brut. Cette tendance générale s'explique avant tout par les taux à la baisse des émissions associées à la combustion de combustibles. Depuis 2004, l'intensité des émissions attribuables à l'exploitation des sables bitumineux est demeurée relativement fixe.

La majorité des émissions découlant du transport au Canada proviennent de la catégorie Transport routier, qui a dominé la tendance à la hausse des GES dans ce secteur. Les émissions du transport routier se sont accrues de 35,8 Mt (37 %) entre 1990 et 2012. Cependant, à mesure que les voitures sont devenues plus efficaces, le taux de croissance des émissions attribuables au transport routier a ralenti, si bien que les émissions associées à cette catégorie sont demeurées stables depuis 2008.

La cause principale de la tendance nette à la hausse des émissions est l'augmentation du nombre de passagers-kilomètres

5 La composition des sources de production d'électricité dépend de l'accès à des combustibles fossiles et à l'hydroélectricité, ainsi qu'à d'autres sources renouvelables et à des sources nucléaires. Normalement, seules les sources de combustibles fossiles produisent des émissions nettes de GES.

parcourus (un plus grand nombre de personnes ont effectué de plus longs trajets) (RNCAN, 2013). De plus, l'utilisation de camions légers, une classe de véhicules qui englobe les véhicules utilitaires sport et les minifourgonnettes, augmente beaucoup plus rapidement que l'utilisation de voitures. Étant donné que les camions légers consomment davantage de carburant que les voitures, ce changement a entraîné une augmentation des émissions (RNCAN, 2013).

Les émissions des véhicules lourds à moteur diesel (gros camions de transport de marchandises) ont augmenté de 21,7 Mt (109 %) entre 1990 et 2012. La croissance des émissions correspond à une augmentation de 137 % en tonneskilomètres du transport pour compte d'autrui entre 1990 et 2003 (Statistique Canada, 2013b). Entre 2004 et 2011, le nombre de tonneskilomètres a oscillé entre +4 % (2004-2005) et -7 % (2008-2009) ce qui, au bout du compte, se traduit par une croissance nulle pour cette période de sept ans (Statistique Canada, 2013c).

Procédés industriels – Émissions de GES de 2012 (56,5 Mt)

Le secteur des procédés industriels englobe les émissions de GES issues de sources non énergétiques comme la calcination du calcaire (CO₂) dans la production de ciment et l'utilisation d'hydrurefluorocarbones (HFC) et de perfluorocarbones (PFC) comme réfrigérants pour remplacer des substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO). Depuis 1990, les émissions de ce secteur ont fluctué, atteignant des sommets en 1996 et en 2004; en 2012, les émissions étaient plus élevées de 1,3 % (0,75 Mt) comparativement à celles de 1990 et plus élevées de 3,3 % (1,8 Mt) comparativement à celles de 2011. Un élément à noter dans ce secteur est la rapide augmentation des émissions dues à l'utilisation de HFC comme réfrigérants en remplacement des SACO, qui est de 2,5 Mt (47 %) depuis 2005.

Dans la catégorie Production de métaux, les émissions de CO₂ dues à la production de fer et d'acier sont relativement stables depuis le début des années 1990, en dépit des augmentations modérées de la production d'acier. Cette situation s'explique par l'utilisation accrue d'acier recyclé dans les entreprises sidérurgiques du Canada. La chute marquée de la production survenue en 2009 a été suivie d'une reprise graduelle de 2010 à 2012. L'industrie de l'aluminium a enregistré une réduction de 33 % (3,1 Mt) de ses émissions dues aux procédés, malgré une augmentation de sa production de près de 100 % depuis 1990, en grande partie grâce aux technologies anti-émissions mises en œuvre par le secteur pour réduire les émissions de PFC. La baisse globale de 57 %, entre 1990 et 2012, des émissions de GES provenant des procédés chimiques industriels découle principalement de la fermeture d'une usine d'acide adipique en Ontario. Les diminutions ont cependant été partiellement annulées par l'augmentation des émissions des catégories Production d'ammoniac et Production d'acide nitrique.

Agriculture – Émissions de GES 2012 (56 Mt)

L'agriculture canadienne peut être séparée en deux volets : l'élevage du bétail et la production agricole. L'industrie du bétail est dominée par les bovins de boucherie, mais présente aussi d'importants cheptels de porcs, de bovins laitiers et de volailles. La production agricole concerne surtout la culture de céréales et d'oléagineux. Une grande variété de cultures et d'animaux spécialisés sont également produits, mais ils ne représentent qu'une très faible proportion de l'économie agricole.

Les émissions directement attribuables à l'élevage du bétail et aux cultures agricoles ont représenté 56 ou 8,0 % des émissions totales du Canada en 2012, ce qui correspond à une hausse de 9 Mt d'éq. CO₂ ou de 19 % depuis 1990. L'agriculture est responsable de 22 % et 74 % des émissions nationales de CH₄ et de N₂O, respectivement.

Les principaux facteurs à l'origine de la hausse des émissions du secteur de l'agriculture depuis 1990 sont l'augmentation et l'intensification de la production dans les élevages de bovins et de porcs, ainsi que l'utilisation de plus en plus répandue d'engrais azotés synthétiques dans les Prairies.

De 2005 à 2008, les populations d'animaux d'élevage ont diminué, tandis que l'utilisation d'engrais synthétiques a continué d'augmenter et le rendement agricole était élevé; la baisse des émissions dues à l'élevage du bétail a été annulée par l'augmentation des émissions dues à la production agricole. Ces tendances se sont maintenues au cours des dernières années : entre 2005 et 2012, la proportion relative d'émissions associées au bétail dans l'ensemble des émissions du secteur de l'agriculture a progressivement diminué de 67 % à 57 %.

Déchets – Émissions de GES 2012 (21 Mt)

Dans le secteur des déchets, la catégorie de sources la plus importante est celle des émissions de CH₄ attribuables à l'enfouissement des déchets solides dans le sol (sites d'enfouissement); elles constituent environ 92 % des émissions de ce secteur. La majeure partie (environ 87 %) des émissions de la catégorie Enfouissement des déchets solides dans le sol sont du CH₄ provenant des sites d'enfouissement municipaux publics et privés de déchets solides. Le reste (environ 13 %) provient des usines de pâtes et papiers qui enfouissent sur place leurs résidus de bois. Cette dernière pratique perd cependant du terrain à mesure que le marché des résidus gagne en importance.

Depuis 1990, les émissions globales du secteur ont augmenté de 8 %, surtout en raison des hausses d'émissions des activités d'enfouissement. Les émissions de ce secteur ont été considérablement réduites par la collecte et la combustion des gaz d'enfouissement dans les décharges. Bien que les émissions de CH₄ produites par l'ensemble des sites d'enfouissement aient augmenté de 34 %, atteignant ainsi 1 208 kilotonnes (kt), la

quantité de CH₄ collectée a augmenté de 120 %, passant à 425 kt en 2012. On a brûlé 48 % de l'ensemble du CH₄ collecté à des fins de récupération d'énergie; le reste a été éliminé par torchage. Le nombre de sites d'enfouissement pourvus d'un système de collecte des gaz d'enfouissement augmente rapidement; on en dénombrait 81 au Canada en 2012.

Les installations canadiennes de traitement des eaux usées et d'incinération des déchets ne constituent pas une source importante d'émissions de CH₄ et de N₂O, et leurs émissions sont généralement stables.

Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie – 2012 (source nette de 41 Mt)

Le secteur ATCATF (affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie) renvoie aux flux de GES entre l'atmosphère et les terres aménagées au Canada ainsi que ceux associés au changement d'affectation des terres. Contrairement aux autres estimations de l'inventaire, les émissions et absorptions de GES des terres aménagées au Canada peuvent comprendre de très importants échanges dus à des phénomènes non anthropiques comme les feux de forêt et les infestations d'insectes. Toutes les émissions et absorptions du secteur ATCATF sont exclues des totaux nationaux.

Dans ce secteur, le flux net de GES est calculé comme la somme des quantités de CO₂ émises dans l'atmosphère et retirées de l'atmosphère et des émissions autres que le CO₂. En 2012, ce flux net correspondait à des émissions de 41 Mt d'éq. CO₂, ce qui correspondrait à une hausse d'environ 6 % des émissions canadiennes totales de GES, mais en tenant compte des sources non anthropiques. Les tendances du secteur ATCATF sont principalement tributaires des catégories Terres forestières et Terres cultivées ainsi que des activités de conversion des forêts.

Dans les terres forestières, le flux net montre une importante variabilité annuelle due à la nature imprévisible des feux de forêt, qui masque les tendances sous-jacentes présentant un intérêt dans ce secteur. Parmi les principales tendances d'origine anthropique dans les forêts aménagées, on compte une hausse de 28 % de la quantité de carbone extraite dans le bois récolté entre 1990 et l'année où les récoltes ont atteint un sommet, c'est-à-dire 2004. Depuis, les activités d'aménagement forestier ont connu des baisses significatives, les taux de récolte ayant diminué de 35 % et atteint en 2009 leur plus faible valeur pour la période de 23 ans couverte par le présent document (30 Mt de carbone). La tendance apparente continuera néanmoins d'être dominée par les répercussions immédiates et à long terme d'importantes perturbations naturelles touchant les forêts aménagées, notamment l'infestation par le dendroctone du pin ponderosa dans l'Ouest du Canada.

La catégorie Terres cultivées présente une baisse soutenue des émissions pour la période de 1990 à 2006, avec des émissions de 12 Mt d'éq. CO₂ en 1990 et des absorptions nettes de 5 Mt d'éq. CO₂ en 2006. Cette tendance découle des changements apportés aux pratiques de gestion agricole dans l'Ouest canadien, tels que l'adoption généralisée de pratiques culturales de conservation du sol (plus de 13 millions d'hectares de terres cultivées depuis 1990) et de la réduction des jachères de (76 % en 2012). Les absorptions nettes de CO₂ associées à l'aménagement des sols minéraux ont augmenté, passant de 2 Mt en 1990 à 11 Mt en 2012. La réduction de la conversion des terres forestières en terres cultivées a aussi contribué à cette tendance. Depuis 2006, les absorptions nettes demeurent généralement constantes, à environ 5 Mt d'éq. CO₂, en raison de l'approche de l'équilibre par le sol en tant que puits de carbone.

S.4 Secteurs économiques

Tel qu'indiqué précédemment, il existe plusieurs méthodes de classification des sources d'émissions de GES. Pour faciliter l'analyse des tendances et des politiques, il est utile de répartir les émissions en fonction du secteur économique d'où elles proviennent. La Figure S-8 et le Tableau S-3 présentent la ventilation des émissions par secteur économique. En général, on établit le profil complet des émissions d'un secteur économique donné en redistribuant la proportion relative des émissions associées aux différences sous-catégories du GIEC. Cette redistribution permet simplement de reclasser les émissions dans différentes catégories; elle ne change en rien l'ampleur globale des estimations des émissions canadiennes.

Comme l'indiquent les tendances dans les différents secteurs du GIEC, l'augmentation des émissions de GES entre 1990 et 2012 est attribuable à la croissance des secteurs du pétrole et du gaz et des transports. La production accrue de pétrole brut et le développement de l'industrie des sables bitumineux ont fait augmenter de 72 Mt les émissions du secteur du pétrole et du gaz. Dans le secteur des transports, les changements survenus dans certains sous-secteurs, comme ceux des véhicules lourds et des véhicules légers, ont quant à eux fait monter de 37 Mt les émissions comparativement à 1990. Ces hausses ont été contrebalancées par les diminutions de 6 Mt et de 17 Mt des émissions dans les secteurs de l'électricité et des industries dépendantes du commerce produisant des émissions élevées, respectivement.

Le Tableau 2-14 du chapitre 2 fournit de plus amples renseignements sur les secteurs du GIEC et leurs tendances, ainsi qu'une corrélation détaillée entre les secteurs du GIEC et les secteurs économiques.

Figure S-8 Ventilation des émissions du Canada par secteur économique (2012)

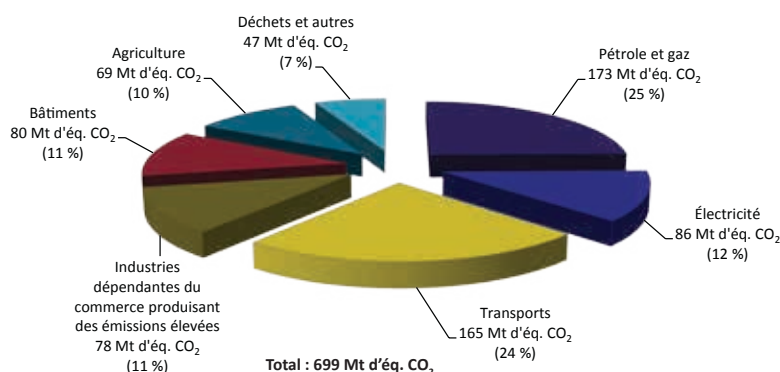


Tableau S-3 Émissions de GES au Canada par secteur économique (1990-2012)

Émissions de GES	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Mt d'équivalent CO ₂								
TOTAL DES ÉMISSIONS NATIONALES DE GES	591	721	736	731	689	699	701	699
Pétrole et gaz	101	151	159	162	161	163	164	173
Électricité	94	129	121	113	97	99	92	86
Transports	128	155	168	166	163	167	166	165
Industries dépendantes du commerce produisant des émissions élevées ¹	95	92	89	88	75	76	80	78
Bâtiments	70	82	84	84	82	79	85	80
Agriculture	54	66	68	71	66	68	67	69
Déchets et autres ²	48	46	47	48	45	46	47	47

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

Les estimations présentées ici sont constamment améliorées. La valeur des émissions passées peut être modifiée dans les futurs rapports à la lumière de nouvelles données et en raison du perfectionnement des méthodes et des modèles utilisés. Les nouveaux calculs découlant d'améliorations d'ordre méthodologique sont présentés au chapitre 9; les nouveaux calculs qui résultent de changements aux données sous-jacentes sur les activités sont présentés dans les chapitres pertinents au secteur où les changements se sont produits (chapitres 3-8).

1. Le secteur industriel tributaire du commerce à forte consommation d'énergie représente les émissions des activités minières autres que les activités gazières et pétrolières, de la fonte et du raffinage, de la production et de la transformation de biens industriels, tels que le papier et le ciment.
2. Catégorie Autres : Production de charbon, Industrie légère, Construction et Ressources forestières.

S.5 Émissions de GES des provinces et des territoires

Les émissions varient grandement d'une province à l'autre en raison de facteurs démographiques et socio-économiques, économiques et climatiques. Par exemple, dans les provinces où l'économie est plus axée sur l'extraction des ressources, les émissions ont tendance à être plus élevées, tandis que les provinces dont l'économie est fondée sur les services produisent généralement moins d'émissions. Les sources de production d'électricité varient également entre les provinces, celles dépendant des combustibles fossiles pour leur électricité ayant des émissions supérieures aux provinces dépendant davantage de l'hydroélectricité.

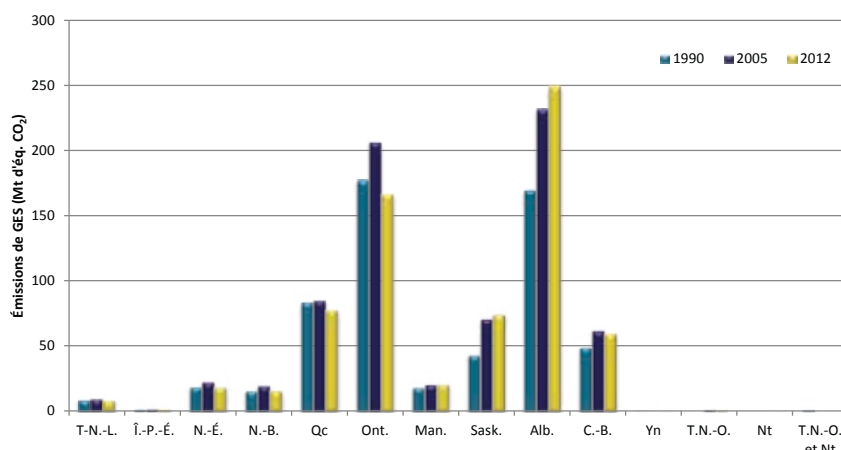
La province de l'Ontario, avec sa vaste base manufacturière, était la plus grande émettrice en 1990, mais en 2005, elle avait été dépassée par l'Alberta (veuillez consulter la Figure S-9), dont les

émissions ont augmenté de 47 % depuis 1990, principalement en raison de sa production pétrolière accrue.

Depuis 2005, le secteur de l'électricité de l'Ontario a diminué ses émissions de 58 % (19,7 Mt) – en grande partie grâce à la fermeture de plusieurs centrales électriques alimentées au charbon.

Le Québec et la Colombie-Britannique, qui sont riches en ressources hydroélectriques, ont des profils d'émissions plus stables au fil du temps. De plus, leurs émissions sont à la baisse depuis 2005 : elles ont diminué de 8,5 % (7,3 Mt) au Québec et de 3,5 % (2,2 Mt) en Colombie-Britannique. Inversement, les émissions de la Saskatchewan ont augmenté de 5,1 % (3,7 Mt) entre 2005 et 2012 en raison des activités de l'industrie pétrolière et gazière ainsi que de l'extraction de potasse et d'uranium.

Figure S-9 Émissions par province en 1990, en 2005 et en 2012



S.6 Système national

Environnement Canada est l'unique entité nationale responsable de la préparation et de la présentation à la CCNUCC du Rapport d'inventaire national ainsi que de l'établissement d'un système d'inventaire national. Le système national employé par le Canada, qui vise à estimer les émissions anthropiques par les sources et les absorptions par les puits de tous les GES qui ne sont pas visés par le Protocole de Montréal, englobe toutes les dispositions institutionnelles, juridiques et procédurales nécessaires pour assurer la conformité du Canada à ses obligations en matière de déclaration.

Le système national repose sur des dispositions institutionnelles relatives à la préparation de l'inventaire, qui comprennent des accords formels facilitant la collecte des données et le calcul des estimations; un plan d'assurance et de contrôle de la qualité; la capacité de définir des catégories clés et de produire une analyse d'incertitude quantitative; un processus de recalcul en vue d'améliorer l'inventaire; des procédures d'approbation officielles; et un système d'archivage permettant de faciliter les examens par des tiers.

La transmission d'information au système national, y compris de renseignements détaillés sur les dispositions institutionnelles prises pour l'établissement des inventaires, est également une exigence annuelle aux termes des lignes directrices de la CCNUCC relatives aux inventaires annuels (veuillez consulter le chapitre 1, section 1.2).

Structure du rapport

Parmi les exigences de la CCNUCC figurent la compilation et la présentation annuelles du Rapport d'inventaire national (RIN) et des tableaux du Cadre uniformisé de présentation de rapports (CUPR). Les tableaux du CUPR, qui consistent en des représentations graphiques normalisées de données essentiellement

quantitatives, sont transmis par voie électronique. Le RIN contient les renseignements à l'appui des tableaux du CUPR, y compris une description exhaustive des méthodes utilisées pour compiler l'inventaire, les sources de données, les structures institutionnelles et les procédures d'assurance et de contrôle de la qualité.

La partie 1 du RIN comprend les chapitres 1 à 9. Le chapitre 1 (Introduction) présente un aperçu des dispositions juridiques, institutionnelles et procédurales mises en œuvre par le Canada pour produire l'inventaire (c.-à-d. le système national d'inventaire) ainsi qu'une description du système canadien de déclaration des émissions par les installations. Le chapitre 2 contient une analyse des tendances des émissions de GES au Canada conforme à la structure de production de rapports de la CCNUCC et une ventilation des tendances des émissions par secteur économique du Canada. Les chapitres 3 à 8 présentent des descriptions et des analyses supplémentaires pour chacune des grandes catégories d'émissions et d'absorptions, conformément aux exigences de la CCNUCC en matière de déclaration. Le chapitre 9 présente un sommaire des nouveaux calculs et des améliorations prévues.

La partie 2 du RIN est constituée des annexes 1 à 10, qui présentent une analyse par catégorie clé, des explications détaillées des méthodes d'estimation, une comparaison de la méthode sectorielle et de la méthode de référence dans le secteur de l'énergie, les procédures d'assurance et de contrôle de la qualité, des évaluations du degré d'exhaustivité, l'incertitude des données de l'inventaire, les coefficients d'émission, les procédures d'arrondissement des calculs, ainsi qu'un sommaire des précurseurs de l'ozone et des aérosols.

La partie 3 est composée des annexes 11 à 13, qui contiennent des tableaux récapitulatifs des émissions de GES pour chaque province et territoire, par secteur et par gaz, de même que d'autres précisions sur l'intensité des émissions de GES découlant de la production d'électricité.

Chapitre 1

Introduction

1.1. Inventaires de gaz à effet de serre et changements climatiques

Pour bien comprendre les changements climatiques, il importe d'expliquer clairement la distinction entre les conditions météorologiques et le climat. Les premières sont l'état de l'atmosphère à un moment précis et en un lieu donné et sont généralement exprimées sous forme de température, de pression atmosphérique, d'humidité, de vents, de nuages et de précipitations. On emploie généralement cette expression lorsqu'on rend compte des conditions sur de courtes périodes.

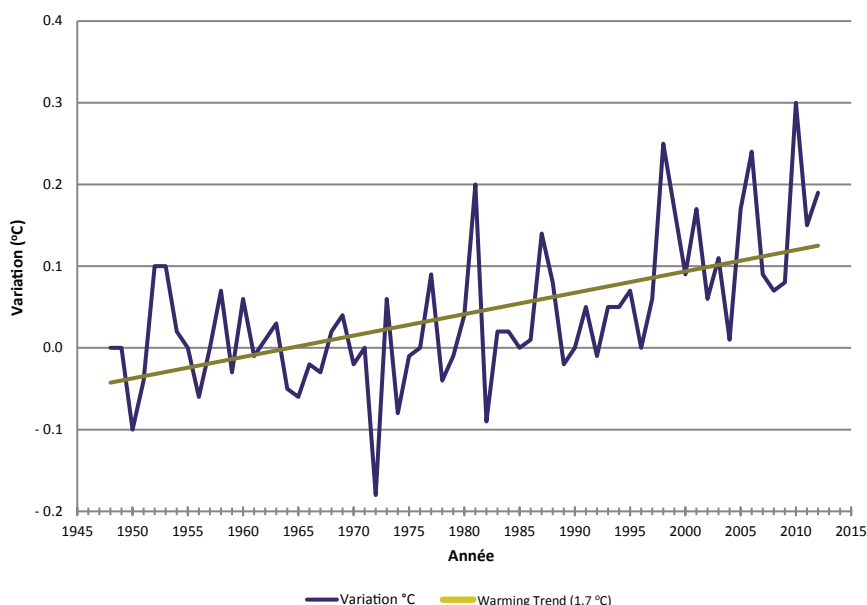
Par ailleurs, le climat désigne le régime météorologique moyen (généralement établi sur une période de 30 ans) d'une région précise. Parmi les éléments du climat figurent les précipitations, la température, l'humidité, l'ensoleillement, la vitesse des vents, des phénomènes comme le brouillard, le gel et les tempêtes de

grêle ainsi que d'autres mesures des conditions météorologiques. Les changements climatiques sont des changements qui se produisent dans les régimes météorologiques à long terme, causés par des phénomènes naturels et des activités anthropiques qui modifient la composition chimique de l'atmosphère à cause de l'accumulation de GES qui piègent la chaleur et la réfléchissent vers la surface de la Terre.

Il est maintenant bien connu que les concentrations de GES dans l'atmosphère se sont accrues significativement depuis l'époque préindustrielle. Depuis 1750, la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone (CO_2) s'est accrue de 141 %, celle de méthane (CH_4) de 260 %, et celle d'oxyde de diazote (N_2O) de 120 % (OMM, 2013). Le réchauffement du système climatique est sans équivoque et, depuis les années 1950, bon nombre des changements observés sont sans précédent sur des décennies et même sur des millénaires (GIEC, 2013). L'atmosphère et les océans se sont réchauffés, les quantités de neige et de glace ont diminué, et les concentrations de gaz à effet de serre ont augmenté. Des émissions soutenues de GES auront pour effet d'intensifier le réchauffement et les changements dans toutes les composantes du système climatique. En 2011, les concentrations de ces GES ont dépassé les concentrations préindustrielles d'environ 40 %, 150 % et 20 %, respectivement; ces hausses résultent d'émissions anthropiques provenant de l'utilisation de combustibles fossiles comme source d'énergie ainsi que de l'utilisation des terres et du changement d'affectation des terres, plus particulièrement en agriculture (GIEC, 2013).

Au Canada, les répercussions des changements climatiques pourraient se traduire par des phénomènes météorologiques

Figure 1-1 Variations des températures annuelles du Canada et tendance à long terme, 1948-2012, en °C



Source des données : Environnement Canada (2013)

extrêmes, une diminution des ressources d'eau douce, un accroissement des risques et de la gravité des feux de forêt et des infestations d'insectes, une réduction de l'étendue des glaces dans l'Arctique et une accélération de la fonte des glaciers. La température moyenne nationale du Canada pour l'année 2012 était de 1,9 °C au-dessus de la normale (Figure 1–1). Depuis 1993, les températures annuelles au Canada sont demeurées au niveau de la normale ou ont dépassé la normale, et elles présentent une tendance au réchauffement de 1,7°C au cours des 65 dernières années (Environnement Canada, 2013).

1.1.1. Rapport national d'inventaire des gaz à effet de serre du Canada

En décembre 1992, le Canada a ratifié la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) qui est entrée en vigueur en mars 1994. L'objectif final de la CCNUCC est de stabiliser les concentrations atmosphériques de GES à un niveau qui empêcherait des perturbations dangereuses du système climatique. Dans son plan d'action pour atteindre son objectif et mettre en œuvre ses dispositions, la CCNUCC énonce un certain nombre de principes directeurs et d'engagements obligeant les gouvernements à rassembler et à mettre en commun des renseignements sur les émissions de gaz à effet de serre, les politiques nationales et les meilleures pratiques, à mettre en œuvre des mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre et des mesures d'adaptation face aux impacts prévus et, enfin, à unir leurs efforts pour mieux s'adapter aux répercussions des changements climatiques. Les articles 4 et 12 de la Convention et la Décision 3/CP.5 obligent notamment les Parties à établir, mettre à jour régulièrement¹, publier et mettre à la disposition de la Conférence des Parties (CdP) des inventaires nationaux des émissions anthropiques² par les sources et des absorptions par les puits de tous les GES qui ne sont pas réglementés par le Protocole de Montréal³, qui utilisent des méthodes comparables.

Le présent rapport d'inventaire national (RIN) des gaz à effet de serre contient les estimations des émissions annuelles de gaz à effet de serre du Canada pour la période 1990-2012. Ce document, y compris les tableaux du Cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR), constitue la présentation du Canada à la CCNUCC. Le rapport national d'inventaire et les tableaux du CUPR ont été préparés conformément à la version actualisée des *Directives pour l'établissement des communications nationales des Parties visées à l'annexe I de la Convention, première partie* :

1 Les Parties visées à l'Annexe I (ou les pays développés) doivent présenter chaque année un inventaire national, au plus tard le 15 avril.

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

3 Aux termes du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), le Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone constitue une entente internationale visant à réduire la consommation et la production de substances appauvrissant la couche d'ozone.

Directives FCCC pour la notification des inventaires annuels, qui comprend les révisions apportées au secteur de l'utilisation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie adoptées par la CdP lors de sa onzième session.

1.1.2. Les gaz à effet de serre et l'utilisation du potentiel de réchauffement planétaire (PRP)

Le présent rapport fournit des estimations des émissions et absorptions des GES suivants au Canada : dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄), oxyde de diazote (N₂O), hexafluorure de soufre (SF₆), perfluorocarbures (PFC) et hydrofluorocarbures (HFC). En outre, et conformément aux lignes directrices de la CCNUCC sur les rapports des Parties visées à l'Annexe I, l'annexe 10 contient des estimations des précurseurs de l'ozone et d'aérosols suivants : le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) et les oxydes de soufre (SO_x).

1.1.2.1. Dioxyde de carbone (CO₂)

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

1.1.2.2. Méthane (CH₄)

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

1.1.2.3. Oxyde de diazote (N₂O)

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

1.1.2.4. Perfluorocarbures (PFC)

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

1.1.2.5. Hydrofluorocarbures (HFC)

Les HFC forment une classe de composés chimiques d'origine humaine qui contiennent seulement du fluor, du carbone et de l'hydrogène; ces composés sont de puissants gaz à effet de serre. Puisque les HFC n'appauvrissent pas la couche d'ozone, ils sont souvent utilisés pour remplacer les substances appauvrissant

la couche d'ozone (SACO) telles que les chlorofluorocarbures (CFC), les hydrochlorofluorocarbures (HCFC) et les halons dans diverses applications comme la réfrigération, l'extinction des incendies, la fabrication de semi-conducteurs et le gonflement de la mousse.

1.1.2.6. Hexafluorure de soufre (SF₆)

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

1.1.2.7. Potentiel de réchauffement planétaire

Les gaz à effet de serre ne sont pas tous similaires; chacun a une durée de vie dans l'atmosphère et un potentiel de rétention de chaleur qui lui est propre. L'effet de forçage radiatif⁴ d'un gaz dans l'atmosphère dépend de sa capacité à provoquer un réchauffement de l'atmosphère. Ces effets sont directs lorsque le gaz lui-même est un GES, et indirects lorsque la transformation chimique du gaz d'origine produit un ou des gaz qui sont des GES ou quand un gaz influe sur la durée de vie atmosphérique d'autres gaz. Le potentiel de réchauffement planétaire (PRP) d'un GES est une mesure relative de l'effet de réchauffement que peuvent exercer les émissions d'un gaz radiatif (p. ex. un GES) sur le système surface atmosphère, qui tient compte à la fois du forçage radiatif instantané attribuable à une augmentation graduelle de la concentration et de la durée de vie du gaz dans l'atmosphère.

Par définition, le potentiel de réchauffement planétaire (PRP) désigne le changement temporel du forçage radiatif attribuable au rejet instantané d'un kilogramme du gaz, exprimé par rapport au forçage radiatif résultant du rejet d'un kilogramme de CO₂. La notion de « potentiel de réchauffement planétaire » (PRP) a été créée pour permettre aux scientifiques et aux décideurs de comparer la capacité de chaque gaz à effet de serre à retenir la chaleur dans l'atmosphère avec celle du CO₂. Les émissions de gaz à effet de serre sont souvent calculées par rapport à la quantité de CO₂ qui serait nécessaire pour produire un effet de

⁴ Le terme « forçage radiatif » désigne l'ordre de grandeur du potentiel de piégeage de la chaleur d'un GES donné. Il se mesure en unités de puissance (watts) par unité de surface (mètre carré).

Tableau 1–1 PRP et durée de vie atmosphérique, GIEC 1995

GES	Formule	PRP 100 ans	Durée de vie atmosphérique (années)
Dioxyde de carbone	CO ₂	1	Variable
Méthane	CH ₄	21	12 ± 3
Oxyde de diazote	N ₂ O	310	120
Hexafluorure de soufre	SF ₆	23 900	3 200
Hydrofluorocarbones (HFC)			
HFC-23	CHF ₃	11 700	264
HFC-32	CH ₂ F ₂	650	5,6
HFC-41	CH ₃ F	150	3,7
HFC-43-10mee	C ₅ H ₂ F ₁₀	1 300	17,1
HFC-125	C ₂ HF ₅	2 800	32,6
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄ (CHF ₂ CHF ₂)	1 000	10,6
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄ (CH ₂ FCF ₃)	1 300	14,6
HFC-143	C ₃ H ₃ F ₃ (CHF ₂ CH ₂ F)	300	3,8
HFC-143a	C ₃ H ₃ F ₃ (CF ₃ CH ₃)	3 800	48,3
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂ (CH ₃ CHF ₂)	140	1,5
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	2 900	36,5
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	6 300	209
HFC-245ca	C ₃ H ₃ F ₅	560	6,6
Perfluorocarbones (PFC)			
Perfluorométhane	CF ₄	6 500	50 000
Perfluoroéthane	C ₂ F ₆	9 200	10 000
Perfluoropropane	C ₃ F ₈	7 000	2 600
Perfluorobutane	C ₄ F ₁₀	7 000	2 600
Perfluorocyclobutane	c-C ₄ F ₈	8 700	3 200
Perfluoropentane	C ₅ F ₁₂	7 500	4 100
Perfluorohexane	C ₆ F ₁₄	7 400	3 200

Sources :
PRP : GIEC (1995). Disponible en ligne à l'adresse : http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php
Durée de vie dans l'atmosphère : GIEC (1995), tableau 2.9.

Note :

Le PRP du CH₄ inclut son effet direct et les effets indirects dus à la production d'ozone dans la troposphère et de vapeur d'eau dans la stratosphère. Les effets indirects dus à la formation de CO₂ ne sont pas inclus.

réchauffement similaire au cours d'une période donnée. C'est ce qu'on appelle l'équivalent en dioxyde de carbone (ou éq. CO₂). Pour obtenir cette valeur, on multiplie la quantité de gaz par le PRP qui lui est associé. Par exemple, le potentiel de réchauffement planétaire du méthane (CH₄) pendant 100 ans utilisé dans le présent inventaire est de 21. Ainsi, le rejet de 100 kilotonnes (kt) de méthane est l'équivalent de 21 x 100 kt = 2 100 kt d'éq. CO₂.

Conformément à la Décision 2/CP.3, on utilise dans ce rapport, le PRP sur 100 ans recommandé par le GIEC dans son Deuxième Rapport d'évaluation (Tableau 1–1) et demandé par la CCNUCC aux fins des rapports d'inventaire.

1.1.3. Contribution du Canada

Même si le Canada n'a contribué qu'à environ 1,7 % des émissions mondiales de GES en 2010 (CAIT, 2013), c'est l'un des plus gros pollueurs par personne, ce qui est essentiellement attribuable à sa superficie, à son climat (donc à la demande

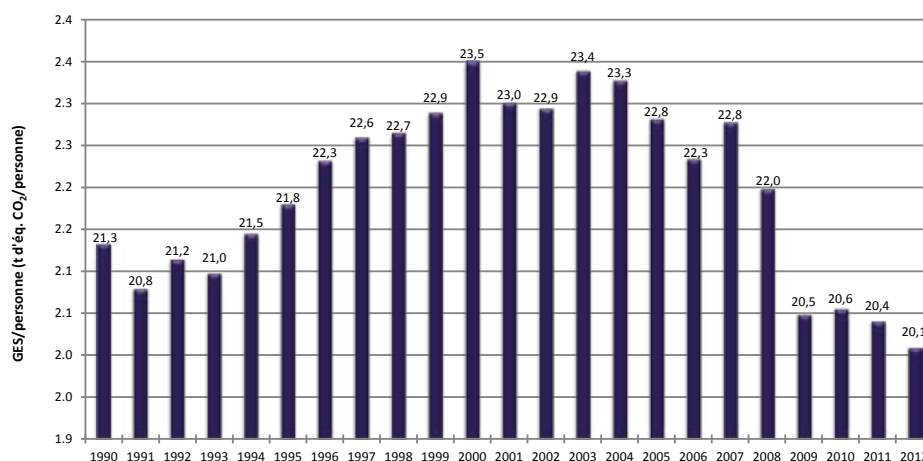
d'énergie) et à son économie basée sur les ressources naturelles. En 1990, les Canadiens ont rejeté 21,3 t de GES par personne. En 2012, ce chiffre est descendu à 20,1 t (Figure 1–2).

En termes de croissance des émissions anthropiques totales de GES, exception faite du secteur ATCATF, le Canada se classe au huitième rang des pays développés, avec une augmentation de ses émissions de 18,7 % entre 1990 et 2011 (Figure 1–3) et au premier rang des pays du G8 (CCNUCC, 2013).

1.2. Dispositions d'ordre institutionnel pour l'établissement des inventaires

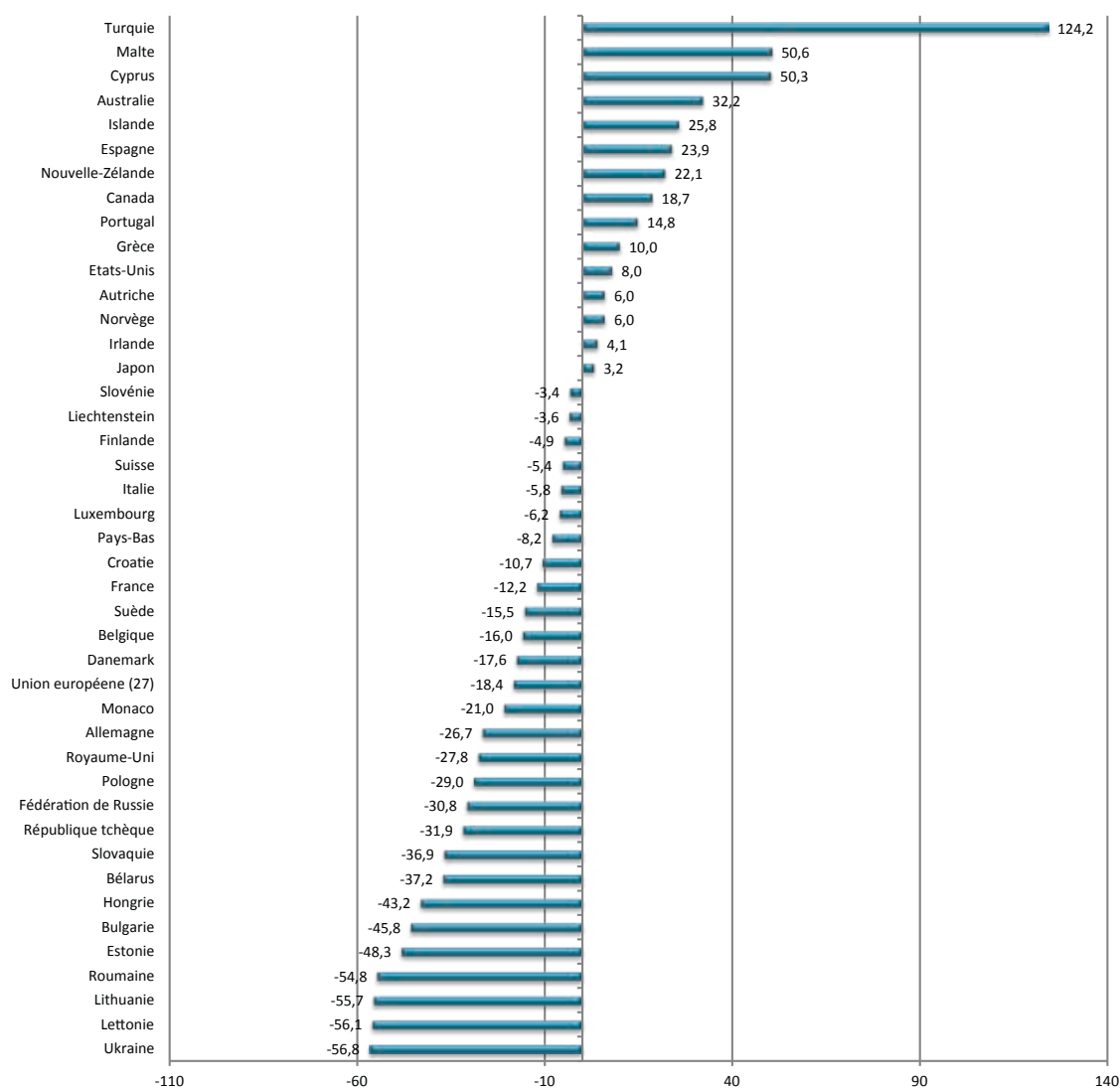
La section suivante décrit le système national et les rôles et responsabilités des divers organismes et acteurs dans la mise en place du système national du Canada. Le processus de préparation de l'inventaire est décrit à la section 1.3.

Figure 1-2 GES au Canada par personne (1990-2012)



Source des données sur la population : Statistique Canada (2013)

Figure 1-3 Variation en pourcentage des émissions agrégées de GES pour les pays développés, sans le secteur ATCATF (1990-2011)



Source : CCNUCC (2013)

L'entité nationale responsable du système d'inventaire national du Canada est la Division des inventaires et rapports sur les polluants d'Environnement Canada. Voici les coordonnées de l'agent de coordination de l'inventaire national :

Directrice,
Division des inventaires et rapports sur les polluants
Direction des sciences et de l'évaluation des risques
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada
10^e étage, 200, boul. Sacré-Cœur
Gatineau QC K1A 0H3

Une description détaillée des fonctions de la Division des inventaires et rapports sur les polluants est présentée dans la section Modalités de préparation de l'inventaire (section 1.3) ci-dessous.

1.2.1. Le système national

Le système national du Canada pour l'estimation des émissions anthropiques par les sources et des absorptions par les puits de tous les gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal inclut les dispositions institutionnelles, juridiques et procédurales nécessaires pour faire en sorte que le pays honore ses obligations de déclaration. Le rapport d'inventaire du Canada est assorti d'une documentation et d'archives pour en faciliter l'examen par des tiers.

En novembre 2007, on a procédé à un examen du système national canadien, dans le cadre de l'étude de portée nationale du rapport initial du pays. L'équipe d'examen a conclu que le système national du Canada comprend tous les éléments nécessaires, y compris les dispositions institutionnelles concernant la préparation de l'inventaire, dont les procédures d'approbation officielle, d'assurance de la qualité et de contrôle de la qualité (AQ/CQ), un système d'archivage, une description appropriée du processus de collecte de données et de l'élaboration des estimations, la capacité d'identifier des catégories importantes et de produire des analyses quantitatives des incertitudes ainsi qu'un processus de recalcul pour améliorer l'inventaire (CCNUCC, 2008).

1.2.2. Dispositions institutionnelles

Environnement Canada a la responsabilité de préparer et de présenter l'inventaire national à la CCNUCC.

Conscient de la nécessité de recourir aux meilleures expertises et informations techniques et scientifiques disponibles, conformément aux bonnes pratiques et aux normes internationales de qualité, Environnement Canada a défini des rôles et responsabilités pour la préparation de l'inventaire, tant à l'interne qu'à l'externe.

Les sources et les puits de GES sont répartis dans un très vaste éventail de secteurs et d'activités économiques. Environnement Canada participe donc à de nombreux partenariats avec des fournisseurs de données et des experts qui prennent diverses formes allant d'ententes informelles à des accords officiels. D'autres ministères gouvernementaux, notamment Statistique Canada, Ressources naturelles Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada ainsi que Transports Canada, participent également à ces partenariats; ces ententes sont décrites plus en détail dans les sections suivantes. Environnement Canada a aussi conclu des ententes avec des associations industrielles, des consultants et des universités, comme le décrit la section 1.1.2.3, et il collabore sur une base bilatérale avec les gouvernements provinciaux et territoriaux.

La Figure 1–4 montre les divers partenaires de l'organisme d'inventaire et leur contribution à la préparation de l'inventaire national du Canada

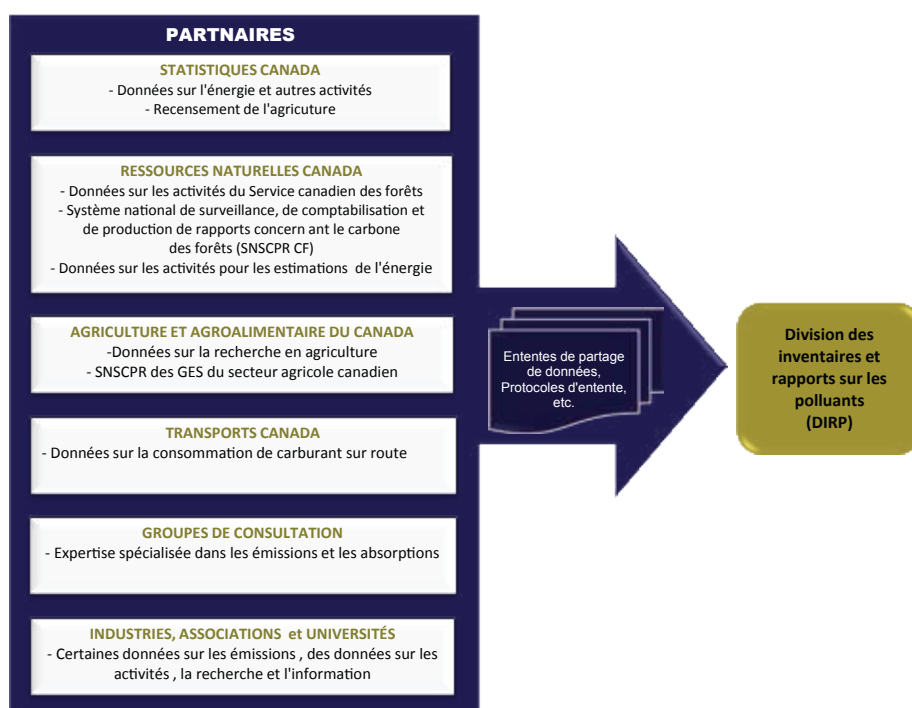
1.2.2.1. Statistique Canada

Statistique Canada, qui est l'organisme national responsable des statistiques, fournit à Environnement Canada une grande partie des données d'activités nécessaires pour estimer les émissions de gaz à effet de serre des secteurs de l'énergie et des procédés industriels. Statistique Canada est chargé de recueillir, de compiler et de diffuser les informations sur le bilan énergétique du Canada dans son *Bulletin sur la disponibilité et écoulement de l'énergie au Canada* (BDEEC). Le bilan énergétique est communiqué chaque année à Environnement Canada aux termes d'une lettre d'entente conclue entre l'organisme et le Ministère. Statistique Canada réalise aussi une enquête annuelle sur la consommation industrielle d'énergie (CIE). Cette étude complète sur les industries alimente l'élaboration du bilan énergétique.

Le système de gestion de la qualité de Statistique Canada pour le bilan énergétique comprend un processus d'examen interne et externe. Étant donné la complexité des données énergétiques, un groupe de travail sur les statistiques énergétiques composé de représentants de Statistique Canada, d'Environnement Canada (EC) et de Ressources naturelles Canada (RNCan) a été mis sur pied afin de fournir des avis, des orientations et des recommandations en vue d'améliorer le bilan énergétique. De plus, un comité directeur de haut niveau sur l'énergie a été créé en 2008 avec le mandat d'examiner les questions sur les échéanciers, la qualité et les aspects techniques des données du BDEEC et de l'ECIE. On trouve, à l'annexe 2 du présent rapport, d'autres renseignements sur l'utilisation des données du bilan énergétique lors de l'élaboration des estimations de la consommation d'énergie.

Statistique Canada est également chargé de recueillir d'autres données sur l'énergie, telles que des renseignements sur l'exploitation minière et la production d'électricité et d'autres informations industrielles non reliées à l'énergie, dont des

Figure 1-4 Partenaires du système national



données sur la production d'urée et d'ammoniac. L'organisme recueille de plus des données sur les activités agricoles (diverses cultures, production agricole et pratiques de gestion) par le biais du Recensement de l'agriculture, et fournit des données sur la population animale.

1.2.2.2. Ressources naturelles Canada et Agriculture et Agroalimentaire : système de surveillance et de comptabilisation du Canada pour l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie

Depuis 2005, Environnement Canada a confié des responsabilités officielles à Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) et au Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada (SCF de RNC) pour l'élaboration d'éléments clés du secteur ATCATF, et a défini à cette fin des mécanismes formels et explicites de gouvernance par l'intermédiaire de protocoles d'entente.

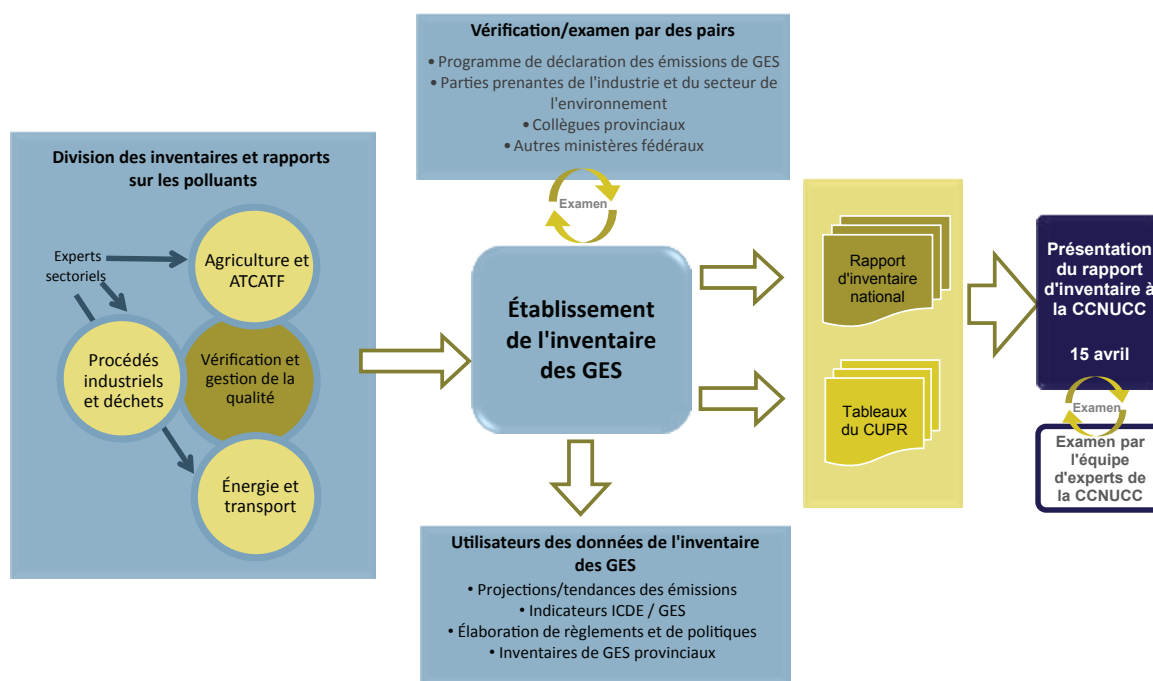
Le Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports (SNSCPR) du Canada pour l'ATCATF, est géré par un comité directeur interministériel présidé par EC et regroupant des représentants d'AAC et du SCF de RNC. Des groupes de travail techniques sont respectivement chargés des sous-secteurs de la foresterie, de l'agriculture et du changement d'affectation des terres pour que les meilleures informations et

données disponibles issues des recherches scientifiques soient intégrées dans le secteur ATCATF de l'inventaire. Au sein de ce cadre de travail, les partenaires du Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le carbone des forêts (SNSCPR CF) d'Environnement Canada fournissent des estimations, de la documentation complète et transparente, des analyses d'incertitude et des rapports de contrôle et d'assurance de la qualité.

Le SCF de RNC a développé le Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le carbone des forêts (SNSCPR CF), qui a contribué à améliorer considérablement le secteur ATCATF. Tous les ans, ce programme permet d'élaborer et de fournir des estimations relatives aux terres forestières, à la conversion de terres en terres forestières (boisement) et à la conversion de terres forestières en d'autres terres (déboisement). Le groupe de travail responsable de la surveillance du déboisement fournit des estimations de l'activité de conversion des forêts.

AAC a élaboré le Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant l'agriculture (SNSCPR AC); il a aussi considérablement amélioré la qualité des données du secteur ATCATF. De concert avec RNC/SCF, AAC fournit des estimations des émissions des terres agricoles pour le secteur ATCATF, qui incluent notamment les effets des pratiques de gestion sur les sols agricoles et les effets résiduels de la conversion de terres en terres cultivées. De plus, AAC offre un appui scientifique pour le secteur de l'agriculture de l'inventaire.

Figure 1–5 Processus de préparation de l'inventaire



Environnement Canada dirige et coordonne le processus d'élaboration de l'inventaire annuel, et il réalise d'autres estimations pour le secteur ATCATF, effectue des analyses globales en matière de contrôle de la qualité et d'assurance de la qualité, et s'assure généralement de la cohérence des estimations fondées sur les terres au moyen d'un système de représentation intégrée des terres. De plus, Le Secteur des sciences de la Terre de RNCAN fournit une expertise en observation de la Terre, tandis que l'Agence spatiale canadienne favorise le développement de produits d'observation de la Terre pour améliorer les données terrestres transmises au SNSCP ATCATF.

1.2.2.3. Autres partenariats

En plus de son appui au Système de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports du Canada pour le secteur ATCATF (section 1.2.2.2), Ressources naturelles Canada (RNCAN) fournit expertise et analyse en matière d'énergie, effectue des examens d'expert pour le secteur de l'énergie, et recueille et fournit des données d'activité sur la production minérale, la consommation d'éthanol et les résidus de bois. Les données sur l'efficacité énergétique du parc de véhicules routiers sont fournies par Transports Canada et Ressources naturelles Canada.

Au besoin, et lorsque les ressources le permettent, des contrats sont passés avec des firmes de consultants et des universités pour exécuter des études en profondeur, par exemple la mise à jour des coefficients d'émission. Une entente bilatérale a été conclue avec l'Association de l'aluminium du Canada, aux termes

de laquelle elle fournit chaque année à Environnement Canada des estimations des émissions relatives aux procédés pour le CO₂, les PFC et le SF₆. Une entente similaire a été négociée avec l'Association canadienne de l'électricité pour la fourniture de données sur les émissions de SF₆ et d'autres données au sujet des systèmes de transport de l'électricité. Environnement Canada collabore également avec les entreprises de moulage de magnésium et les entreprises spécialisées dans l'importation et la distribution de HFC, pour ce qui est de leurs données annuelles sur les émissions de GES et de leurs données sur les activités.

1.3. Modalités de préparation de l'inventaire

La présente section décrit en termes généraux le cycle d'élaboration de l'inventaire annuel, de la phase de planification à sa présentation au CCNUCC. La collecte et l'amélioration continues des données font partie intégrante des cycles de planification de l'inventaire national et de gestion de la qualité (section 1.6). La Division des inventaires et rapports sur les polluants d'Environnement Canada, avec la contribution de nombreux experts et scientifiques canadiens, compile des données, dresse un inventaire et présente le rapport d'inventaire annuel du Canada. Les différentes étapes du processus de préparation de l'inventaire sont illustrées à la Figure 1–5.

L'inventaire est établi d'après un processus continu d'améliorations, de perfectionnements et d'examens

méthodologiques, conformément aux plans de gestion et d'amélioration de la qualité. Le coordonnateur de l'inventaire de la section de la vérification et de la gestion de la qualité est chargé de préparer le calendrier de préparation de l'inventaire à la lumière des renseignements tirés du précédent cycle d'inventaire, des suivis d'AQ/CQ, du rapport de révision de la CCNUCC et de la collaboration avec les gouvernements provinciaux et territoriaux. À partir de ces résultats, les méthodologies et coefficients d'émission sont revus, élaborés ou raffinés. Des révisions d'AQ des méthodologies et des coefficients d'émissions sont entreprises pour les catégories pour lesquelles on se propose de changer la méthodologie ou le coefficient d'émission, et celles pour lesquelles on a prévu un examen d'AQ de la méthodologie ou du coefficient d'émission.

Dans les premiers temps du cycle de l'inventaire (de mai à octobre), on amorce la collecte des données requises au moment de la finalisation du calendrier de publication de l'inventaire et la définition des rôles et des responsabilités. Avant la fin du mois d'octobre, les méthodes sont finalisées et le processus de collecte de données est presque terminé. Les données utilisées pour établir l'inventaire national proviennent généralement de sources publiées. Elles sont recueillies par voie électronique ou manuelle (sur copie papier) auprès des organismes sources, et sont saisies dans des systèmes de comptabilisation des émissions sur tableurs, des bases de données ou des modèles, puis elles sont soumises à un contrôle de la qualité. Entre novembre et janvier, des estimations préliminaires sont établies par des experts d'inventaire désignés et examinés par la suite à l'interne. En février, le texte du rapport est rédigé et les tableaux du CUPR sont préparés selon les lignes directrices de la CCNUCC. Les vérifications de CQ et les estimations sont acceptées par les gestionnaires de secteur avant que le rapport et les totaux nationaux soient préparés. Le processus de l'inventaire fait aussi intervenir l'évaluation des catégories clés, des nouveaux calculs, le calcul des incertitudes et la préparation de la documentation.

Au cours des mois de février et mars, l'inventaire compilé est tout d'abord révisé à l'interne et certaines de ses composantes sont révisées à l'externe par des spécialistes, des organismes gouvernementaux et des gouvernements provinciaux/territoriaux, puis le RIN fait entièrement l'objet de corrections. Les commentaires issus de l'examen sont documentés et, au besoin, incorporés dans le RIN et le CUPR, qui sont normalement présentés à la CCNUCC par voie électronique avant le 15 avril de chaque année. Les vérifications préliminaires de l'avant projet soumis en avril sont réalisées par la CCNUCC en mai et juin. Une fois qu'on y a mis la touche finale, le RIN est traduit en français.

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

Dans le processus d'examen de l'inventaire national et des résultats, plusieurs séances d'information de hauts fonctionnaires ont lieu avant que le rapport soit présenté au ministre. Une fois le rapport révisé et/ou approuvé, l'agent de coordination de l'inventaire national prépare une lettre de présentation qui accompagnera le RIN et les tableaux du CUPR, lesquels seront ensuite expédiés par voie électronique.

1.4. Méthodologies et sources de données

L'inventaire est structuré de manière à respecter les prescriptions de déclaration de la CCNUCC et il est subdivisé en six grands secteurs : énergie, procédés industriels, utilisation de solvants et d'autres produits, agriculture, ATCATF et déchets. Chacun de ces secteurs est à son tour subdivisé dans l'inventaire. Les méthodes décrites ont été regroupées, dans la mesure du possible, en fonction des secteurs et des sous-secteurs de la CCNUCC.

Les méthodes que contiennent les Lignes directrices pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, version révisée de 1996 (GIEC/OCDE/AIE, 1997), les Recommandations en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux (GIEC, 2000) et les Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (GIEC, 2003) ont servi à estimer les émissions et les absorptions de chacun des GES et groupes de GES directs suivants : CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, et SF₆. Les Lignes directrices pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre de 2006 proposent des méthodes actualisées; celles-ci seront mises en œuvre dans le cadre du rapport de 2015.

Même si elles ne sont pas obligatoires, les lignes directrices de la CCNUCC sur l'établissement des rapports incitent les Parties visées à l'Annexe I à fournir des renseignements sur les GES indirects suivants : SO_x, NO_x, CO, et les COVNM. Pour toutes les catégories, sauf le secteur ATCATF, ces gaz (aussi appelés principaux contaminants atmosphériques, ou PCA) sont répertoriés et déclarés séparément. Les émissions des PCA au Canada sont déclarées à la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE ONU)⁵. Comme nous l'avons déjà vu, un sommaire de ces émissions figure également dans le RIN (voir l'annexe 10 : Précurseurs de l'ozone et d'aérosols).

En général, un inventaire des émissions et des absorptions peut se définir comme un compte rendu détaillé des émissions par

⁵ Voir le site Internet : <http://www.unece.org/> (en anglais seulement)

les sources anthropiques, et des absorptions par les puits, ainsi que des données connexes provenant d'une catégorie de source du secteur de l'inventaire sur une durée déterminée. Un tel inventaire peut être établi selon une approche « ascendante », « descendante » ou combinée. L'inventaire national du Canada est établi par approche descendante, et il fournit des estimations au niveau sectoriel et au niveau provincial ou territorial sans attribution aux émetteurs individuels.

On calcule ou on estime généralement les émissions ou les absorptions à l'aide de la méthode du bilan massique, de la stœchiométrie, ou du coefficient d'émission dans des conditions moyennes. Dans bien des cas, les données d'activités sont combinées aux coefficients d'émission moyens pour établir un inventaire national « descendant ». On a établi des estimations régionales à grande échelle, basées sur des conditions moyennes, pour les sources diffuses, comme les transports. Les émissions des sites d'enfouissement sont calculées au moyen d'un modèle de simulation qui rend compte de la production lente et du rejet de ces émissions à long terme.

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

Les méthodes (annexes 2 et 3) et les coefficients d'émission (annexe 8) décrits dans ce document sont considérés comme les meilleurs qui existent aujourd'hui compte tenu des données disponibles relatives aux activités. Cela étant dit, dans certains cas, il se peut qu'une méthode ou un coefficient d'émission plus exact soit disponible, mais que les données sous-jacentes nécessaires ne soient pas disponibles, de sorte qu'il est impossible d'utiliser la méthode la plus précise. Certaines méthodes ont été révisées et améliorées avec le temps, et de nouvelles sources ont ainsi été ajoutées à l'inventaire.

Les activités d'amélioration de la méthodologie et des données, qui tiennent compte des résultats des procédures d'AQ/CQ, des examens et des vérifications, sont planifiées et mises en œuvre en continu par le personnel de la Division des inventaires et rapports sur les polluants d'Environnement Canada. À noter que la mise en œuvre des améliorations prévues est souvent mise en place sur plusieurs années. Ces activités d'amélioration de la méthodologie et des données sont menées afin d'améliorer encore plus la transparence de l'inventaire national, son exhaustivité, son exactitude, son uniformité et sa comparabilité. De ce fait, les changements qui touchent les données ou les méthodes

conduisent souvent à recalculer les estimations des GES pour la totalité des séries chronologiques allant de l'année de référence 1990 à l'année la plus récente. Le chapitre 9 explique plus en détail les méthodes utilisées pour recalculer les estimations et les améliorations apportées à ces méthodes.

1.4.1. Système de déclaration obligatoire des GES

En mars 2004, le gouvernement du Canada a créé le Programme de déclaration des émissions de gaz à effet de serre (PDGES) aux termes du paragraphe 46(1) de la LCPE (1999) afin de recueillir annuellement de l'information sur les émissions de GES auprès des installations canadiennes, et ce, sur une base obligatoire.

Le PDGES s'applique aux installations industrielles et aux autres installations qui sont les plus grands émetteurs de GES; ce programme décrit les exigences fondamentales en matière de déclaration. Les principaux objectifs du programme consistent à :

- fournir aux Canadiens de l'information cohérente sur les émissions de GES;
- valider les estimations des émissions industrielles présentées dans l'inventaire national des GES;
- appuyer les initiatives réglementaires.

L'information sur les gaz à effet de serre est aussi mise à la disposition des gouvernements provinciaux et territoriaux. Les données déclarées au PDGES sont recueillies par le Système de déclaration à Guichet unique d'Environnement Canada⁶ qui l'a mis en place pour faciliter la collecte intégrée de données permettant ainsi à l'industrie de présenter une seule fois des données qui sont communes à de nombreux programmes, provinces et territoires. Ce système a été élargi afin de favoriser une approche canadienne inclusive pour la déclaration des GES qui s'inscrit dans le cadre des efforts de collaboration entre les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux pour réduire le plus possible les chevauchements et alléger les tâches qui incombent aux entreprises et aux administrations gouvernementales. Les partenaires provinciaux qui utilisent actuellement ce système pour recueillir de l'information sur les GES afin de se conformer à leur réglementation sur la déclaration des émissions de GES sont l'Alberta, la Colombie-Britannique et l'Ontario.

Les types d'installations industrielles importantes qui produisent des rapports sur les émissions de GES au PDGES du Canada sont :

- les centrales utilisant des combustibles fossiles pour produire de l'électricité, de la chaleur ou de la vapeur;
- les aciéries intégrées;
- les entreprises d'extraction de pétrole et de gaz;
- les installations d'extraction, de fonte et d'affinage de métaux;

6 Le Système de déclaration à guichet unique d'Environnement Canada est accessible à l'adresse suivante : <https://ec.ss.ec.gc.ca/>

- les fabriques de pâtes et papiers et les scieries;
- les raffineries de pétrole;
- les usines de produits chimiques.

L'information obtenue auprès de ces grandes installations industrielles appuie la prise de décisions stratégiques et l'élaboration/la mise en œuvre potentielle de futurs règlements sur les GES.

Aux termes de l'avis légal publié chaque année dans la Gazette du Canada, les installations qui émettent annuellement 50 kt d'équivalent CO₂ ou plus doivent présenter un rapport d'émissions de GES au plus tard le 1^{er} juin de l'année suivante. On accepte les déclarations volontaires des installations dont les émissions de GES sont inférieures au seuil de déclaration.

On ne prescrit pas de méthode d'estimation particulière; les déclarants peuvent choisir la méthodologie de quantification qui convient le mieux à leur industrie ou à leur fonctionnement. Cependant, les installations déclarantes doivent utiliser des méthodes qui respectent les lignes directrices adoptées par la CCNUCC et élaborées par le GIEC pour la préparation des inventaires nationaux des GES.

1.4.1.1. Émissions déclarées par les installations et l'inventaire national des GES

Le site Web⁷ du PDGES d'Environnement Canada fournit un accès public aux données déclarées sur les émissions de GES (émissions totales de GES par gaz et par installation). Les émissions totales de GES déclarées par les installations pour 2012 représentent à peine plus du tiers (37 %) des émissions totales de GES du Canada en 2012 (699 Mt) et plus de la moitié (57 %) des émissions de GES du secteur industriel du Canada⁸. L'ampleur des données déclarées par les installations sur les émissions de GES du secteur industriel à l'échelle provinciale varie de façon importante d'une province à l'autre, selon la taille et le nombre d'installations industrielles dans chaque province dont les émissions dépassent le seuil de déclaration, qui est de 50 kt.

Il est important de noter que le PDGES s'applique aux plus grandes installations émettrices de GES (industrielles pour la plupart) et n'englobe pas les autres sources de GES, telles que le transport routier et l'agriculture, contrairement au rapport d'inventaire national qui regroupe l'ensemble des sources et des puits au Canada.

⁷ Le site Web du Programme de déclaration des émissions de gaz à effet de serre se trouve à l'adresse suivante : www.ec.gc.ca/ges-ghg/default.aspx?lang=En&n=040E378D-1

⁸ Les « émissions de GES du secteur industriel » du Canada mentionnées ici comprennent les catégories de GES suivantes tirées du *Rapport d'inventaire national, 1990–2010 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada* : sources de combustion fixes (à l'exception du secteur résidentiel), autre transport, sources fugitives, procédés industriels et déchets.

Les données des émissions de GES des installations servent, au besoin, à valider les estimations des émissions présentées dans le RIN, élaborées à partir de statistiques nationales et provinciales. Environnement Canada continuera d'utiliser ces données comme élément important du processus global d'établissement de l'inventaire pour en comparer et vérifier les estimations.

1.4.1.2. Émissions de GES déclarées par les installations en 2012

Au cours de cette neuvième année de déclaration du Rapport d'inventaire national, les données recueillies auprès des installations sur les émissions de GES portent sur la période de 2004 à 2012. Un total de 549 installations a présenté une déclaration sur des émissions de GES pour l'année civile 2012; ensemble, elles ont émis 257 Mt de GES⁹. Au nombre de ces installations, 313 ont déclaré avoir émis plus de 100 kt d'éq. CO₂, ce qui représente 95 % du total des émissions déclarées, 15 ont déclaré leurs émissions de GES pour la première fois et 68 ont déclaré leurs émissions sur une base volontaire (celles-ci étaient inférieures au seuil de déclaration); Les émissions déclarées volontairement sont incluses dans les données présentées par les installations dans la présente section.

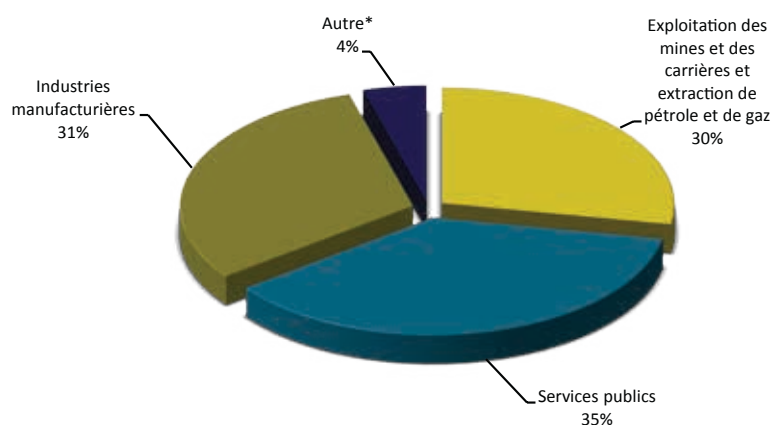
Les installations de l'Alberta ont représenté la plus grande partie des émissions déclarées, soit environ 49 % des émissions totales, suivies de celles de l'Ontario, avec 19 %. Viennent ensuite les installations de la Saskatchewan et du Québec, avec 9 % et 8 % des émissions déclarées, respectivement (Tableau 1–2). Cette ventilation régionale des émissions de GES reflète bien la concentration des grandes installations industrielles dans certaines provinces par rapport à d'autres et l'utilisation de combustibles fossiles pour la production d'énergie.

Lorsqu'il rédige un rapport pour le PDGES, un déclarant doit définir les principales activités effectuées à ses installations en choisissant le code du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN)¹⁰ qui correspond à ses activités. En 2012, trois secteurs industriels du SCIAN ont représenté la majorité des émissions de GES :

- le secteur des services publics, principalement ceux associés à la production d'électricité à partir de combustibles fossiles, représentant 35 % (90 Mt d'éq. CO₂);
- le secteur de la fabrication, représentant 31 % des émissions (79 Mt d'éq. CO₂);
- le secteur de l'extraction minière, l'exploitation des carrières et l'extraction de pétrole et de gaz, représentant 30 % des émissions (77 Mt d'éq. CO₂) (Figure 1–6).

⁹ Les données présentées sont à jour au 5 décembre 2013.

¹⁰ Le code SCIAN est un code à six chiffres élaboré par des organismes de statistiques du Canada, des États-Unis et du Mexique dans le but de permettre aux instances nationales de recueillir des données statistiques comparables. Le code SCIAN est un système exhaustif qui regroupe toutes les activités économiques. Au Canada, il comprend 20 secteurs, 102 sous secteurs, 323 groupes industriels, 711 industries et 922 industries nationales.

Figure 1–6 Contribution du secteur industriel aux émissions de GES déclarées pour 2012 (257 Mt d'éq CO₂)

* La catégorie Autre inclut divers types d'installations, comme les gazoducs de transport de gaz naturel, les sites d'enfouissement de déchets solides, les aéroports, les universités, les hôpitaux et les édifices de l'administration publique.

Tableau 1–2 Émissions de GES déclarées en 2012 par les installations, par province ou territoire

Province/Territoire	Nombre d'installations	Émissions totales (kt d'éq. CO ₂)	Pourcentage des émissions totales
Terre-Neuve-et-Labrador	8	4 405	2%
Île-du-Prince-Édouard	1	53	0,02%
Nouvelle-Écosse	11	8 822	3%
Nouveau-Brunswick	13	6 421	2%
Québec	79	20 569	8%
Ontario	143	49 909	19%
Manitoba	12	1 897	1%
Saskatchewan	40	23 459	9%
Alberta	162	126 371	49%
Colombie-Britannique	75	14 225	6%
Territoires du Nord-Ouest	4	549	0,2%
Nunavut	1	203	0,1%
Total	549	256 883	

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

Ces installations représentent les 4 % restants d'émissions (11 Mt d'éq. CO₂), dont la majeure partie provient des pipelines de transport de gaz naturel (6 Mt d'éq. CO₂) et des sites d'enfouissement de déchets solides (4 Mt d'éq. CO₂).

Voici les autres faits saillants du cycle de collecte de données du PDGES de 2012 :

- Les principales sources d'émissions qui ont contribué au total des émissions de GES déclarées en 2012 sont les sources de combustion de combustibles fixes et les procédés industriels, dans une proportion respective de 75 % et de 15 % du total des sources combinées de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄) et d'oxyde de diazote (N₂O).
- Les émissions totales déclarées par les installations en 2012 sont demeurées largement les mêmes par rapport aux émissions totales de 254 Mt en 2011, ce qui indique une tendance

semblable à celle des dernières années selon laquelle les changements annuels dans les émissions globales déclarées ont été relativement faibles (4 % ou moins).

- Les émissions totales de l'ensemble des installations ayant présenté une déclaration affichent une baisse globale de 7 % depuis 2005. Les installations du secteur des services publics et du secteur manufacturier situées en Ontario accusent les baisses les plus importantes (18 et 9 Mt respectivement) au cours de cette période de 8 ans, tandis qu'on observe une augmentation des émissions déclarées dans le secteur de l'extraction minière, l'exploitation des carrières et l'extraction de pétrole et de gaz, principalement en Alberta.

Pour obtenir plus d'information sur les données déclarées par les installations dans le cadre du PDGES d'Environnement Canada, y compris les variations observées des émissions des installations à court terme et à long terme, veuillez consulter la publication

d'Environnement Canada intitulée *Programme de déclaration des émissions de gaz à effet de serre par les installations : Aperçu des émissions déclarées pour 2012*¹¹.

1.5. Principales catégories

Les recommandations du GIEC définissent les procédures (sous forme de schéma décisionnel) pour sélectionner les méthodes d'estimation recommandées dans le cadre des lignes directrices du GIEC (GIEC, 2000, 2003). Ces schémas officialisent le choix de la méthode d'estimation qui convient le mieux à la situation d'un pays tout en tenant compte de la disponibilité des connaissances et des ressources (aussi bien financières qu'humaines). En règle générale, on peut améliorer la précision et l'exactitude des estimations aux fins de l'inventaire en utilisant les méthodes les plus rigoureuses (niveau le plus élevé). Toutefois, étant donné les limites concrètes, il est impossible de définir de façon détaillée toutes les catégories d'émissions. Il est donc utile de déterminer et d'établir la priorité des catégories clés pour faire le meilleur usage possible des ressources disponibles.

Dans ce contexte, une *catégorie principale* est une catégorie prioritaire du système d'inventaire national parce que son estimation exerce une influence profonde sur l'inventaire total des GES directs d'un pays en ce qui concerne le niveau absolu des émissions (évaluation du niveau), la tendance des émissions entre l'année de référence et l'année courante (évaluation de la tendance), ou les deux. Dans la mesure du possible, deux paramètres importants des catégories clés de l'inventaire doivent faire l'objet d'une attention spéciale :

- L'usage privilégié de méthodes détaillées du plus haut niveau.
- Attention particulière à l'assurance et au contrôle de la qualité.

Faute de données quantitatives sur les incertitudes, la méthode simplifiée de niveau 1, qui sert à déterminer les catégories clés, permet de se faire une assez bonne idée des secteurs auxquels

il faut accorder la priorité afin d'améliorer les estimations de l'inventaire.

Pour l'inventaire des GES de 1990-2012, les évaluations du niveau et des tendances des principales catégories ont été effectuées selon l'approche de contrôle de qualité de niveau 1, présentée dans les Recommandations du GIEC (2000 et 2003). Les catégories d'émissions et d'absorptions utilisées pour leur évaluation suivent généralement celles du CUPR et du CUPR ATCATF, même si dans certains cas les données ont été regroupées et sont propres à l'inventaire canadien.

Les grandes catégories clés basées sur les évaluations du niveau et des tendances (dont le secteur ATCATF) sont celles de la

combustion de combustibles (combustion par des sources fixes – combustibles gazeux, liquides et solides, transport routier et transport hors route), de la catégorie ATCATF, des terres forestières dont la vocation n'a pas changé. On trouvera à l'annexe 1 des précisions et les résultats des évaluations des catégories clés.

1.6. Assurance de la qualité/ Contrôle de la qualité

L'inventaire national et le RIN doivent être préparés conformément aux lignes directrices et aux méthodes internationales en matière de déclaration convenues par la CCNUCC. L'inventaire est établi selon les méthodes et les lignes directrices prescrites par le GIEC, et l'AQ/CQ et les procédures de vérification font partie intégrante de la préparation de l'inventaire. La Division des inventaires et rapports sur les polluants mène chaque année des activités d'AQ/CQ et s'est engagée à améliorer les données et les méthodes en collaboration avec l'industrie, les provinces et les territoires, le milieu scientifique et la communauté internationale afin de produire un inventaire crédible et valable. Les activités d'amélioration, qui tiennent compte des résultats des procédures d'AQ/CQ, des examens et des vérifications, sont planifiées et mises en œuvre de façon continue afin d'améliorer encore plus la transparence de l'inventaire, son exhaustivité, son exactitude, son uniformité et sa comparabilité. De ce fait, les changements qui touchent les données ou les méthodes conduisent souvent à un nouveau calcul des estimations des GES pour la totalité des séries chronologiques allant de l'année de référence 1990 à l'année la plus récente.

L'annexe 6 du rapport offre d'autres précisions sur le plan d'AQ/CQ, y compris sur la vérification et le traitement des questions de confidentialité, le cas échéant.

1.7. Degré d'incertitude de l'inventaire

Même si les inventaires nationaux de GES doivent être précis, exhaustifs, comparables, transparents et cohérents, les estimations seront toujours entachées d'incertitudes.¹² Ces incertitudes peuvent résulter des paramètres d'entrée ou être inhérentes aux modèles d'estimation. Réduire l'incertitude peut exiger de procéder à l'examen approfondi des modèles d'estimation, d'améliorer les régimes des données sur les activités et d'évaluer les coefficients d'émission et autres paramètres de modèles. Dans quelques cas, l'incertitude peut être réduite par un exercice de validation réalisé au moyen d'un ensemble de données indépendantes. Les lignes directrices du GIEC précisent que l'objectif principal des informations quantitatives sur l'incertitude est de par-

11 La publication est disponible à l'adresse suivante : <http://www.ec.gc.ca/ges-ghg/default.asp?lang=Fr&n=8044859A-1>

12 Définition de l'« incertitude » pour les inventaires : « Terme général et imprécis qui désigne l'absence de certitude (dans les composants d'un inventaire) résultant de tout facteur causal tel que des sources et puits non identifiés, un manque de transparence, etc. » (GIEC, 2000)

tipicer à l'établissement de l'ordre des priorités afin d'améliorer les inventaires futurs et d'orienter les décisions sur les méthodes à utiliser. En général, le degré d'incertitude qui se rattache aux tendances et aux totaux nationaux est nettement inférieur à celui qui se rattache aux gaz et aux secteurs individuels.

L'annexe 7 présente une évaluation du degré d'incertitude des émissions canadiennes de GES. Bien que des méthodes plus complexes (niveau 2) soient appliquées dans certains cas pour obtenir des estimations du degré d'incertitude par secteur ou par catégorie, dans le cas de l'ensemble de l'inventaire, ces degrés d'incertitude ont été combinés à la méthode simple (niveau 1) de propagation des erreurs à l'aide du tableau 6.1 des Recommandations du GIEC, 2000. Des analyses distinctes ont été réalisées pour l'ensemble de l'inventaire, avec ou sans l'ATCATF. Le calcul de l'incertitude des tendances a été réalisé en excluant l'ATCATF. Pour obtenir plus de détails sur l'incertitude propre à des secteurs particuliers, veuillez consulter les sections sur l'incertitude aux chapitres 3 à 8.

Selon la méthode de propagation d'erreur de niveau 1, le degré d'incertitude pour l'inventaire national, excluant l'ATCATF, est de $\pm 4 \%$, ce qui correspond à l'intervalle déclaré auparavant de -3% à 6% . Le secteur de l'énergie présentait le plus faible degré d'incertitude, soit $\pm 3 \%$, tandis que le secteur de l'agriculture présentait le degré d'incertitude le plus élevé, $\pm 41 \%$. Le secteur des procédés industriels, le secteur de l'utilisation de solvants et d'autres produits, ainsi que le secteur des déchets présentaient des degrés d'incertitude de ± 8 , ± 19 et $\pm 34 \%$, respectivement.

Les catégories contribuant le plus au degré d'incertitude à l'échelle nationale sont les suivantes :

- Agriculture – Sols agricoles—Émissions indirectes de N_2O ;
- Énergie – Combustion de combustibles fossiles – Émissions de CO_2 de la production d'électricité et de chaleur dans le secteur public;
- Énergie – Combustion de combustibles fossiles – Autre transport (hors route) N_2O ;
- Déchets – Émissions de CH_4 de l'enfouissement des déchets urbains;
- Énergie – Utilisation de combustibles – Industries manufacturières et construction (CO_2).

Quand les émissions et les absorptions de l'ATCATF sont incluses dans le total national, l'incertitude s'élève à 6% .

L'incertitude des tendances, excluant l'ATCATF, a été mesurée à $1,1 \%$. Par conséquent, l'augmentation totale des émissions depuis 1990 est susceptible à 95% d'être comprise entre $17,1 \%$ et $19,3 \%$. Étant donné la grande variabilité interannuelle des estimations du secteur ATCATF, et le fait qu'elle soit due principalement à des facteurs de perturbations naturelles très variables, on n'a pas tenu compte de ce secteur dans l'analyse des

incertitudes des tendances relatives aux émissions et aux absorptions anthropiques de GES.

1.8. Évaluation de l'exhaustivité

L'inventaire national de GES, pour l'essentiel, est un inventaire exhaustif des six GES qui doivent être déclarés aux termes de la CCNUCC. L'exclusion des émissions de certaines sous-catégories dépend généralement aux facteurs suivants :

1. ces catégories n'existent pas au Canada;
2. les données ne sont pas disponibles;
3. il existe des problèmes de méthodologie propres aux circonstances nationales.

Dans certains cas, c'est l'absence de méthodologies adéquates et rentables qui a conduit à exclure une source mineure.

Depuis l'examen à l'échelle nationale mené par une équipe d'experts de la CCNUCC en 2007, et pour donner suite à leurs recommandations, le secteur de l'énergie inclut maintenant les émissions de biodiesel dans la catégorie des transports. Dans le secteur de l'agriculture, les émissions de CH_4 et de N_2O provenant des résidus de cultures brûlés ont été estimées. Dans le secteur ATCATF, les émissions de CH_4 et de N_2O provenant du brûlage des prairies aménagées ont été incluses, et des améliorations significatives ont été apportées depuis 2006, mais l'exhaustivité totale n'est pas encore atteinte.

Dans le cadre du plan d'amélioration du RIN, on travaille constamment à identifier et à évaluer de nouvelles connaissances, à améliorer les données et à apporter des améliorations globales au système d'inventaire. On trouvera d'autres précisions sur l'exhaustivité de l'inventaire à l'annexe 5 et dans les chapitres traitant de chaque secteur.

Chapitre 2

Tendances des émissions de gaz à effet de serre

2.1. Sommaire des tendances

En 2012, les émissions canadiennes de GES (exception faite du secteur de l'affectation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie [ATCATF]) ont été de 699 mégatonnes (Mt), soit une augmentation d'environ 18 % par rapport aux niveaux de 1990. Depuis 2011, elles sont demeurées plutôt stables à 0,4 % ou 2 Mt.

Les industries des combustibles fossiles¹ sont responsables de 47 Mt de la croissance totale de 108 Mt des émissions depuis 1990, tandis que le sous-secteur des transports est, pour sa part, responsable de 49 Mt de cette croissance. L'augmentation significative des émissions est principalement le fait de fortes augmentations de la production de pétrole et de gaz et d'une augmentation importante du nombre de véhicules. Les activités agricoles et de la consommation d'halocarbures et d'hexafluorure de soufre (SF₆) comptent pour une partie non négligeable de cette tendance.

1 Les « industries des combustibles fossiles » regroupent les sous-secteurs du raffinage du pétrole, de la production de combustibles fossiles et de l'exploitation minière (aussi appelé secteur de l'exploitation minière et de l'extraction de pétrole et de gaz).

En 2012, les émissions de GES étaient d'environ 37 Mt inférieures à celles de 2005. Durant cette période, les émissions attribuables à la production d'électricité ont baissé d'environ 35 Mt, principalement à cause de la diminution de la production d'énergie thermique au charbon (qui a atteint son plus bas niveau depuis 1990), de l'adoption de ressources renouvelables de production d'énergie (hydroélectrique, solaire et éolienne) ou de sources à faibles émissions (énergie nucléaire), et de l'efficacité accrue de la production d'électricité par combustion.

Depuis 1990, le produit intérieur brut (PIB) du Canada a augmenté beaucoup plus (environ 67 %) que les émissions, et, par conséquent, l'intensité économique des émissions de GES (GES selon le PIB) a diminué d'environ 29 % (Tableau 2-1). Les changements survenus dans les tendances depuis le début des années 2000 peuvent être attribués à des améliorations de l'efficacité, à la modernisation de procédés industriels et à des changements structurels dans la composition de l'économie. Les émissions du secteur des procédés industriels ont, dans l'ensemble, diminué d'environ 4 Mt (6,6 %) de 2005 à 2012. Pris ensemble, les augmentations d'efficacité et les changements technologiques et structurels (c.-à-d. le passage d'une économie axée sur l'industrie à une économie axée davantage sur les services) ont continué d'atténuer le rapport entre la croissance du PIB et les émissions, de sorte que l'intensité économique des GES a diminué de façon constante. Il s'en est suivi un découplage de la croissance économique et des émissions.

2.2. Tendances des émissions par gaz

Le dioxyde de carbone (CO₂) est le gaz qui contribue le plus aux émissions de GES du Canada (Figure 2-1), et sa contribution relative a très peu changé entre 1990 et 2012 (de 78 % à 79 %). La majeure partie de ces émissions provenait de la combustion de combustibles fossiles. Le méthane (CH₄) représentait 13 % des émissions totales du Canada et provenait surtout des émis-

Tableau 2-1 Tendances des émissions et indicateurs économiques, pour certaines années

Année	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Total des GES (Mt)	591	721	736	731	689	699	701	699
Variation depuis 2005 (%)	S.O.	S.O.	S.O.	-0,6	-6,3	-5,0	-4,7	-5,1
Variation depuis 1990 (%)	S.O.	21,4	24,8	23,7	16,7	18,3	18,7	18,2
PIB - (milliards de \$ de 2007)	989	1 324	1 496	1 583	1 537	1 587	1 626	1 654
Variation depuis 2005 (%)	S.O.	S.O.	S.O.	5,8	2,7	6,1	8,7	10,6
Variation depuis 1990 (%)	S.O.	33,8	51,2	60,0	55,3	60,4	64,3	67,2
Intensité des GES (Mt/milliards de \$ de PIB)	0,60	0,54	0,49	0,46	0,45	0,44	0,43	0,42
Variation depuis 2005 (%)	S.O.	S.O.	S.O.	-6,1	-8,9	-10,5	-12,4	-14,1
Variation depuis 1990 (%)	S.O.	-8,9	-17,6	-22,7	-24,9	-26,3	-27,8	-29,3

PIB : Statistique Canada - Tableau 380-0106 - Produit intérieur brut aux prix constants de 2007, en termes de dépenses, annuel (dollars X 1 000 000). CANSIM (base de données).

Figure 2–1 Contribution relative des GES aux émissions totales du Canada, 1990 et 2012 (à l'exclusion du secteur ATCATF)

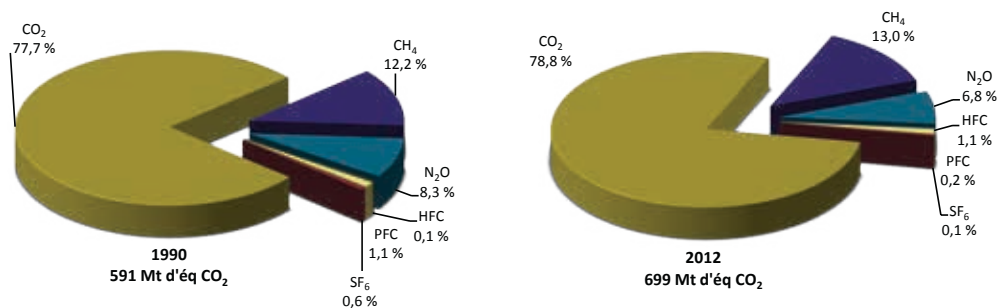


Tableau 2–2 Émissions de GES du secteur de l'énergie, selon les catégories du GIEC, certaines années

Puits/sources de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO ₂)							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Énergie	469	591	595	592	560	570	573	566
Combustion de combustibles (Méthode sectorielle) (1.A)	427	528	532	530	501	511	513	505
Industries énergétiques (1.A.1)	144	198	191	180	164	164	156	152
Industries manufacturières et construction (1.A.2) ¹	57,7	56,9	49,9	46,4	41,5	42,6	46,1	44,5
Exploitation minière (1.A.2.F.ii)	6,6	12,0	18,9	30,0	31,7	34,7	35,9	40,9
Transport (1.A.3)	147	180	194	196	188	198	198	195
Autres secteurs (1.A.4) ²	71,6	80,6	78,4	78,2	75,9	72,2	77,8	72,3
Émissions fugitives (1.B)	42,4	63,0	63,4	62,0	58,8	58,5	59,6	61,1
Combustibles solides (charbon) (1.B.1)	2,0	1,0	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
Pétrole et gaz naturel (1.B.2)	40,2	62,1	62,4	61,1	58,0	57,4	58,6	60,1

Note :

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

1. Le sous-secteur de l'exploitation minière a été enlevé du secteur des industries manufacturières et de la construction et est montré séparément parce que la majorité des émissions dans ce sous-secteur sont attribuables à l'extraction de pétrole et de gaz.
2. Le sous-secteur Autres secteurs englobe les émissions des catégories résidentielles et commerciales ainsi que les contributions attribuables à la combustion de combustibles de sources fixes provenant du secteur de l'agriculture et des forêts.

sions fugitives des systèmes de traitement du pétrole et du gaz naturel ainsi que des secteurs de l'agriculture et des déchets. Les émissions d'oxyde d'azote (N₂O) provenant d'activités telles que l'aménagement des terres cultivées et le transport comptaient pour 7 % des émissions, tandis que les émissions de perfluorocarbures (PFC), de SF₆ et d'hydrofluorocarbures (HFC) constituaient le reste des émissions (un peu plus de 1 %).

2.3. Tendances des émissions par catégorie du GIEC

Depuis 1990, on a enregistré une augmentation nette de 108 Mt des émissions totales au Canada, les deux plus importantes sources de contribution étant le secteur des transports, avec 49 Mt et les industries des combustibles fossiles² avec 47 Mt. Des hausses importantes de la production de pétrole et de gaz et

la forte augmentation du nombre de véhicules motorisés ont entraîné une hausse des émissions. Bien que les augmentations des émissions attribuables aux industries des combustibles fossiles et au secteur des transports comptent pour la plus grande part des tendances en matière d'émissions depuis 1990, il y a aussi eu des augmentations dans les catégories de l'agriculture (7 Mt), de la consommation d'halocarbures et de SF₆ (7 Mt), du secteur commercial et institutionnel (2 Mt) et des procédés industriels (0,8 Mt). Cependant, les émissions attribuables à la catégorie des industries manufacturières ont diminué de 12 Mt.

2.3.1. Secteur de l'énergie (émissions de GES en 2012 : 566 Mt)

Les activités dans le domaine de l'énergie sont de loin la source la plus importante d'émissions de GES au Canada, puisqu'on y retrouve les émissions de tous les GES attribuables à la production et à la combustion de combustibles dont le but primordial

² Les émissions des industries combustibles fossiles comprennent les émissions des sous-secteurs de la production de combustibles fossiles et raffinage du pétrole, et de l'exploitation minière et de l'extraction de gaz et de pétrole.

Tableau 2-3 Émissions de GES provenant de la production d'électricité et de chaleur dans le secteur public, certaines années

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO ₂)								Variation (%)
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	1990-2012
Production d'électricité et de chaleur ¹	93,6	130,1	122,9	114,5	99,1	101,1	93,7	88,3	-5,7%

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

1. La production de chaleur représente une petite partie des émissions totales attribuables à la production d'électricité et de chaleur (moins de 1 % chaque année). À titre d'exemple, les émissions attribuables à la production de chaleur ont été estimées à 0,2 Mt éq. CO₂ en 1990 et à 0,6 Mt éq. CO₂ en 2012.

est de fournir de l'énergie. Les sources d'émissions de ce secteur sont classées au Tableau 2-2 selon les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997); cette répartition correspond aux catégories du Cadre uniformisé de production de rapports (CUPR) de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) – rejets de gaz de combustion (sources stationnaires ou mobiles) et émissions fugitives. Plus précisément, les émissions fugitives se définissent comme des rejets délibérés ou accidentels de GES résultant de la production, de la transformation, du transport, de l'entreposage et de la livraison de combustibles fossiles.

Dans l'ensemble, la combustion de combustibles et les émissions fugitives ont produit 81 % du total des émissions canadiennes de GES en 2012 (566 Mt). Selon cette répartition, la combustion de combustibles dans les industries énergétiques et l'exploitation minière ont représenté 152 et 40,9 Mt respectivement en 2012, et les émissions fugitives, 61 Mt. Entre 1990 et 2012, les émissions attribuables à la combustion de combustibles ont augmenté de 78 Mt (ce qui comprend 49 Mt du secteur des transports), alors que les émissions fugitives ont progressé d'environ 19 Mt (Tableau 2-2). En termes de croissance relative, les émissions attribuables à la combustion de combustibles dans le sous-secteur de l'exploitation minière ont augmenté plus rapidement que dans tout autre sous secteur - du secteur de l'énergie; en effet, entre 1990 et 2012, elles ont progressé d'environ 520 %, principalement en raison de l'intensification des activités liées à l'exploitation des sables bitumineux du Canada.

2.3.1.1. Émissions dues à la combustion de combustibles (émissions de GES en 2012 : 505 Mt)

Les émissions de GES attribuables à la combustion de combustibles sont passées de 427 Mt en 1990 à 505 Mt en 2012, soit une hausse de 18 %. Les émissions attribuables à la combustion de combustibles sont réparties dans les sous-secteurs suivants du GIEC : industries énergétiques, secteur manufacturier et construction, transports et autres secteurs.

Industries énergétiques (émissions de GES en 2012 : 1521 Mt)

Le sous-secteur des industries énergétiques constitue la deuxième part la plus importante des émissions du Canada attribuables à la combustion de combustibles (30 %), après les transports. Les émissions comprises dans ce sous-secteur proviennent de sources fixes qui produisent, transforment et raffinent de l'énergie. Parmi les sources figurent la production d'électricité et de chaleur dans le secteur public, le raffinage du pétrole et la fabrication de combustibles solides, et d'autres industries énergétiques. En 2012, les émissions attribuables à la combustion du sous-secteur des industries énergétiques se sont élevées à 152 Mt, soit une hausse de 5 % par rapport aux 144 Mt émises en 1990.

Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public³ (émissions de GES en 2011 : 88,3 M)

Cette catégorie a produit 13 % (88,3 Mt) des émissions de GES du Canada en 2012 (Tableau 2-3) et a contribué dans une proportion de 5,7 % à la baisse des émissions entre 1990 et 2012.

Les émissions provenant de la production d'électricité sont uniques puisque l'électricité est produite pour répondre à une demande instantanée; de plus, selon les caractéristiques de la demande, la source d'approvisionnement peut varier d'une source n'émettant pas de GES à une source émettant un niveau élevé de GES. Même si les émissions ont diminué (5,4 Mt) entre 1990 et 2012, la production d'électricité et de chaleur a connu une hausse importante de 30 % (Statistique Canada 1990-2004b, 2005-2012a, 2005-2012b). La combinaison de sources générant moins de GES pour produire de l'électricité dans la seconde partie de cette période a contrebalancé les augmentations de la demande (voir l'encadré sur la production d'électricité par combustion et les émissions de GES). Cependant, entre 2005 et 2012, la production a augmenté de 1 %, alors que les émissions ont diminué de 34,7 Mt.

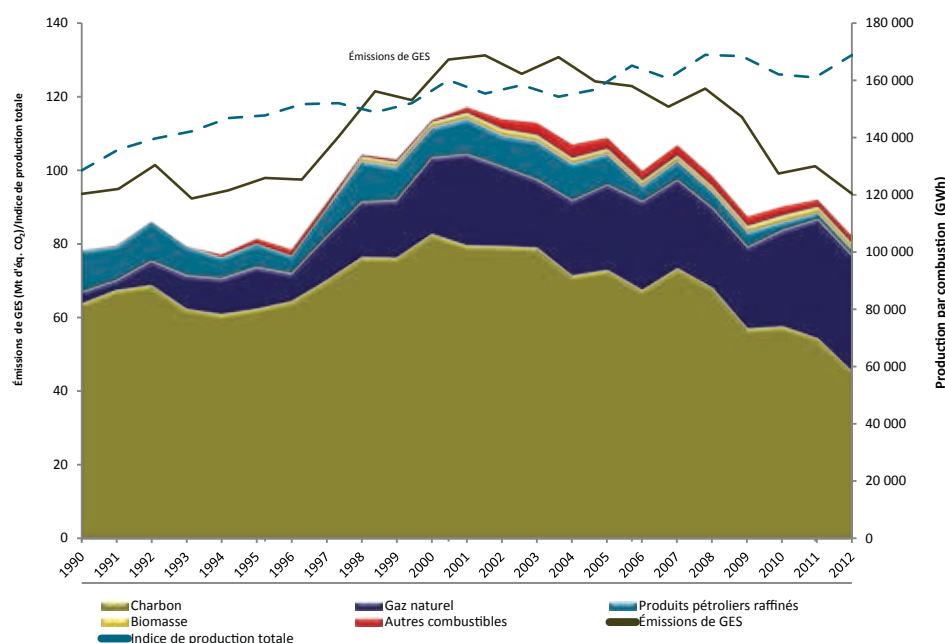
3 La catégorie de la production d'électricité et de chaleur dans le secteur public selon la définition du GIEC (voir la section 3.2.1 pour une description détaillée des sources) comprend les émissions des services publics, certains d'entre eux étant fournis par des installations industrielles. Il est important de noter que certaines de ces installations industrielles se sont elles-mêmes identifiées, dans les sondages de Statistique Canada, en tant que services publics, parce que leur excédent de production est acheminé dans le réseau. Cela ne concorde pas avec les définitions des secteurs économiques fournies à la section 2.4. De plus, il faut noter qu'au Canada, certaines installations fournissant des services publics appartiennent aux provinces et d'autres, à des entreprises privées.

Production d'électricité par combustion et émissions de GES

Les émissions de GES attribuables à la production d'électricité fluctuent sous l'impulsion de la demande et de la quantité et des caractéristiques de la production par combustion.

De 1994 à 2000, les émissions ont fait un bond de 38 %, même si la production d'électricité n'a augmenté que d'environ 9 %. Toutefois, l'utilisation du charbon, du pétrole et du gaz naturel pour la production a rapidement augmenté durant cette période. Les émissions ont atteint un sommet en 2001, puis elles ont connu une baisse de 33 % au cours des onze années suivantes. Pendant cette période, l'utilisation de charbon et de pétrole pour la production d'énergie a chuté rapidement, alors que l'utilisation du gaz naturel augmentait. La transition vers des combustibles moins carbonés, comme le gaz naturel, a entraîné la diminution des émissions, ce qui illustre l'impact du changement de combustible sur les émissions de GES. De 1990 à 2012, le mélange de types de production d'électricité a changé considérablement au profit de sources autres que les sources de combustion (comme l'hydroélectricité et les filières nucléaires et d'autres énergies renouvelables) de sorte que les émissions de GES ont diminué.

Figure 2-2 Électricité produite dans le secteur public par source et émissions de GES, 1990–2012



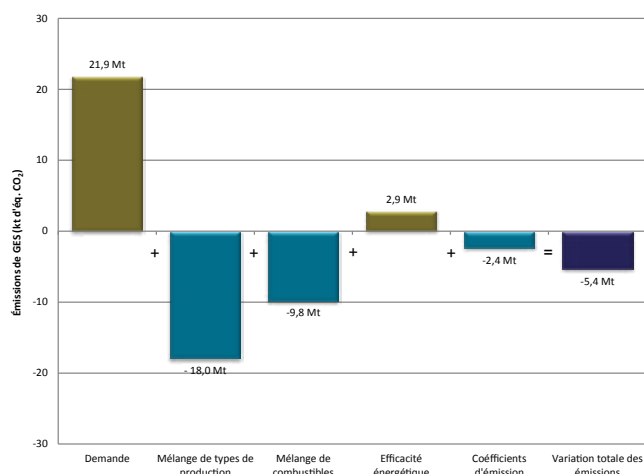
Notes :

1. Les données sur la production d'électricité se rapportent à la production d'électricité dans le secteur public, ce qui représente environ 92 % de l'approvisionnement total.
2. Les émissions du secteur de la production d'électricité n'incluent pas les émissions associées au transport et à la distribution de SF₆.
3. L'indice de production totale assure un suivi de la production d'électricité dans le secteur public (c.-à-d. à partir de sources d'énergie émettant et n'émettant pas de GES).

Les principaux facteurs influant sur les émissions dues à l'électricité sont la demande, le mélange de types de production (sources de combustion et sources autres), le changement de combustible, l'efficacité énergétique et les coefficients d'émission. À long terme, l'effet d'une demande accrue (production totale) a été largement contrebalancé par les changements dans le mélange de combustibles et le mélange de types de

production (Figure 2-3). La demande est demeurée plus stable ces dernières années et les changements continus dans le mélange de combustibles et le mélange de types de production expliquent en grande partie les réductions des émissions comme le montre la Figure 2-4.

Figure 2-3 Influence des facteurs contributifs sur les émissions dues à la production d'électricité, 1990-2012 (Mt éq. CO₂)



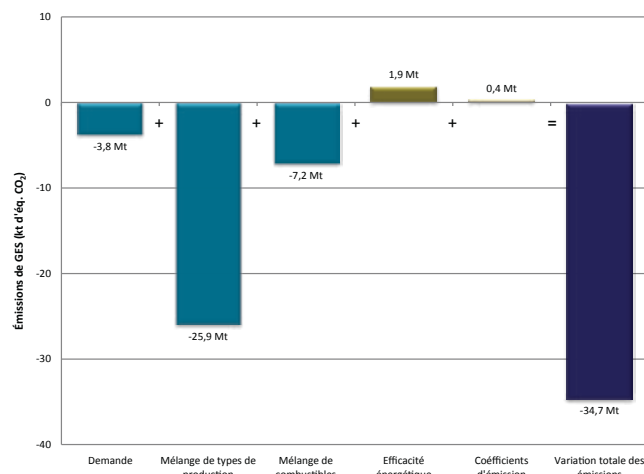
Note : Les émissions présentées dans les figures comprennent celles provenant de la production d'électricité, mais elles excluent les émissions du SF₆ provenant du transport et de la distribution de l'électricité.

Demande – La demande renvoie au niveau d'activité de production d'électricité dans le secteur public et comprend la production à partir de sources de combustion et d'autres sources. La quantité d'électricité produite en 2012 était de 32 % supérieure à celle produite en 1990, attribuable en partie à une forte augmentation (219 %) des exportations d'électricité vers les États Unis (Statistique Canada, 1990-2004b, 2005-2012a, 2005-2012b).

Mélange de types de production – Le mélange de types de production désigne à la fois les sources de combustion et les sources autres que les sources de combustion (n'entraînant pas de GES) utilisées pour répondre à la demande. Les sources de combustion et les sources autres que les sources de combustion représentent respectivement 4 % et 96 % de l'augmentation de production entre 1990 et 2012; le mélange de types de production a ainsi été amélioré et transformé en un mélange qui émet nettement moins de GES. L'utilisation accrue des sources n'entraînant pas de GES dans le mélange de types de production en 2012 a contribué le plus à la baisse des émissions depuis 1990 (18,0 Mt), et 2005 (-25,9 Mt) (Statistique Canada, 1990-2004b, 2005-2012a, 2005-2012b).

Mélange de combustibles (production d'électricité par combustion) – Entre 1990 et 2012, la quantité d'électricité produite par des centrales au gaz naturel a augmenté de plus de 36 térawatts heures (TWh), tandis que la quantité d'électricité produite à partir du charbon et des produits pétroliers raffinés (PPR) a diminué d'environ 24 TWh et 12 TWh, respectivement. La production d'électricité par les centrales au charbon a atteint un sommet en 2000, puis a constamment diminué; en 2012, cette production a diminué de 17 % (11,8 TWh) par rapport au

Figure 2-4 Influence des facteurs contributifs sur les émissions dues à la production d'électricité, 2005-2012 (Mt éq. CO₂)



niveau de 2000 (Statistique Canada, 1990-2004b, 2005-2012a, 2005-2012b). Le gaz naturel contient environ la moitié moins de carbone que le charbon et environ 25 % moins de carbone que la plupart des produits pétroliers raffinés, de sorte que le remplacement d'autres combustibles par le gaz naturel a diminué les émissions de GES de combustion découlant de la production d'électricité. L'impact global du changement de combustibles a été une baisse de 7,2 Mt de 1990 à 2012 et une baisse de 9,8 Mt de 2005 à 2012 (ce qui veut dire que la plus grande incidence -a été observée depuis 2005).

Efficacité énergétique et coefficients d'émission – L'efficacité énergétique concerne l'efficacité de l'équipement utilisé dans la production d'électricité par combustion. Les variations de la teneur en énergie dérivée de combustibles observées au fil du temps se reflètent dans les coefficients d'émission. Le changement entre 1990 et 2012 est fortement lié aux variations des coefficients d'émission du gaz naturel selon la province, aux variations des coefficients d'émission et de la teneur en énergie des types de charbon et aux variations du coefficient d'émission du coke du pétrole.

Pour obtenir plus de renseignements sur la production d'électricité et les tendances, consultez l'annexe 13 – Tableaux sur l'intensité des émissions du secteur de l'électricité.

Industries des combustibles fossiles (émissions de GES en 2012 : 104 Mt)

Au sein des industries des combustibles fossiles⁴, le sous-secteur du raffinage du pétrole inclut surtout les émissions dues à la combustion de combustibles fossiles pendant la production de produits pétroliers raffinés (PPR), alors que les sous-secteurs de la production de combustibles fossiles et de l'exploitation minière comprennent les émissions de gaz de combustion dues à l'industrie amont du pétrole et du gaz (PGA). Le sous-secteur des mines comprend aussi les émissions attribuables à l'extraction de pétrole (y compris le bitume brut des sables bitumineux), de gaz et de charbon ainsi que les émissions dues à l'exploitation minière à des fins non énergétiques (minerai de fer, or, diamants, potasse et agrégats). Comme on le voit au Tableau 2–4, entre 1990 et 2012, les émissions attribuables aux sous-secteurs du raffinage du pétrole, de la production de combustibles fossiles et de l'exploitation minière ont augmenté d'environ 47 Mt, ou 82 %. Cette hausse est attribuable à l'augmentation de la production de pétrole et de gaz naturel, en particulier le pétrole brut bitumineux et le pétrole brut lourd, essentiellement destinés à l'exportation.

Croissance de la production

De 1990 à 2012, la production totale de pétrole brut et de gaz naturel a augmenté de 103 % et de 44 %, respectivement (Figure 2–5). En revanche, la production de bitume et de pétrole brut synthétique à partir des sables bitumineux du Canada a connu une croissance de presque 450 %, principalement depuis 1996 (AER, 2013).

L'augmentation de 40 % de la production de pétrole brut entre 2002 et 2012 est entièrement due aux activités d'exploitation

des sables bitumineux, qui ont montré une croissance de 140 %, alors que la production de pétrole classique a diminué d'environ 10 %. Parallèlement aux augmentations de la production, les émissions dues à la production globale de pétrole brut ont augmenté d'environ 47 % (29 Mt d'éq. CO₂), les émissions provenant des sables bitumineux augmentant de 32 Mt (114 %), et celles du pétrole classique diminuant de 3 Mt (10 %). L'accroissement de l'intensité des émissions dues à la production globale de pétrole découle du fait que les gains d'efficacité dans les sables bitumineux sont neutralisés par la croissance de la quantité de bitume et de pétrole brut synthétique en proportion de la production, et l'intensité accrue des émissions dues à la production classique de pétrole, particulièrement la production de pétrole lourd classique, où les émissions d'évacuation contribuent le plus à la forte intensité (Figure 2–6).

La production de gaz naturel a connu une croissance rapide depuis 1990 pour atteindre un pic en 2002 (Statistique Canada, 2014c). De 2002 à 2010, la production globale a diminué constamment⁵ et, au cours des dernières années, elle s'est stabilisée. Cependant, la production de gaz naturel non classique, incluant le gaz de formation imperméable, le méthane de houille et le gaz de schiste, représente la plus grande part de la production totale. En 2012, le gaz naturel non classique représentait environ 50 % de la production totale de gaz, comparativement à 20 % en 2002 (ONE, 2013).

Même si la production de gaz a quelque peu diminué depuis le sommet atteint en 2002, la production et le traitement du gaz naturel en 2012 ont contribué à 32 % des émissions totales dues au secteur pétrolier et gazier. Depuis 1990, les émissions dues à la production et au traitement du gaz naturel ont augmenté de 44 %. Dans l'ensemble, l'intensité globale de ces émissions en 2012 est la même qu'en 1990. Les quantités réduites de gaz naturel utilisées par les installations mêmes qui le produisent (c.

4 Pour les besoins de la présente analyse, les industries des la catégorie des industries des combustibles fossiles inclut à la fois les sous-secteurs du raffinage du pétrole et de la production de combustibles fossiles (aussi appelée fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques) et la catégorie de l'exploitation minière (aussi appelée exploitation minière et extraction du pétrole et du gaz).

5 Entre 2002 et 2010, la production de gaz naturel a diminué de 16 % (Statistique Canada, 2014a).

Tableau 2–4 Émissions de GES provenant du raffinage du pétrole, de la production de combustibles fossiles et de l'exploitation minière, certaines années

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO ₂)							Variation (%)
	1990	2000	2005	2009	2010	2011	2012	1990–2012
Énergie – Combustion de combustibles – Industries énergétiques (catégorie 1.A.1 du CUPR)								
Raffinage du pétrole	16,8	16,9	20,2	18,9	17,8	17,3	16,8	0%
Production de combustibles fossiles	34,1	51,0	47,9	45,8	44,8	45,1	46,7	37%
Énergie – Combustion de combustibles – Industries manufacturières et construction								
Exploitation minière (catégorie 1.A.2.f.ii du CUPR)	6,6	12,0	18,9	31,7	34,7	35,9	40,9	521%
Total	57	80	87	96	97	98	104	82%

Notes : Émissions de sources de combustion fixes, excluant les émissions fugitives. Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

Production de pétrole, de gaz et de charbon, exploitation minière à des fins non énergétiques et émissions de GES

Une répartition détaillée des émissions des sous-secteurs de la production de combustibles fossiles et de l'exploitation minière, incluant les émissions de sources fugitives, du sous-secteur des véhicules hors route et issues des unités de cogénération, révèle la contribution de la production et du traitement de gaz naturel, de la production de pétrole classique, des sables bitumineux, de la production de charbon et de l'exploitation minière à des fins non énergétiques aux émissions de GES du secteur d'amont de l'industrie pétrolière et gazière (Tableau 2-5). Les données montrent que la production de charbon et les industries d'exploitation minière à des fins non énergétiques représentent, comparativement, une petite portion de l'ensemble des émissions des catégories production de combustibles fossiles et exploitation minière.

Tableau 2-5 Émissions de GES pour les secteurs du pétrole et du gaz, de la production de charbon et de l'exploitation minière à des fins non énergétiques, certaines années

Catégorie de sources de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO ₂)							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Pétrole et gaz – secteur amont	82	131	135	139	138	140	143	150
Production et traitement du gaz naturel	33	55	54	54	50	49	48	48
Production de pétrole classique	22	34	32	30	28	29	29	30
Production de pétrole léger classique et de pétrole des régions pionnières	32	13	11	11	11	11	12	12
Production de pétrole lourd classique	11	21	21	18	17	18	18	18
Sables bitumineux (exploitation minière, valorisation et extraction sur place)	15	25	34	42	47	52	55	61
Exploitation minière et extraction	4	5	9	11	13	14	14	15
Extraction sur place	5	8	11	17	18	21	23	26
Valorisation	7	11	13	15	16	17	18	20
Transport du pétrole et du gaz	11	17	16	13	12	11	11	11
Pétrole et gaz – secteur aval	19	20	24	23	23	23	22	22
Raffinage du pétrole	18	19	22	21	21	21	20	20
Distribution du gaz naturel	1	2	2	2	2	2	2	2
Total pour le secteur du pétrole et du gaz	101	151	159	162	161	163	164	173
Production de charbon	4	3	2	3	3	4	4	4
Exploitation minière à des fins non énergétiques	6	6	6	8	7	7	7	8

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

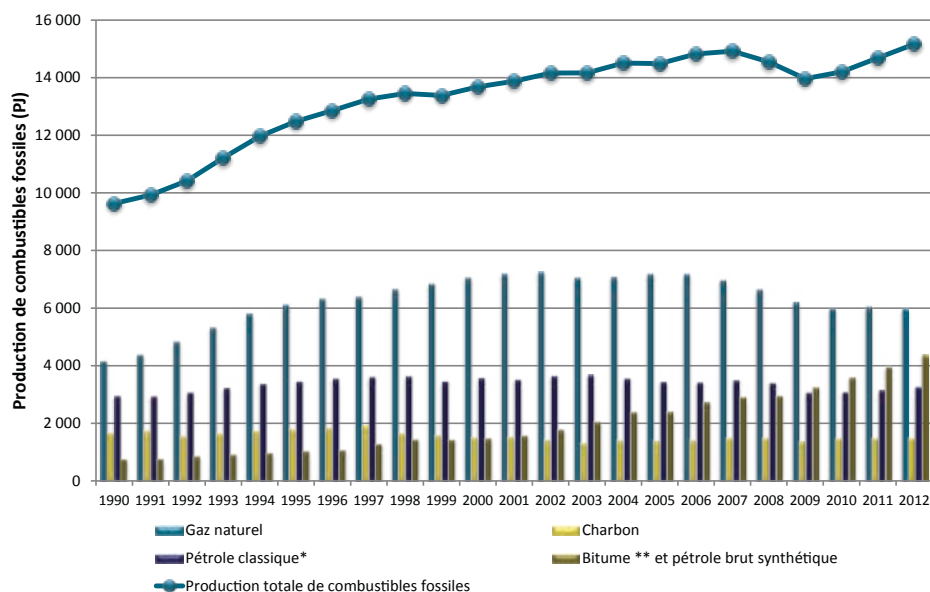
En 2012, environ 87 % des émissions totales du secteur du pétrole et du gaz peuvent être attribuées au secteur d'amont de l'industrie des combustibles fossiles, alors que la portion d'aval représente le 13 % restant des émissions totales (Tableau 2-5). La majeure partie des émissions totales du secteur du pétrole et du gaz était associée aux sables bitumineux (exploitation minière, valorisation et extraction sur place) (35 %), à la production et au traitement du gaz naturel (28 %), à la production de pétrole classique (17 %) et au raffinage du pétrole (11 %), le transport du pétrole et du gaz et la distribution du pétrole naturel représentant le 9 % restant. Les principaux facteurs responsables des émissions dans le secteur du pétrole et du gaz sont la croissance et les caractéristiques de la production (intensité des émissions).

à d. le gaz naturel brut consommé par les installations qui l'ont produit) ont été partiellement neutralisées par l'augmentation des émissions fugitives, en grande partie en raison des activités de fracturation à plusieurs étapes.

Caractéristiques de la production (intensité des émissions)

Parmi les autres facteurs qui alimentent la tendance des émissions, on retrouve notamment une réduction des réserves facilement exploitables de pétrole brut classique, qui sont peu à peu

Figure 2-5 Production canadienne des combustibles fossiles, 1990–2012

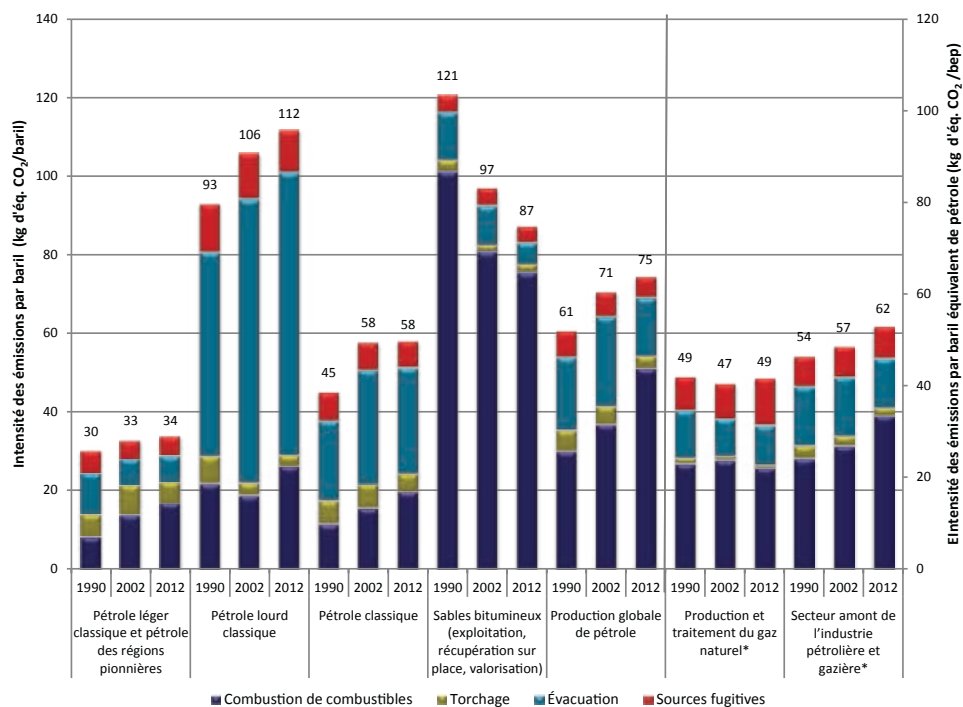


Notes:

* Le pétrole classique comprend la production de pétrole léger, moyen et lourd ainsi que les pentanes plus (ou condensats).

** Bitume provenant de l'exploitation des sables bitumineux.

Figure 2-6 Intensité des émissions selon le type de source, pour l'industrie pétrolière et gazière (1990, 2002 et 2012)



Notes :

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

*Les intensités des émissions issues de la production et du traitement du gaz naturel et du secteur amont de l'industrie pétrolière et gazière ont été calculées en termes de baril équivalent de pétrole (bep).

Ce dernier a été calculé en convertissant les volumes de production de gaz naturel et de pétrole brut en unités énergétiques, puis en divisant par la teneur énergétique du pétrole brut léger (38,5 TJ/10³ m³).1 baril = 0,159 m³

remplacées par des sources nécessitant plus d'énergie et émettant plus de GES, entre autres, le pétrole brut synthétique (c.-à-d. les sables bitumineux) et le pétrole classique plus lourd ou plus difficile à extraire comme le pétrole provenant de sources en mer et d'installations de récupération assistée du pétrole. L'utilisation accrue de puits horizontaux et de techniques de fracturation à plusieurs étapes a aussi contribué à augmenter les émissions et la quantité d'énergie nécessaire pour les activités de forage et d'achèvement des puits.

L'intensité des émissions attribuables à la production globale de pétrole (définie comme étant la quantité moyenne d'émissions de GES générées par un baril équivalent de pétrole) au Canada a augmenté d'environ 23 % entre 1990 et 2012 (Figure 2-6). Si le gaz naturel est inclus, l'intensité des émissions pour le secteur amont de l'industrie pétrolière et gazière (en excluant le transport) a augmenté de 14 % au cours de la même période.

L'intensité des émissions attribuables à l'exploitation des sables bitumineux a diminué constamment de 1990 à environ 2004, et est demeurée plutôt stable depuis. Le déclin initial de l'intensité des émissions était attribuable aux innovations technologiques et au renouvellement de l'équipement, à la fiabilité accrue de l'ensemble des activités d'exploitation et à l'augmentation des exportations de bitume brut. Le facteur le plus important ayant contribué à la diminution globale de l'intensité des émissions attribuables à l'exploitation des sables bitumineux est la baisse des taux d'émissions associées à la combustion de combustibles.

Industries manufacturières et construction⁶ (émissions de GES en 2012 : 44,5 Mt)

Les émissions de combustion du sous-secteur des industries manufacturières et de la construction englobent la combustion de combustibles fossiles par les secteurs de la sidérurgie, des métaux non ferreux, des produits chimiques, du ciment, des pâtes, des papiers et de l'imprimerie, de la construction, et de toutes les autres industries manufacturières. En 2012, les émissions de GES ont atteint 44,5 Mt (Tableau 2-6). Dans l'ensemble, ce sous-secteur a été responsable de 6,4 % des émissions totales de GES du Canada en 2012, soit une baisse de 13 Mt depuis 1990.

Entre 1990 et 2012, il y a eu des augmentations et des diminutions d'émissions générées par les diverses catégories du sous-secteur des industries manufacturières et de la construction (Tableau 2-6). Les émissions attribuables aux catégories des produits chimiques, de la sidérurgie et du ciment ont augmenté de 1,9 Mt, de 0,5 Mt et de 0,4 Mt, respectivement. Les autres catégories ont toutes enregistré des baisses à long terme, allant de 59 % pour le secteur des pâtes, des papiers et de l'imprimerie

à moins de 0,1 % pour le secteur des métaux non ferreux, qui sont probablement dues à une réduction de la production (dont la majeure partie s'est produite pendant la période 2008-2009), au remplacement de certains combustibles et aux changements survenus dans les procédés de fabrication.

Entre 2005 et 2012, des diminutions marquées ont été enregistrées dans les catégories des pâtes, des papiers et de l'imprimerie (32 %), du ciment (26 %) et des métaux non ferreux (9 %) (Tableau 2-6). Elles reflètent les réductions de la production manufacturière.

Transports (émissions de GES en 2012 : 195 Mt)

Le sous-secteur des transports est vaste et diversifié, et ses émissions, qui s'élevaient à 195 Mt, ont représenté 28 % des émissions de GES du Canada en 2012. Sont incluses dans ce sous-secteur les émissions attribuables à la combustion de combustibles servant au transport de passagers et de marchandises dans cinq sous-catégories distinctes : le transport routier, l'aviation civile (intérieure), le transport maritime (intérieur), le transport ferroviaire, et les autres modes de transport (véhicules hors route et pipelines).

Entre 1990 et 2012, les émissions de GES du sous-secteur des transports, qui proviennent surtout de l'énergie utilisée dans les transports individuels et l'industrie du camionnage lourd ont augmenté de 33 % (ou 49 Mt), ce qui représente près de la moitié de la hausse des émissions au Canada entre 1990 et 2012.

Les émissions des camions légers à essence, sous-catégorie qui englobe les VUS, les camionnettes et les fourgonnettes, ont augmenté de 104 % entre 1990 et 2012 (de 20,3 Mt en 1990 à 41,4 Mt en 2012), alors que les émissions des voitures particulières (véhicules légers à essence) ont reculé de 16 % (passant de 45,5 Mt en 1990 à 38,3 Mt en 2012) (Tableau 2-7).

Comme le montre le Tableau 2-8, l'augmentation des émissions du transport routier est due, non seulement à la hausse de 52 % du parc total de véhicules depuis 1990 (14 % depuis 2005), mais également à une désaffectation à l'égard des achats de voitures de tourisme (véhicules légers à essence) au profit des camions (camions légers à essence) qui, en moyenne, émettent 45 % de GES de plus par kilomètre.

Entre 1990 et 2012, les augmentations respectives de 21 Mt et de 22 Mt des camions légers à essence et des véhicules lourds au diesel reflètent l'utilisation accrue des VUS, des fourgonnettes et des camionnettes pour le transport de passagers et des camions lourds pour le transport de marchandises (Tableau 2-8).

En 2012, les émissions des véhicules lourds au diesel ont contribué pour 42 Mt aux émissions totales de GES (soit environ 108 % de plus qu'en 1990 et 11 % de plus qu'en 2005). Celles des véhicules lourds à essence sont demeurées relativement inchangées depuis 2004, avec 7 Mt, soit une baisse de 7 % par

⁶ Le sous-secteur de l'exploitation minière a été enlevé du secteur des industries manufacturières et de la construction et inclus dans le secteur des industries des combustibles fossiles aux fins de la présente analyse, étant donné que la plus grande partie des émissions de ce sous-secteur sont attribuables à l'extraction de pétrole et de gaz.

Tableau 2-6 Émissions de GES des industries manufacturières et de la construction, certaines années

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO ₂)								Changement (%)
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	1990–2012
Sidérurgie	4,95	6,21	5,55	5,76	4,28	4,44	5,27	5,48	11%
Métaux non ferreux	3,26	3,53	3,57	3,75	2,81	2,95	3,27	3,25	0%
Produits chimiques	8,22	10,76	8,28	8,75	8,83	9,86	11,06	10,09	23%
Ciment	3,92	4,58	5,38	4,91	4,48	4,03	4,28	3,96	1%
Construction	1,87	1,08	1,44	1,37	1,21	1,50	1,43	1,45	-22%
Pâtes, papier et imprimerie	14,5	12,6	8,7	6,4	6,5	6,1	6,3	5,9	-59%
Autres industries manufacturières	21,0	18,1	16,9	15,5	13,4	13,7	14,4	14,4	-32%
Total	57,7	56,9	49,9	46,4	41,5	42,6	46,1	44,5	-23%

Note :

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

Tableau 2-7 Émissions de GES du secteur des transports, certaines années

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO ₂)							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Transports (Total)	147	180	194	196	188	198	198	195
Aviation civile (intérieure)	7,1	7,6	7,6	7,3	6,4	6,4	6,2	6,1
Véhicules légers à essence	45,5	42,0	40,2	39,5	39,7	40,0	38,5	38,3
Camions légers à essence	20,3	36,4	42,7	42,3	42,5	42,9	41,2	41,4
Véhicules lourds à essence	7,44	5,47	6,54	6,80	6,91	7,02	6,71	6,91
Motocyclettes	0,152	0,162	0,254	0,263	0,266	0,271	0,264	0,268
Véhicules légers au diesel	0,469	0,466	0,574	0,652	0,699	0,750	0,788	0,824
Camions légers au diesel	0,702	1,660	1,920	2,020	2,030	2,090	2,050	2,130
Véhicules lourds au diesel	20,0	30,8	37,6	39,2	39,0	40,2	42,0	41,7
Véhicules au propane et au gaz naturel	2,20	1,10	0,72	0,88	0,78	0,78	0,82	0,88
Transport ferroviaire	7	7	7	8	5	7	8	8
Transport maritime (intérieur)	5,0	5,2	6,7	6,5	6,7	7,0	5,8	5,8
Véhicules hors route à essence	7,8	8,7	8,3	7,3	7,3	7,9	8,1	7,6
Véhicules hors route à moteur diesel	16	23	24	28	25	30	32	30
Pipelines	6,85	11,20	10,10	7,46	6,31	5,67	5,60	5,70

Note : Se reporter à l'annexe 12 pour avoir les détails de toutes les années.

Tableau 2-8 Tendances du parc de véhicules au Canada, de 1990 à 2012

Année	Nombre de véhicules (milliers)							Total
	VElégers	CElégers	VElourds	Motos	VDlégers	CDlégers	VDlourds	
1990	10 646	3 308	518	261	109	112	402	15 356
2000	10 863	6 065	376	288	123	224	649	18 587
2005	10 961	7 386	435	437	159	277	856	20 510
2008	11 663	7 879	465	465	170	298	918	21 858
2009	11 897	8 043	476	475	173	305	939	22 308
2010	12 130	8 208	486	484	177	312	960	22 757
2011	12 267	8 304	491	490	179	318	975	23 025
2012	12 405	8 401	497	495	182	323	990	23 293
Changement depuis 1990	17%	154%	-4%	89%	67%	190%	146%	52%

Notes :

VDlourds = Véhicules lourds à moteur diesel; VElourds = Véhicules lourds à essence; CDlégers = Camions légers à moteur diesel; VDLégers = Véhicules légers à moteur diesel; CElégers = Camions légers à essence; VElégers = Véhicules légers à essence.

rapport à 1990. Même s'il n'est pas facile d'obtenir des données exactes et exhaustives pour le mode de transport des marchandises, la tendance des données provenant des grandes entreprises canadiennes de camionnage pour compte d'autrui montre de manière concluante que le transport des marchandises par camion a nettement augmenté et que cette activité est la fonction primordiale des véhicules lourds à essence et au diesel (Statistique Canada, 2013a).

Les émissions dues à la combustion de carburant hors route ⁷ (essence et diesel combinés) ont augmenté de 58 % entre 1990 et 2012.

Les émissions du secteur des pipelines sont des rejets de gaz de combustion attribuables essentiellement au transport de gaz naturel. Depuis 2005, les émissions ont constamment diminué puis commencé à se stabiliser ces dernières années, principalement à cause d'une réduction de 36 % des volumes de production de gaz naturel (Statistique Canada, 2014b).

Secteur résidentiel et commercial (69 Mt)

Les émissions de ces catégories résultent essentiellement de la combustion de combustibles pour chauffer les édifices résidentiels et commerciaux, à l'exclusion de l'électricité. La combustion de combustibles dans la catégorie résidentielle et commerciale⁸

7 Les émissions hors route incluent celles de la combustion de carburant diesel et d'essence dans des activités très différentes. Il s'agit par exemple de l'utilisation d'équipement mobile lourd dans les secteurs de la construction, de l'exploitation minière et de l'exploitation forestière, de véhicules récréatifs comme les motoneiges et les véhicules tous terrains (VTT), et de l'équipement résidentiel comme les tondeuses à gazon et taille-haies.

8 Les émissions du secteur commercial sont basées sur l'utilisation de combustible déclarée dans le Bulletin de la disponibilité et écoulement de l'énergie au Canada (BDEEC; Statistique Canada n° 57-0003) pour les catégories des institutions commerciales et autres institutions et de l'administration publique. Cette dernière est une catégorie fourre tout qui inclut les combustibles utilisés par les industries de services concernant l'exploitation minière, le commerce en gros et en détail, les services financiers et commerciaux, l'éducation, la santé et les services sociaux, et d'autres industries dont on ne tient pas explicitement compte ailleurs.

a représenté respectivement 5,9 % (41 Mt) et 4,0 % (28 Mt) de l'ensemble des émissions de GES en 2012.

Comme l'indique la figure 2.7, de 2010 à 2012, les émissions résidentielles fluctuent d'une année à l'autre ⁹, mais, dans l'ensemble, elles ont diminué de 2,6 Mt. À court terme, les émissions résidentielles ont aussi diminué de 3,4 Mt entre 2011 et 2012. Les émissions du secteur commercial ont augmenté de 2,1 Mt entre 1990 et 2012. Ensemble durant la période, les émissions de ces deux catégories sont demeurées relativement stables, la variation étant de 0,4 Mt, soit 0,6 %.

Les fluctuations des émissions de GES, en particulier celles provenant de la catégorie Résidentiel, reflètent grandement les changements des degrés jours de chauffage (DJCh)¹⁰ (tel qu'indiqué à la Figure 2-7). Ce rapport étroit indique l'importante influence que peuvent avoir les conditions météorologiques sur les besoins en matière de chauffage et la demande en combustibles et, par conséquent, sur les émissions de GES.

Plusieurs facteurs importants ont eu une incidence sur la variation des émissions de GES associées à l'énergie dans la catégorie Résidentiel (Figure 2-8). Les deux principaux facteurs sont la population (Statistique Canada, 2013b) et la surface utile par habitant, dont les augmentations de 26 % et de 30 %, respectivement, entre 1990 et 2012, ont entraîné une hausse des émissions de 9,5 Mt et de 9,9 Mt, respectivement¹¹ (la somme de ces deux facteurs représente l'effet total de la superficie d'espace utile).

9 Les conditions météorologiques en tant que telles n'influencent pas la tendance générale.

10 Les DJCh sont calculés en déterminant le nombre de jours, sur l'ensemble du Canada, où la température est inférieure à 18,0 °C en une année et en multipliant cette valeur par le nombre correspondant de degrés inférieurs au seuil de 18 °C. La valeur canadienne globale est fondée sur des pondérations régionales en fonction de la population.

11 Voir la tendance sur la superficie d'espace utile au Canada à la figure 2-9.

Figure 2-7 Émissions de GES et degrés jours de chauffage (DJCh) des secteurs résidentiel et commercial, de 1990 à 2012

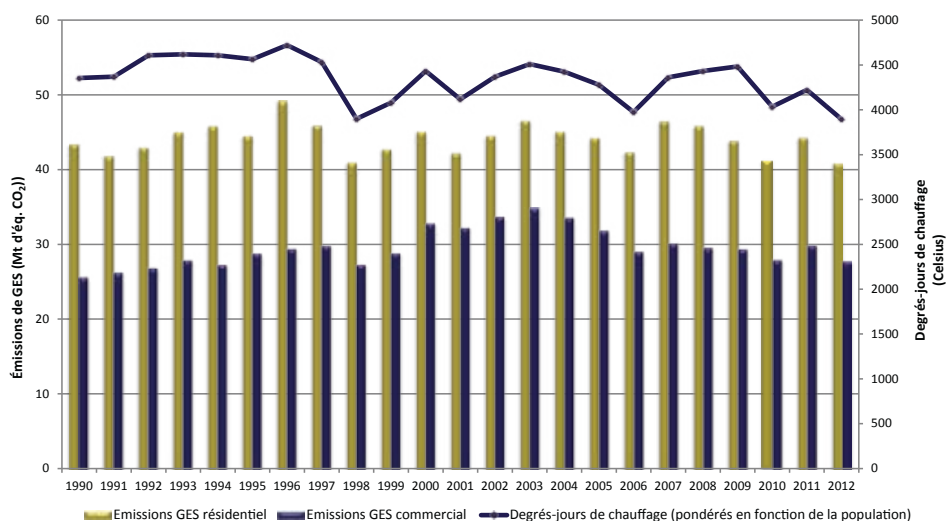
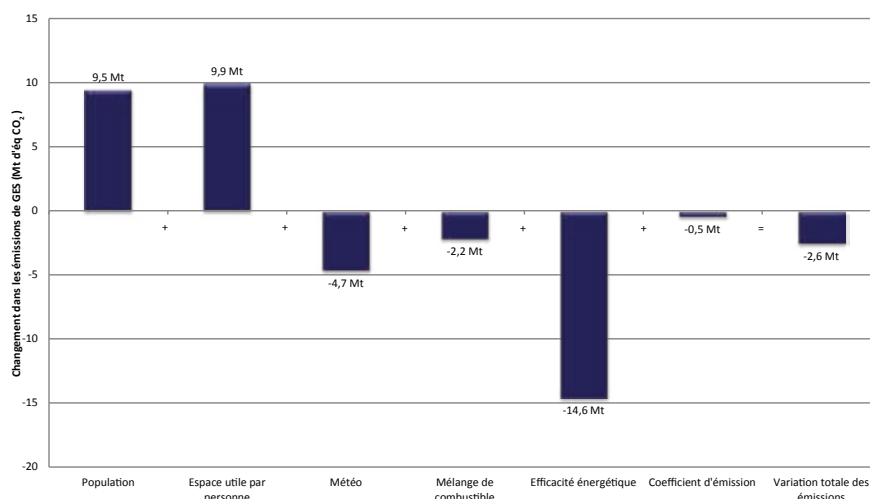


Figure 2–8 Principaux facteurs déterminant le changement dans les émissions de GES de sources fixes du sous secteur résidentiel entre 1990 et 2012

Ces effets ont été en grande partie neutralisés par l'amélioration de l'efficacité énergétique et les changements aux mélanges de combustible (-14,6 Mt et -2,2 Mt, respectivement).

Les améliorations sur le plan de l'efficacité énergétique sont attribuables à de meilleures méthodes de construction et d'isolation et des systèmes de chauffage plus efficaces, alors que les changements de combustibles utilisés découlent du remplacement des PPR et du charbon par le gaz naturel. Ces améliorations ont joué un rôle important, puisque c'est le chauffage de l'espace résidentiel qui nécessite le plus d'énergie parmi toutes les utilisations finales dans les résidences canadiennes, ce qui signifie que ces changements ont mené à des réductions significatives des émissions de GES.

Les conditions météorologiques, si elles changent de manière importante d'une année à l'autre, peuvent avoir une incidence majeure sur les émissions. Ainsi, les variations des conditions météorologiques entre 1990 et 2012 ont eu pour effet de réduire de 4,7 Mt les émissions du secteur résidentiel. L'encadré « Réduction des besoins de chauffage dans les bâtiments commerciaux et résidentiels » fournit des renseignements sur les relations entre la température, la demande énergétique et les améliorations relatives à la consommation d'énergie.

La catégorie Résidentiel est aussi un très grand consommateur d'électricité et, par conséquent, les efforts visant à accroître l'efficacité sur le plan de la consommation d'électricité peuvent avoir des répercussions indirectes significatives sur la réduction des besoins en matière de production d'électricité. Le changement le plus important apporté en matière d'efficacité énergétique touche les gros appareils électroménagers utilisés par les ménages canadiens. Par exemple, même si la consommation d'énergie totale des appareils électroménagers a augmenté de 3 % entre 1990 et 2010, la consommation d'énergie par les

gros appareils électroménagers¹² s'est améliorée d'environ 24 %. Cette baisse est contrebalancée par une augmentation de 148 % de la consommation d'énergie par les autres appareils ménagers¹³ (RNCAN, 2013a).

Agriculture et foresterie

Les rejets de gaz de combustion de sources fixes provenant de l'agriculture et de la foresterie se sont chiffrés à 3,5 Mt en 2012, une augmentation de 48 % par rapport à 1990. Les émissions provenant de ces catégories ont contribué à environ 0,5 % des émissions totales en 2012.

2.3.1.2. Émissions fugitives des combustibles fossiles (émissions de GES en 2012 : 61 Mt)

Les émissions fugitives des combustibles fossiles sont les rejets délibérés ou accidentels de GES résultant de la production, de la transformation, du transport, de l'entreposage et de la livraison des combustibles fossiles. Les gaz rejetés qui sont brûlés avant d'être évacués (par exemple, le torchage du gaz naturel dans les installations de production et de traitement du pétrole et du gaz) sont également considérés comme des émissions fugitives. Les émissions fugitives proviennent de deux sources : l'extraction et la manutention du charbon et les activités de l'industrie du pétrole et du gaz naturel. Elles ont représenté 9 % des émissions totales de GES du Canada en 2012 et, si on les traite séparément des Industries des combustibles fossiles dont il a été précédemment question dans cette section, elles ont contribué dans une

12 Parmi les gros appareils électroménagers, on retrouve les réfrigérateurs, les congélateurs, les lave-vaisselles, les laveuses, les sècheuses et les cuisinières.

13 Parmi les autres appareils ménagers, on retrouve les micro-ondes, les télévisions, les boîtiers décodeurs, les appareils de lecture vidéo et d'enregistrement, les chaînes audio et les ordinateurs.

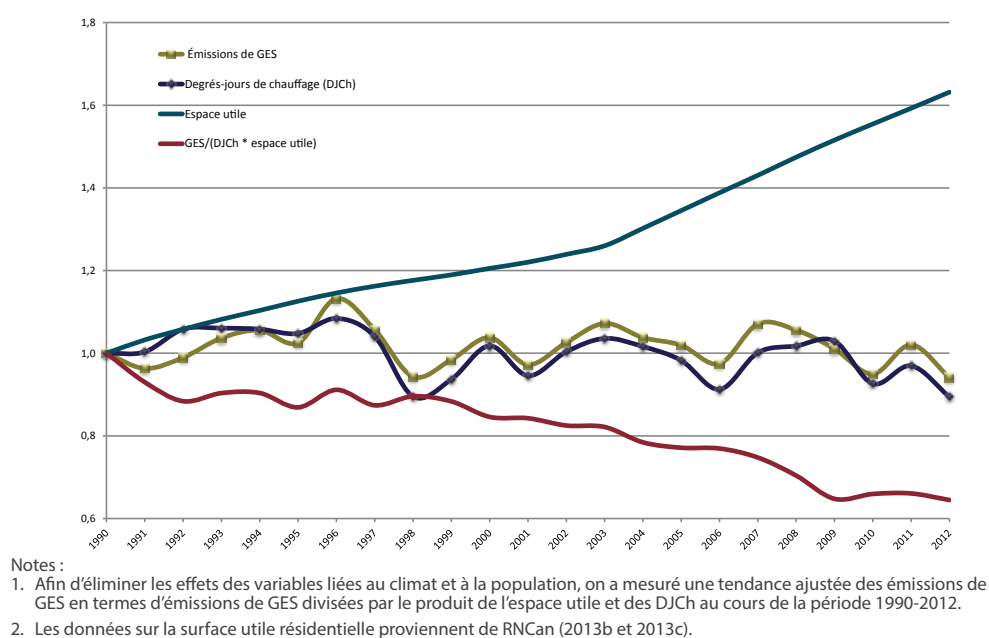
Réduction des besoins de chauffage dans les bâtiments commerciaux et résidentiels

La quantité d'énergie requise pour chauffer et climatiser une unité d'habitation est étroitement liée à la température extérieure. Deux indicateurs couramment utilisés pour déterminer les répercussions des conditions météorologiques sur les besoins énergétiques et les émissions de GES sont les degrés jours de chauffage (DJCh) annuels et les degrés jours de climatisation (DJC) annuels. On calcule le total annuel des DJCh en additionnant le nombre de jours où la température moyenne est inférieure à 18°C et en multipliant la valeur obtenue par le nombre de degrés d'écart par rapport au seuil de référence de 18°C pour chacun des jours. On calcule le total annuel des DJC en additionnant le nombre de jours où la température moyenne quotidienne est supérieure à 18°C et en multipliant la valeur obtenue par le nombre de degrés d'écart par rapport au seuil de référence de 18°C pour chacun des jours. Le Canada étant un pays nordique, le chauffage requis pour une maison moyenne consomme beaucoup plus d'énergie sur une base annuelle comparativement à d'autres pays, alors que la climatisation représente une part beaucoup plus faible de la consommation d'énergie.

En général, il y a une forte corrélation, d'une année à l'autre, entre les DJCh au Canada et les émissions de GES dues à l'énergie provenant de la catégorie Résidentiel (Figure 2-9). Une telle corrélation montre qu'il y a une étroite relation entre la température extérieure et la quantité d'énergie requise pour chauffer une résidence.

La tendance à long terme (aussi illustrée à la Figure 2-9) est mise en évidence par la réduction des émissions de GES par superficie d'espace utile devant être chauffé (tel qu'indiqué par le produit de l'espace utile et des DJCh). En dépit des augmentations de la superficie d'espace utile, les émissions de GES sont demeurées stables. Ce découplage est le résultat d'améliorations apportées à l'efficacité du chauffage et à l'isolation des bâtiments, et de certains changements apportés au mélange de mazout de chauffage, comme le remplacement du mazout léger par le gaz naturel.

Figure 2-9 Relation entre les DJCh et les émissions de GES du secteur résidentiel, 1990-2012



proportion de 17 % à l'augmentation des émissions entre 1990 et 2012.

Le Tableau 2-9 résume les changements des émissions fugitives et de l'intensité de ces émissions des catégories de l'extraction du charbon ainsi que du pétrole et du gaz naturel. Au total, les émis-

sions fugitives ont augmenté d'environ 44 % entre 1990 et 2012, passant de 42 Mt à 61 Mt, tandis que les émissions de la catégorie du pétrole et du gaz naturel ont contribué à 98,4 % des émissions fugitives totales en 2012, dépassant de très loin la part de 1,6 % de l'extraction du charbon. Même si les émissions fugitives

de la catégorie des combustibles solides (comme l'extraction du charbon) ont reculé de 1,2 Mt (54 %) entre 1990 et 2012 à cause de la fermeture de nombreuses mines de charbon dans l'Est du Canada, les émissions dues au pétrole et au gaz naturel ont augmenté de 50 % durant la même période. Bien qu'à long terme, elles aient augmenté durant la période de 2005 à 2012, les émissions fugitives totales ont diminué de 2,2 Mt (3,6 %).

L'augmentation des émissions entre 1990 et 2012 est due à celle de la production de gaz naturel et de mazout (dont le bitume naturel) depuis 1990, en raison principalement de la demande mondiale accrue pour des produits énergétiques. Depuis 1990, l'énergie nette exportée du Canada a augmenté de 230 % (voir la section 3.5.4 du chapitre 3 pour des précisions sur les émissions associées aux exportations de pétrole et de gaz naturel), qui s'est

accompagnée d'une hausse de 286 % des émissions de GES dues à ces exportations nettes d'énergie.

Bien que l'ensemble des émissions fugitives dues à la production de pétrole et de gaz aient considérablement augmenté depuis 1990, l'intensité globale des émissions fugitives (émissions par unité d'énergie produite) de la production en amont de pétrole et de gaz a diminué de 14 % (Tableau 2–9). Cette réduction est due à une baisse de 40 % de l'intensité des émissions fugitives attribuables aux sables bitumineux, laquelle a été compensée en partie par une augmentation de 14 % de l'intensité des émissions attribuables à la production de pétrole classique. L'augmentation de l'intensité des émissions attribuables à la production de pétrole classique témoigne du fait que les réserves facilement exploitables de pétrole brut classique sont actuellement rem-

Tableau 2–9 Intensité des émissions fugitives de GES de la production de combustibles fossiles par catégorie, certaines années

	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
PRODUCTION DE CHARBON								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO ₂)	2	1	1	1	1	1	1	1
Production (PJ)	1 673	1 510	1 401	1 490	1 372	1 483	1 485	1 488
Intensité (kt d'éq. CO ₂ / PJ)	1,31	0,64	0,72	0,63	0,63	0,68	0,67	0,68
PRODUCTION DE PÉTROLE ET DE GAZ EN AMONT								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO ₂)	38	59	59	57	54	54	55	56
Production (PJ)	7 958	12 171	13 091	13 059	12 593	12 721	13 203	13 674
Intensité (kt d'éq. CO ₂ / PJ)	4,78	4,83	4,47	4,39	4,31	4,22	4,16	4,12
Production pétrolière classique								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO ₂)	16	25	23	21	19	18	19	20
Production (PJ)	2 973	3 590	3 459	3 418	3 090	3 098	3 173	3 287
Intensité (kt d'éq. CO ₂ / PJ)	5,44	7,03	6,65	6,00	6,02	5,88	5,95	6,18
Exploitation, extraction et valorisation des sables bitumineux								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO ₂)	2,5	4,2	5,4	6,4	7,0	7,3	7,6	8,0
Production (PJ)	801	1 520	2 440	2 980	3 274	3 616	3 968	4 381
Intensité (kt d'éq. CO ₂ / PJ)	3,06	2,79	2,19	2,15	2,14	2,02	1,91	1,83
Production et traitement du gaz naturel								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO ₂)	15	24	25	25	23	22	23	22
Production (PJ)	4 184	7 062	7 192	6 661	6 229	6 007	6 062	6 006
Intensité (kt d'éq. CO ₂ / PJ)	3,61	3,36	3,41	3,69	3,68	3,74	3,76	3,71
Transport du gaz naturel								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO ₂)	4,3	5,6	5,7	5,7	5,7	5,6	5,6	5,7
Longueur des pipelines (km)	64 222	81 390	83 245	84 077	84 013	81 495	81 709	82 170
Intensité (kt d'éq. CO ₂ / km)	0,067	0,068	0,068	0,068	0,068	0,069	0,069	0,069
PRODUCTION EN AVAL								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO ₂)	2,1	3,3	3,8	3,8	3,7	3,8	3,7	3,8
Production (PJ)	3 907	4 341	4 699	4 622	4 525	4 629	4 425	4 488
Intensité (kt d'éq. CO ₂ / PJ)	0,54	0,75	0,80	0,82	0,82	0,82	0,83	0,84
Raffinage du pétrole								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO ₂)	0,9	1,7	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7
Production (PJ)	3 907	4 341	4 699	4 622	4 525	4 629	4 425	4 488
Intensité (kt d'éq. CO ₂ / PJ)	0,22	0,38	0,42	0,40	0,39	0,39	0,38	0,39
Distribution du gaz naturel								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO ₂)	1,3	1,6	1,8	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0
Longueur des pipelines (km)	168 813	212 991	241 344	254 512	259 844	261 308	264 058	266 854
Intensité (kt d'éq. CO ₂ / km)	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008

placées par des sources nécessitant plus d'énergie et émettant plus de GES, incluant du pétrole classique plus lourd et plus difficile à extraire, tel que le pétrole provenant de sources en mer et d'installations de récupération assistée du pétrole. En outre, l'utilisation accrue de la fracturation à plusieurs étapes a eu pour effet d'augmenter les émissions fugitives pendant la phase de production d'achèvement des puits (Allen *et al.*, 2013).

2.3.2. Secteur des procédés industriels (émissions de GES en 2012 : 56,5 Mt)

Le secteur des procédés industriels comprend les émissions de GES qui découlent des procédés de fabrication et d'utilisation des produits, notamment les catégories de la production de minéraux, de l'industrie chimique, de la production de métaux, de la production et de la consommation d'halocarbures et de SF₆, et la catégorie des autres procédés et procédés indifférenciés. Les émissions de GES du secteur des procédés industriels représentent 56,5 Mt dans l'inventaire national des GES de 2012, contre 55,7 Mt en 1990. Les émissions totales dans ce secteur proviennent des activités de plusieurs industries et, par conséquent, ne présentent pas une tendance constante (Figure 2-10).

Dans l'ensemble, les niveaux d'émissions du secteur des procédés industriels en 2012 (56,5 Mt) ne sont pas très différents des niveaux de 1990 (55,7 Mt), mais ont cependant augmenté par rapport au niveau le plus bas enregistré en 2009. Les augmentations récentes des émissions peuvent principalement être expliquées par la hausse dans les catégories des autres procédés et procédés indifférenciés (CO₂)¹⁴ et de la consommation des halocarbures et, dans une moindre mesure, dans les catégories

de la production d'ammoniac (CO₂) et de la production de ciment (CO₂). Ces augmentations ont été contrebalancées par la diminution des émissions dues à la production d'acide adipique (N₂O), d'aluminium (PFC) et de magnésium (SF₆).

2.3.2.1. Produits minéraux

L'utilisation de produits minéraux (qui comprend l'utilisation de calcaire et de dolomite, de carbonate de sodium et de magnésite) a présenté une baisse des émissions de 0,6 Mt d'éq. CO₂ (48 %) entre 1990 et 2012. Les importants consommateurs industriels de calcaire et de carbonate de sodium sont l'industrie sidérurgique, les usines de pâtes et papiers et les verreries. Une importante diminution de la production de pâtes et papiers, l'utilisation accrue de verre recyclé (RNCAN, 2007) et une diminution modérée de la transformation de l'acier ont entraîné une baisse de l'utilisation de ces produits minéraux et des émissions qui en découlent. La réduction des émissions dues à l'utilisation de calcaire et de dolomite est attribuable au déclin de la production dans le secteur du fer et de l'acier, particulièrement en 2001–2002 et 2006–2007.

Les émissions attribuables à l'utilisation de magnésite sont produites lorsque la magnésite extraite est calcinée afin de produire de la magnésie (oxyde de magnésium) pour diverses utilisations, ou qu'elle est traitée chimiquement pour former un produit intermédiaire, le chlorure de magnésium, afin de produire du magnésium (métal) (AMEC, 2006). La fermeture de toutes les installations de production de magnésium, la dernière ayant eu lieu en 2008, a contribué à la réduction significative des émissions depuis 1990¹⁵. Les émissions de 2012 attribuables à l'utilisation de magnésite proviennent uniquement de la production de magnésie aux fins d'utilisations industrielles,

14 Les autres procédés et procédés indifférenciés forment une catégorie d'émissions principalement composée de la production pétrochimique et de l'utilisation de produits pétroliers comme lubrifiants et solvants.

15 Timminco 2009. Courriel de Greg Donaldson de Timminco à Alice Au de la Division des gaz à effet de serre le 27 novembre 2009.

Figure 2-10 Émissions de GES des procédés industriels par catégorie, 1990-2012

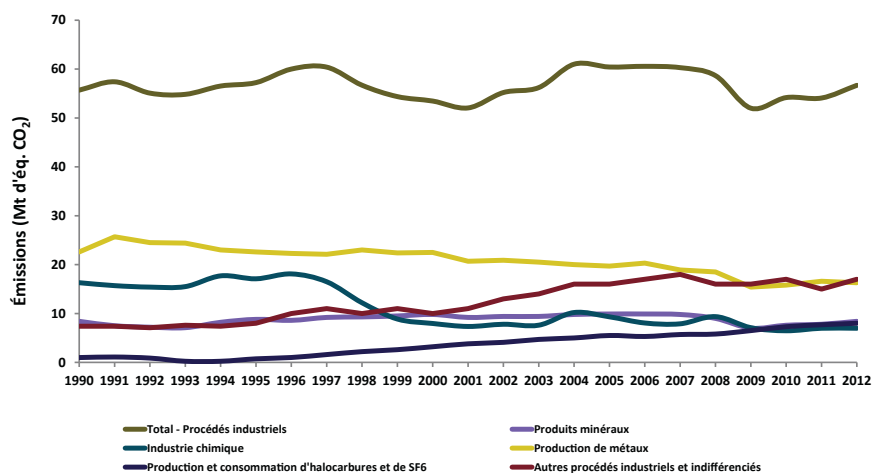


Tableau 2–10 Émissions de GES des procédés industriels par catégorie, certaines années

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO ₂)							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Procédés industriels (total)	55.7	53.8	60.4	59.0	51.8	54.1	54.7	56.5
Produits minéraux	8.4	9.8	9.9	9.0	7.0	7.6	7.8	8.4
Production de ciment	5.4	6.7	7.2	6.6	5.1	5.7	5.7	6.3
Production de chaux	1.8	1.9	1.7	1.5	1.2	1.4	1.4	1.4
Utilisation de calcaire et de dolomite	0.80	0.77	0.64	0.67	0.54	0.36	0.36	0.43
Utilisation de carbonate de sodium	0.25	0.25	0.18	0.16	0.11	0.10	0.10	0.11
Utilisation de magnésite	0.147	0.181	0.175	0.057	0.069	0.081	0.096	0.091
Industrie chimique	16.3	8.0	9.3	9.4	7.1	6.5	7.0	7.0
Production d'ammoniac	4.5	5.7	5.3	5.6	5.2	5.3	5.7	5.8
Production d'acide nitrique	1.01	1.23	1.25	1.28	1.15	1.10	1.16	1.15
Production d'acide adipique	10.7	0.9	2.6	2.4	0.7	0.0	0.0	0.0
Production pétrochimique	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Production de métaux	22.6	22.5	19.7	18.6	15.4	15.8	16.6	16.3
Sidérurgie	10.2	11.5	10.2	10.7	8.0	9.0	9.9	9.8
Production d'aluminium	9.3	8.2	8.2	7.4	7.2	6.6	6.6	6.2
Production de magnésium	2.87	2.31	1.09	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Moulage de magnésium	0.236	0.471	0.201	0.280	0.193	0.190	0.200	0.257
Production et consommation d'halocarbures	0.8	2.9	5.3	5.6	6.3	7.1	7.6	7.8
SF ₆ – équipement électrique (s. publics) et semiconducteurs	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2
Autres procédés industriels et procédés indifférenciés	7.4	10.0	16.0	16.0	16.0	17.0	15.0	17.0

Note: Totals may not add up due to rounding.

environnementales et agricoles (Baymag, 2012). Par conséquent, les émissions attribuables à l'utilisation de magnésite en 2012 ont diminué de 38 % comparativement aux émissions en 1990 (0,06 Mt d'éq. CO₂).

Au sein de la sous-catégorie de la production de ciment, les émissions variables, entre 1990 et 2012, représentent l'effet net de la production décroissante de clinker jusqu'à son niveau le plus bas (9,9 Mt) en 2009, suivi d'une augmentation jusqu'à 12,1 Mt en 2012 (Statistique Canada, 1990–2004a, 2004–2010a, 2004–2010b). Le clinker, qui résulte du procédé utilisé dans les fours à ciment, est un mélange composite constitué de chaux et de silicates de métaux comme le fer et l'aluminium. L'étape suivante est la production de ciment, un mélange de clinker et de poussière de gypse, au moment où le clinker est refroidi. Les émissions de CO₂ sont associatribuables à l'étape de la production de clinker pendant la décomposition de calcaire brut dans les fours. La fluctuation des niveaux de production de clinker peut être attribuée aux changements dans la demande.

2.3.2.2. Industrie chimique

Entre 1990 et 2012, on a observé une diminution de 57 % (9,4 Mt d'éq. CO₂) des émissions pour l'industrie chimique dans son ensemble. Le principal facteur responsable de la réduction des émissions dans cette industrie durant cette période a été l'arrêt de l'exploitation de l'unique usine de fabrication d'acide adipique. En fait, les émissions issues de la production d'acide adipique étaient nulles depuis 2010, parce que l'usine ontarienne

a commencé à fonctionner au ralenti pour une période indéterminée en 2009, ce qui représentait une diminution de 10,7 Mt d'éq. CO₂ par rapport au niveau atteint en 1990¹⁶. La même usine avait permis de réduire de façon significative les émissions à la fin des années 1990, grâce à l'intégration de contrôles plus rigoureux visant les émissions de N₂O.

Les émissions attribuables à l'industrie de la production d'ammoniac ont augmenté de 28 % (1,3 Mt d'éq. CO₂), de 1990 à 2012. L'augmentation découle principalement d'une augmentation générale de la demande d'ammoniac pour les activités agricoles (Cheminfo, 2006).

2.3.2.3. Production de métaux

Les réductions des émissions attribuables aux catégories de la production de magnésium et d'aluminium et de la sidérurgie ont contribué à la réduction globale de 28 % (6,3 Mt d'éq. CO₂) des émissions liées à la production de métaux, de 1990 à 2012. Les émissions attribuables à la production de magnésium ont diminué de 2,9 Mt d'éq. CO₂ par rapport au niveau de 1990.

L'industrie de la production d'aluminium est parvenue à abaisser ses émissions de perfluorocarbones (PFC) de 5,0 Mt d'éq. CO₂ (77 %), tout en augmentant sa production de 77 %, entre 1990 et 2012. La réduction des émissions de PFC a été atteinte en intégrant des capteurs informatisés et des alimentateurs d'aluminium

16 Invista 2011. Courriel de Steve Lauridson à Mohamed Abdul de la Division des rapports et des inventaires sur les polluants, le 8 août 2011.

automatisés. De plus, les données montrent que l'industrie a continué à hausser sa production dans des usines plus modernes (p. ex., celles utilisant la précuisson) plutôt que dans ses usines plus anciennes (celles utilisant la technologie Söderberg). Cependant, l'augmentation de la production d'aluminium a aussi accru de 2,0 Mt d'éq. CO₂ (ou 73 %) les émissions de CO₂. Les émissions globales liées à la production d'aluminium ont diminué de 33 % (3,1 Mt d'éq. CO₂), de 1990 à 2012.

De 1990 à 2012, les émissions attribuables à l'industrie sidérurgique ont diminué de 3,4 % (0,35 Mt d'éq. CO₂). Les émissions ont diminué considérablement (25 % ou 2,6 Mt d'éq. CO₂) entre 2008 et 2009, en raison d'une baisse de la production, mais celle-ci a été suivie d'une remontée, et, en 2012, les émissions avaient augmenté de 23 % (1,8 Mt d'éq. CO₂) comparativement aux émissions de 2009.

2.3.2.4. Production et consommation d'halocarbures et de SF₆

Il y a eu une augmentation des émissions de 7,3 Mt d'éq. CO₂ (990 %) pour la consommation d'hydrofluorocarbures (HFC) depuis 1995. Le remplacement de substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO) par des HFC pour la réfrigération et la climatisation, depuis l'entrée en vigueur du Protocole de Montréal en 1996, peut expliquer cette situation. Dans le Tableau 2-10, la valeur de production et de consommation de HFC pour 1990 ne représente que les émissions de HFC-23 dues à la production de HCFC-22, puisque les émissions dues à la consommation de HFC étaient considérées comme négligeables en 1990. La production de HCFC-22 a cessé en 1993, et les émissions de HFC signalées par la suite ne proviennent que de la consommation.

2.3.2.5. Autres procédés et procédés indifférenciés

La catégorie Autres procédés industriels et procédés indifférenciés a subi une hausse de ses émissions de 9,4 Mt d'éq. CO₂ (128 %) de 1990 à 2012. L'augmentation peut être attribuée à l'utilisation accrue de carburants à base de pétrole comme charge d'alimentation pour répondre à la demande plus grande de produits pétrochimiques. L'utilisation, comme charge d'alimentation, de cires, de paraffines et de dérivés pétrochimiques non finis a augmenté de 1 400 % (6,7 Mt d'éq. CO₂) (Statistique Canada, 57-003 – BDEEC), l'utilisation d'éthane a augmenté de 220 % (1,4 Mt d'éq. CO₂), et l'utilisation de charges d'alimentation pétrochimiques a augmenté de 34 % (0,65 Mt d'éq. CO₂).

2.3.3. Secteur de l'utilisation de solvants et d'autres produits (émissions de GES en 2012 : 0,31 Mt)

Le secteur de l'utilisation de solvants et d'autres produits est responsable des émissions dues à l'utilisation de N₂O comme anesthésique en médecine et comme agent propulseur dans les aérosols. Ce secteur a contribué à 310 kt d'éq. CO₂ de l'inventaire national des GES de 2012, comparativement à 179 kt d'éq. CO₂ en 1990. Les tendances des émissions ont été principalement régies par la demande intérieure de N₂O comme anesthésique.

2.3.4. Secteur de l'agriculture (émissions de GES en 2012 : 56 Mt)

Les principaux secteurs agricoles canadiens sont la production de bétail et les cultures agricoles. Le secteur de la production de bétail est dominé par la production bovine, laitière, avicole et porcine, tandis que la production agricole est principalement constituée de la production de céréales et d'oléagineux. Le Canada produit également une grande variété de cultures et d'élevages spécialisés, mais ils ne représentent qu'une très faible portion de l'ensemble du secteur agricole. La production agricole est très régionalisée; environ 75 % des bovins de boucherie et plus de 90 % du blé, de l'orge et du canola sont produits dans les Prairies, dans une écozone semi-aride à subhumide. D'un autre côté, environ 75 % des bovins laitiers, 60 % des porcs et de la volaille, 95 % du maïs et 90 % du soja sont produits dans l'écozone humide des plaines à forêts mixtes de l'Est du Canada (Statistique Canada, 2007). Par le passé, le secteur de l'agriculture du Canada était composé de petites fermes familiales, mais, au cours des trente dernières années, l'agriculture s'est intensifiée et on a assisté à une diminution du nombre d'exploitations agricoles et à une augmentation de la superficie et de la productivité des exploitations.

Les émissions non liées au secteur de l'énergie directement attribuables à la production de bétail et aux cultures agricoles ont représenté 56 Mt d'éq. CO₂ ou 8 % des émissions totales du Canada en 2012, soit une hausse de 9 Mt d'éq. CO₂ ou de 19 % depuis 1990. L'agriculture est responsable de 22 % et de 74 % des émissions nationales de CH₄ et de N₂O, respectivement. L'oxyde de diazote a représenté 63 % des émissions sectorielles estimées et le CH₄, 37 %, en 2012. Toutes ces émissions proviennent de sources non énergétiques. De façon générale, les émissions du secteur agricole sont le résultat de pertes et d'un manque d'efficacité dans les procédés de production, que ce soit des pertes d'énergie nutritive pendant la digestion animale ou des pertes d'azote des nutriments. Les émissions dues à l'énergie utilisée pendant le processus de production agricole et celles dues à l'énergie ainsi que les émissions fugitives produites pendant la production d'engrais azotés et d'autres produits chimiques

Tableau 2–11 Émissions de GES provenant du secteur de l'agriculture par système de production, pour certaines années¹

Système de production	Émissions de GES (Mt d'éq. CO ₂)							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Bétail	29	36	39	36	34	33	31	32
Vaches laitières	5,7	5,0	4,7	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Bovins de boucherie	19	25	28	26	24	23	22	22
Porcs	2,4	3,1	3,5	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9
Autre bétail ²	1,5	2,1	2,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Cultures	18	20	19	23	22	22	22	24
Engrais azotés synthétiques	9,2	12	11	13	14	14	14	16
Décomposition des résidus agricoles	7,0	7,0	7,6	9,1	8,2	8,5	7,4	7,7
Autres pratiques de gestion ³	1,8	1,0	0,4	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,3
Agriculture (total)	47	56	58	58	56	55	53	56

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

2. Les autres espèces de bétail comprennent les moutons, les agneaux, les chèvres, les chevaux, les bisons, la volaille, les lamas et les alpacas.

3. Les autres pratiques de gestion comprennent les jachères, le travail de conservation du sol, l'irrigation, la culture de sols organiques et le brûlage des résidus de récolte dans les champs.

agricoles sont abordées au chapitre 3 (Énergie) et au chapitre 4 (procédés industriels) du présent rapport.

Les émissions de GES du secteur agricole qui découlent de procédés et d'activités sont attribuées au secteur de la production de bétail, ce qui comprend les émissions dues à la fermentation entérique (CH₄) et les émissions (CH₄ et N₂O) provenant du stockage et de l'application du fumier, ou au secteur des cultures agricoles, ce qui comprend les émissions de N₂O provenant de l'application d'engrais azotés synthétiques, de la décomposition de résidus agricoles et du brûlage de résidus agricoles (CH₄ et N₂O) (Tableau 2–11).

Pour l'année 2012, les émissions dues au bétail représentent 18 Mt d'éq. CO₂ provenant de la fermentation entérique et 14 Mt d'éq. CO₂ provenant de la gestion, de l'entreposage et de l'application du fumier (56 % et 44 % des émissions respectivement). Les cultures agricoles produisent des émissions de N₂O lors de l'épandage d'engrais azotés synthétiques (16 Mt d'éq. CO₂) et durant la décomposition des résidus agricoles (7,7 Mt d'éq. CO₂), ce qui représente 66 % et 34 % des émissions attribuables aux cultures agricoles, respectivement (Tableau 2–11).

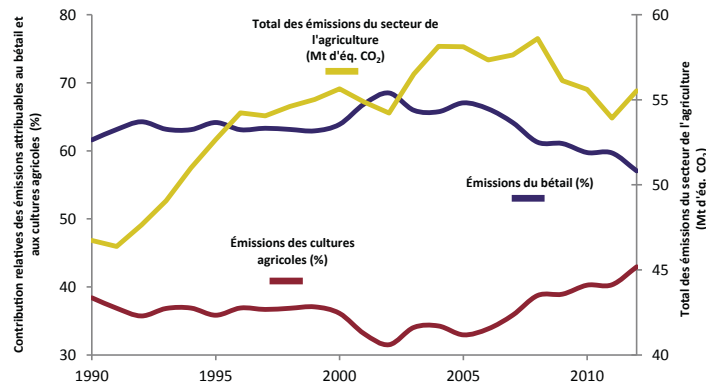
L'examen des tendances des émissions de GES issues de la production agricole doit également tenir compte des relations complexes entre les deux principales branches de l'agriculture : la production de bétail et les cultures agricoles. Ces deux sous-industries sont en concurrence pour le même territoire, et ils y apportent et prélèvent des ressources. Par exemple, les prix élevés du bœuf peuvent favoriser la conversion d'un plus grand nombre de terres arables (cultures annuelles) de moins bonne qualité en pâturages permanents et vice versa. Au cours des dernières décennies, l'agriculture a été soumise à une intensification graduelle de la production par unité de surface terrestre. Dans l'industrie des cultures agricoles, l'intensification de la

production a entraîné un recours accru à des éléments extérieurs, tels que des engrais, des herbicides et des pesticides, ce qui a entraîné une augmentation de la productivité par hectare et une diminution des jachères. Dans le secteur de la production de bétail, l'intensification a aussi entraîné un recours accru à des aliments pour bétail transformés et à des suppléments médicamenteux et non médicamenteux qui ont amélioré le rendement par animal. En même temps, au cours des trente dernières années, on a de plus mis l'accent sur la conservation du sol par l'entremise de méthodes culturales de conservation du sol et de rotations culturales. Pour ces raisons, un examen approfondi des tendances en matière d'émissions provenant de la production agricole doit au moins aborder les émissions dominantes associées aux pratiques de production, aux intrants agricoles, aux pratiques de gestion des terres et aux changements d'affectation des terres (Statistique Canada, 2007).

Les principaux facteurs ayant une incidence sur la tendance des émissions dans le secteur de l'agriculture sont l'augmentation des populations de bovins de boucherie et de porcs ainsi que l'utilisation accrue d'engrais azotés synthétiques dans les Prairies. Les populations de bovins, de porcs et de volaille au Canada sont de 13 %, 25 % et 39 % supérieures, respectivement, à leur niveau de 1990. L'augmentation des populations d'animaux d'élevage explique en grande partie la hausse de 10 % (de 29 à 32 Mt d'éq. CO₂) des émissions dues à la production animale au cours de la période 1990–2012 (Tableau 2–11). Dans le cas des bovins de boucherie, les émissions ont augmenté plus rapidement que les populations de bovins, car les améliorations apportées aux troupeaux ont entraîné une augmentation du poids net et, par conséquent, un animal moyen consomme maintenant plus d'aliments et émet plus de GES.

Cependant, l'augmentation de la production bovine a été partiellement compensée par une réduction de 30 % de la population

Figure 2-11 Contribution relative de l'élevage de bétail et de la production agricole aux émissions de GES, et total des émissions du secteur de l'agriculture, 1990-2012



de vaches laitières (Statistique Canada, 2007). Les systèmes de quotas laitiers ont encouragé l'industrie laitière à investir en vue d'améliorer les troupeaux et augmenter la rentabilité. Les émissions associées aux vaches laitières ont chuté d'environ 22 % depuis 1990, alors que la diminution des troupeaux de vaches laitières a été partiellement compensée par une hausse de 33 % de la productivité laitière moyenne obtenue grâce aux améliorations génétiques et aux changements apportés à l'alimentation et aux pratiques de gestion. Par conséquent, même si la diminution du cheptel de vaches laitières entraîne une baisse des émissions dans cette catégorie, comme c'était le cas avec les bovins non laitiers, une vache moyenne produit aujourd'hui plus de lait qu'en 1990 et émet davantage de GES.

Globalement, pendant la période 1990-2005, l'augmentation des populations d'animaux d'élevage et la hausse des émissions par animal chez certaines catégories d'animaux ont entraîné un changement – de 61 % à 68 % – sur le plan de la proportion relative de GES provenant du secteur de la production de bétail, atteignant même un sommet de 68 % durant les années de sécheresse 2001 et 2002 (Figure 2-11), pour ensuite décroître et atteindre 57 % en 2012.

Les émissions attribuées aux cultures agricoles sont principalement dues à l'application d'engrais azotés synthétiques ou à la décomposition de résidus de cultures, ce qui est directement proportionnel aux rendements des cultures. De 1990 à 2012, l'utilisation d'engrais azotés synthétiques a fait un bond de 1,2 Mt à 2,3 Mt d'azote. Même si l'utilisation d'engrais azotés synthétiques a augmenté de façon constante, des hausses importantes se sont produites au cours de deux périodes, soit de 1991 à 1997 et de 2005 à 2012. L'augmentation rapide de l'utilisation d'azote synthétique qui a marqué la première période découle principalement de l'intensification des systèmes de cultures ou de la réduction de la mise en jachère dans les Prairies canadiennes; quant à la deuxième période, elle reflète l'augmentation spectaculaire du prix des céréales qui a incité les producteurs agricoles à accroître l'apport en nutriments afin de bénéficier de retombées

économiques accrues. Parmi les cultures importantes au Canada, on note le maïs, le blé, l'orge et le canola, qui ont besoin d'un taux élevé d'engrais pour atteindre et maintenir un niveau de production élevé. Par conséquent, les émissions provenant de l'utilisation d'engrais azotés synthétiques ont augmenté de façon considérable, passant de 9,3 Mt d'éq. CO₂ en 1990 à 16 Mt d'éq. CO₂ en 2012.

Les émissions attribuables à la décomposition des résidus de cultures ont varié entre 4,9 (en 2002) et 9,1 Mt (en 2008) d'éq. CO₂. Une grave sécheresse, qui a touché la plupart des régions des Prairies canadiennes en 2001 et en 2002 a considérablement réduit la production agricole et, par le fait même, les émissions pendant ces années. L'impact de la sécheresse est observé tant sur la tendance des émissions que sur la proportion relative des émissions attribuées aux cultures ou à la production d'animaux (Figure 2-11). Par ailleurs, depuis 2005, des conditions météorologiques clémentes et des prix avantageux des produits de base ont entraîné une production record de soja, de maïs, de légumineuses et de canola et, par conséquent, davantage d'émissions d'oxyde de diazote.

Tendances récentes

Le prix du bœuf a été élevé de 1990 à 2003, soit jusqu'à la survenue d'un cas d'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB, ou maladie de la vache folle) qui a entraîné une interdiction mondiale à l'endroit des produits de bœuf canadiens. Une augmentation soudaine de 9 % des populations animales canadiennes a été observée entre janvier 2003 et janvier 2004. La crise de l'ESB n'a pas été entièrement résolue avant 2005, et depuis le pic de la crise en 2005, les populations de bovins de boucherie ont diminué de 20 %.

Le prix du porc a également été élevé de 1990 à 2003 (Statistique Canada, 2009) et une hausse de la population de porcs a été observée. Cependant, les prix ont également diminué au cours des dernières années, et c'est pourquoi les populations de porcs

ont diminué de 15 % depuis le pic de 2005. Cette diminution de la population de porcs, combinée à une tendance continue à la baisse dans les populations de bovins laitiers, a entraîné une réduction des émissions associées au bétail de 19 %, ou environ 7,3 Mt d'éq. CO₂ depuis 2005, poursuivant ainsi la tendance amorcée à partir du pic de 2005. En même temps, depuis 2005, grâce à l'amélioration du rendement des cultures et aux prix élevés des grains, les émissions provenant des cultures agricoles ont augmenté de 24 %, soit d'environ 4,6 Mt d'éq. CO₂.

De 2005 à 2008, globalement, les émissions totales provenant de l'agriculture ont été stables : les populations d'animaux d'élevage ont diminué, mais la diminution des émissions dues au bétail a été contrebalancée par les émissions provenant de l'utilisation accrue d'engrais et de la forte production agricole (qui donne lieu à des émissions élevées à la suite de la décomposition des résidus de culture). Depuis 2008, les émissions dues au bétail ont continué de diminuer tandis que l'utilisation d'engrais a augmenté; cependant, la production agricole a été inférieure au sommet atteint en 2008 et, en moyenne, les émissions annuelles attribuables au secteur agricole ont été de 3,1 Mt d'éq. CO₂ inférieures aux émissions moyennes durant la période de 2005 à 2008. Entre 2011 et 2012, l'utilisation d'engrais a augmenté de 15 %, les populations d'animaux sont demeurées stables et la production agricole a légèrement augmenté, ce qui a entraîné une augmentation globale des émissions en 2012.

Le déclin des populations d'animaux et l'augmentation constante de l'utilisation d'engrais ont inversé la tendance à l'augmentation de la proportion des émissions provenant de la production de bétail (Figure 2–11). La proportion des émissions provenant du bétail en 2012 a diminué, atteignant la plus faible proportion du total des émissions agricoles (57 %) de la période de déclaration depuis 1990 (61 %) et nettement plus petite que la proportion en 2005 (67 % des émissions totales).

2.3.5. Secteur de l'affectation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie (émissions nettes de GES en 2012 : 41 Mt, non incluses dans les totaux nationaux)

Le secteur de l'affectation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie (ATCATF) déclare les flux anthropiques de GES entre l'atmosphère et les terres aménagées du Canada, de même que les flux relatifs aux changements d'affectation des terres.

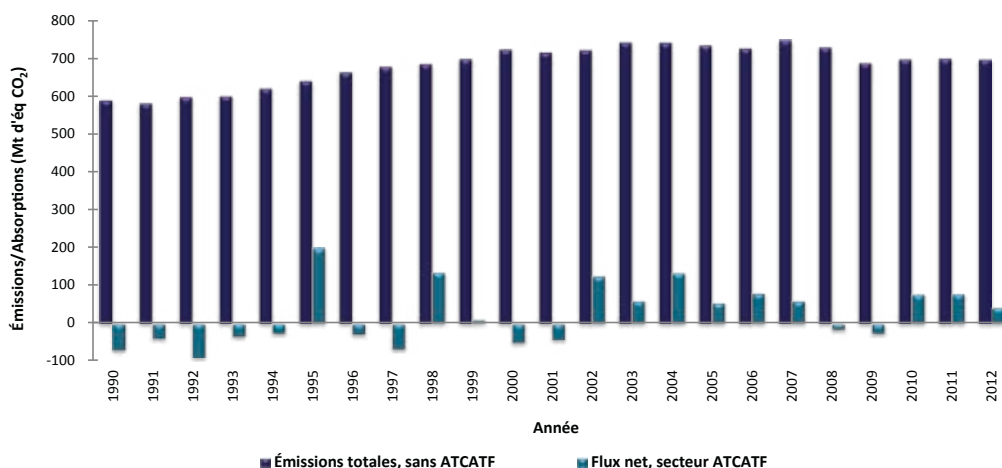
Les flux nets du secteur ATCATF, calculés comme la somme des émissions et des absorptions de CO₂ et des émissions de gaz autres que le CO₂, montrent une forte variabilité interannuelle au cours de la période visée par le rapport. En 2012, les flux nets ont correspondu à des émissions de 41 Mt (Figure 2–12).

Toutes les émissions et absorptions du secteur ATCATF sont exclues des totaux nationaux. En 2012, si l'on ajoutait les émissions estimées à 41 Mt, on augmenterait d'environ 6 % le total des émissions canadiennes de GES.

Les émissions de GES par les sources et les absorptions par les puits sont estimées et déclarées pour cinq catégories de terres aménagées : terres forestières, terres cultivées, prairies, terres humides et zones de peuplement.

La catégorie des terres forestières inclut les émissions et les absorptions des forêts aménagées du Canada. À cause d'un artéfact de méthode, les flux nets des terres forestières affichent une importante variabilité annuelle en raison du régime aléatoire des feux de forêt, qui masque les éléments sous-jacents qui présentent un intérêt pour le secteur. Les tendances importantes des sous-secteurs associées aux activités humaines dans les

Figure 2–12 Émissions de GES du secteur ATCATF par rapport aux émissions canadiennes totales, 1990–2012



forêts aménagées comprennent une augmentation de 28 % du carbone éliminé dans la biomasse du bois récolté entre 1990 et l'année où les récoltes ont atteint un sommet, c'est-à-dire 2004. D'importantes réductions des activités de gestion des forêts ont été observées; en 2009, les récoltes ont atteint le plus bas niveau (30 Mt de C) de la période de 23 ans visée par le présent rapport. Bien que les trois dernières années aient révélé une légère augmentation en 2012, les niveaux de récolte sont encore 35 % inférieurs au record établi en 2004. Cette tendance reflète une restructuration en profondeur du secteur canadien des forêts, aggravée par les conséquences de la récession économique aux États Unis, le principal marché d'exportation du Canada.

La grande variabilité des flux nets des forêts aménagées est associée à l'impact immédiat des feux de forêt, qui sont des phénomènes naturels aléatoires; ces feux de forêt ont représenté, à eux seuls, des émissions annuelles de 11 à 275 Mt d'éq. CO₂ au cours de la période de 1990 à 2012 (Figure 2-13). De même, les effets immédiats et à long terme de l'infestation catastrophique du dendroctone du pin ponderosa dans l'Ouest canadien continueront sans aucun doute à influencer les tendances des GES à cause de la mortalité des arbres et de la décomposition des résidus de matière organique morte.

Il faut noter que l'approche par défaut actuelle pour estimer les émissions associées à la récolte ne tient pas compte du stockage du carbone à long terme dans les produits ligneux. En tenant compte de ce stockage, à elles seules, les estimations des émissions provenant de la récolte au cours de 2012 pourraient être réduites de 20 Mt.

La sous-catégorie des terres cultivées comprend les effets des pratiques agricoles sur les émissions et les absorptions de CO₂ par les terres arables ainsi que les répercussions immédiates et à long terme de la conversion de forêts et de prairies en terres cultivées. La tendance reflète une baisse constante des

émissions provenant des terres cultivées, notamment au cours de la période 1990-2006, alors qu'on est passé d'une source nette de 12 Mt d'éq. CO₂ en 1990 à un puits net absorbant 5 Mt d'éq. CO₂ en 2006. Cette tendance découle des changements apportés aux pratiques de gestion des terres agricoles dans l'Ouest canadien, tels que l'adoption généralisée de pratiques culturales de conservation du sol (plus de 13 millions d'hectares de terres cultivées depuis 1990) et une réduction de 76 % des jachères en 2012 (Statistique Canada, 2007). Depuis 2006, les absorptions nettes ont eu tendance à demeurer constantes, à environ 5 Mt étant donné que l'activité du sol comme puits s'approche de l'équilibre. Les absorptions nettes de CO₂ dues à la gestion des sols minéraux sont passées d'environ 2 Mt en 1990 à 11 Mt en 2012. Une réduction de la conversion de terres forestières en terres cultivées a aussi contribué à cette tendance.

Les émissions de CO₂ provenant de tourbières aménagées pour l'extraction de la tourbe et de terres inondées sont déclarées dans la catégorie des terres humides. Les émissions provenant de tourbières aménagées ont augmenté de 76 % de 1990 à 2000; depuis, elles ont légèrement diminué, atteignant 1,1 Mt en 2012. Les émissions provenant de terres converties en terres inondées (réservoirs) ne présentent pas de tendance constante. Des valeurs élevées supérieures à 4 Mt/année ont été observées pendant la période 1990-1993, qui sont attribuables aux émissions résiduelles provenant de la création de grands réservoirs avant 1990; depuis, les émissions ont diminué, atteignant des pics modérés en 1999 et en 2005 et diminuant à 1,4 Mt en 2012. Il faut noter que les émissions provenant de la surface des réservoirs inondés depuis plus de 10 ans sont exclues du calcul (GIEC, 2003).

La conversion de forêts à d'autres catégories de terres est une pratique courante, mais qui diminue, au Canada. Elle dépend d'une grande diversité des conditions à l'échelle nationale, notamment des cadres politiques et réglementaires, des forces

Figure 2-13 Une partie des émissions et des absorptions de GES du secteur ATCATF, 1990-2012

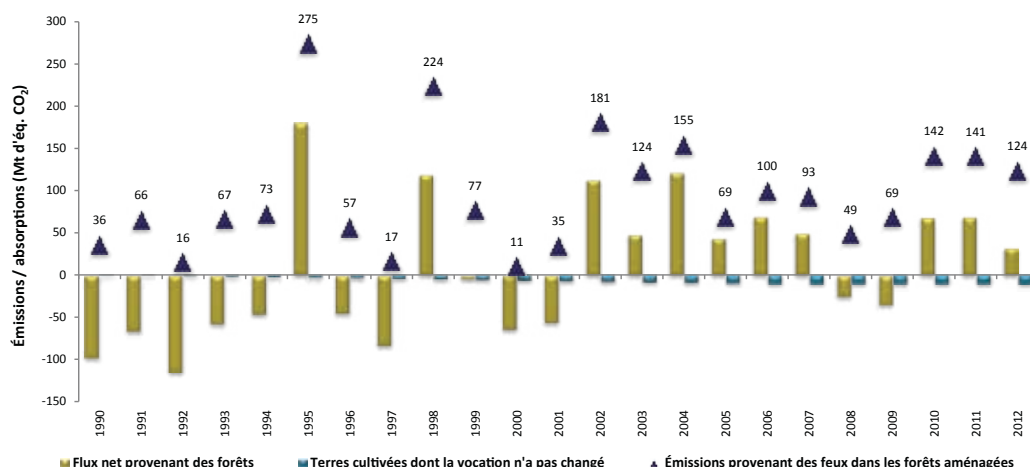
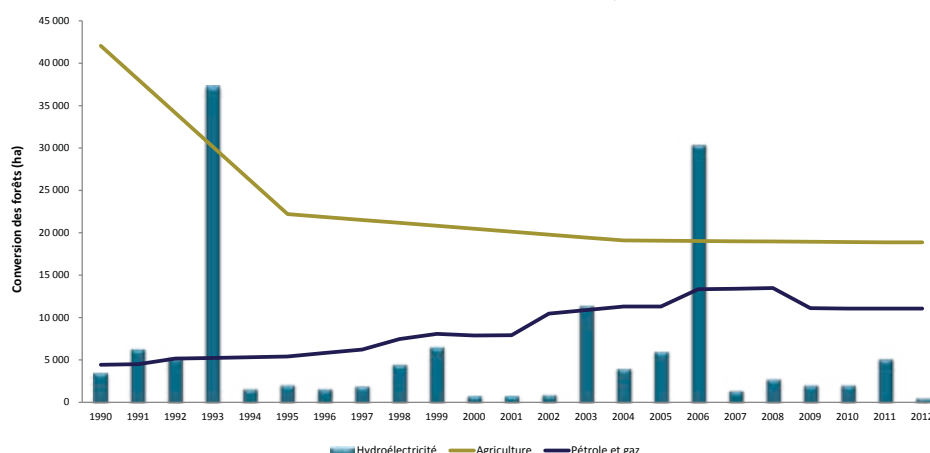


Figure 2–14 Tendence dans les superficies de forêts converties annuellement en raison de l'expansion agricole, de l'extraction pétrolière et gazière et de l'aménagement hydroélectrique

du marché et de la richesse en ressources naturelles. Les facteurs économiques qui favorisent la conversion de forêts sont diversifiés, et il en résulte une hétérogénéité des patrons spatiaux et temporels de conversion des forêts (Kurz *et al.*, 2013). Depuis 1990, plus d'un million d'hectares de forêts ont été éliminés au Canada. Les émissions de GES provenant de la conversion de forêts sont passées de 25 Mt d'éq. CO₂ en 1990 à 18 Mt en 2012. Sur le plan géographique, le taux moyen le plus élevé de conversion de forêts est observé dans la plaine boréale (24 kha an⁻¹) et dans le Bouclier boréal est (8 kha an⁻¹), ce qui représente 46 % et 16 % de la forêt totale perdue au Canada depuis 1990, respectivement.

Les principaux facteurs favorisant la conversion forestière comprennent l'expansion agricole, l'extraction des ressources et l'aménagement hydroélectrique. La conversion forestière à des fins d'expansion agricole représente 44 % de la superficie cumulative de conversion forestière depuis 1990. Cependant, le taux annuel de déboisement à des fins agricoles est passé de 42 kha en 1990 à 19 kha en 2012 (Figure 2–14). Cette diminution a principalement eu lieu dans la plaine boréale, les prairies subhumides et la Cordillère montagnarde de l'Ouest canadien, après une période active d'expansion agricole au cours des décennies précédentes.

Le déboisement au profit de l'extraction de ressources, ce qui comprend l'extraction de pétrole et de gaz, la construction de routes forestières, l'exploitation minière et l'extraction de tourbe, représente le deuxième plus important facteur favorisant la conversion forestière. L'extraction de ressources a entraîné la conversion de plus de 348 kha de forêts et elle représente 29 % de la superficie cumulative de forêts converties depuis 1990. Le déboisement aux fins d'extraction de pétrole et de gaz a plus que doublé, passant de 4,4 kha par année en 1990 à 11,1 kha par

année en 2012 (Figure 2–14), et il a été principalement pratiqué dans la plaine boréale du nord des Prairies.

La conversion forestière causée par l'aménagement hydroélectrique est épisodique et correspond à la retenue occasionnelle de grands réservoirs (p. ex., La Forge-1 en 1993 et Eastmain-1 en 2006) (Figure 2–14). La superficie cumulative des forêts converties pour la création de réservoirs hydroélectriques et des infrastructures connexes équivaut à 141 kha, ce qui représente 12 % de la conversion forestière au cours de la période. Des barrages hydroélectriques sont surtout aménagés dans la taïga du Bouclier est et dans le Bouclier boréal est.

Les autres taux de la conversion forestière causée par l'aménagement de zones bâties et la construction de voies de transport ont été relativement constants, à près de 8 kha par année.

2.3.6. Secteur des déchets (émissions de GES en 2012 : 21 Mt)

De 1990 à 2012, les émissions de GES du secteur des déchets ont augmenté de 8,2 % (Tableau 2–12 et Figure 2–15), soit beaucoup moins que la croissance démographique de 25 %, ou la croissance des émissions nationales totales de GES de 18 %. Les émissions par personne du secteur des déchets ont diminué de 13 % entre 1990 et 2012, et les émissions de GES de ce secteur en 2012 représentaient 2,9 % du total des émissions nationales. Sur les émissions totales de 21 Mt de ce secteur en 2012, l'élimination dans les sites d'enfouissement des déchets solides municipaux et des déchets ligneux a représenté 19 Mt (Tableau 2–12), alors que le traitement des eaux usées et l'incinération des déchets (exclusion faite des émissions résultant de l'incinération de la biomasse) ont respectivement représenté 1,0 Mt et 0,67 Mt du

total de ce secteur. Les émissions de CH₄ résultant de la décomposition de la biomasse dans les sites d'enfouissement de résidus urbains ont représenté 80 % des émissions de ce secteur. Les tableaux de l'annexe 12 résument ces données à l'échelle nationale en équivalents CO₂ et par catégorie (c.-à-d. pour chaque gaz et chaque source).

On a estimé les émissions de GES des sites d'enfouissement pour deux types de déchets solides : les déchets solides municipaux et les déchets ligneux, qui produisent tous deux du CH₄ par décomposition anaérobie¹⁷. Le taux de production de CH₄ à un site d'enfouissement est fonction de plusieurs facteurs, notamment de la masse et de la composition de la biomasse enfouie, de la température du site d'enfouissement et du taux d'humidité qui pénètre dans le site à cause des précipitations.

La quantité de CH₄ capté dans les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux pour être éliminée par torchage ou par brûlage pour récupérer l'énergie a représenté 35 % du total des émissions en 2012 comparativement à 21 % en 1990.

17 Quand les déchets se composent de biomasse, le CO₂ produit par le brûlage ou la décomposition aérobie n'est pas pris en compte dans le secteur des déchets. En effet, dans le cas de la biomasse agricole, on présume qu'il s'agit d'un cycle durable (le carbone du CO₂ sera séquestré quand la biomasse se régénérera dans la reproduction des cultures). Dans le cas de la biomasse de produits forestiers, les émissions de CO₂ sont prises en compte dans le secteur ATCATF (récolte forestière). Cependant, les déchets qui subissent une décomposition anaérobie produisent du CH₄, qui n'est pas utilisé dans la photosynthèse et ne séquestre donc pas de carbone dans la régénération de la biomasse; on n'en tient donc pas compte dans les estimations de la récolte forestière. La production et les rejets de CH₄ non brûlé parmi les déchets sont donc comptabilisés dans les inventaires des GES.

Ainsi, sur les 25 Mt d'éq. CO₂ de CH₄ généré par les décharges de déchets solides municipaux en 2012, seulement 16 Mt étaient réellement rejetées dans l'atmosphère, l'écart de 9 Mt étant récupéré. De puis le début de la cueillette des données sur les installations en 1997, le nombre de sites d'enfouissement où le gaz est récupéré a considérablement augmenté (Figure 2-16); le captage des gaz d'enfouissement a donc contribué à maintenir les émissions de CH₄ provenant des décharges de déchets solides

municipaux à un niveau de 10 % supérieur à celui de 1990 et à réduire les émissions de cette catégorie entre 2006 et 2012.

Sur le total de CH₄ recueilli en 2012, 48 % (4,3 Mt d'éq. CO₂) a été utilisé à diverses fins énergétiques et le reste a été brûlé par torchage. Généralement, les installations se procurent d'abord un système de récupération et continuent d'éliminer le gaz par torchage. Ensuite, les systèmes d'utilisation sont installés, une fois que le système de récupération s'est révélé fiable et stable. La diminution de l'utilisation des gaz d'enfouissement de 70 % à 48 % entre 1997 et 2012 (Figure 2-17) est attribuable au nombre grandissant d'installations récemment aménagées qui commencent à capter les gaz aux endroits où l'on procède au torchage.

La quantité de déchets envoyée à des sites d'enfouissements de déchets solides municipaux¹⁸ a augmenté de 29 % entre 1990 et 2012, même si cette quantité a atteint un sommet en 2006

18 La quantité de déchets envoyés dans les sites d'enfouissement correspond aux déchets éliminés moins les quantités incinérées et exportées par le Canada.

Tableau 2-12 Émissions de GES du secteur des déchets, certaines années

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (Mt CO ₂)							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Secteur des déchets	19	21	22	22	22	20	20	21
Enfouissement des déchets solides	17	19	20	20	20	19	19	19
Traitement des eaux usées	0,83	0,92	0,95	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00
Incineration des déchets	0,74	0,75	0,70	0,71	0,68	0,68	0,67	0,67

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

Figure 2-15 Émissions de GES du secteur des déchets, 1990-2012

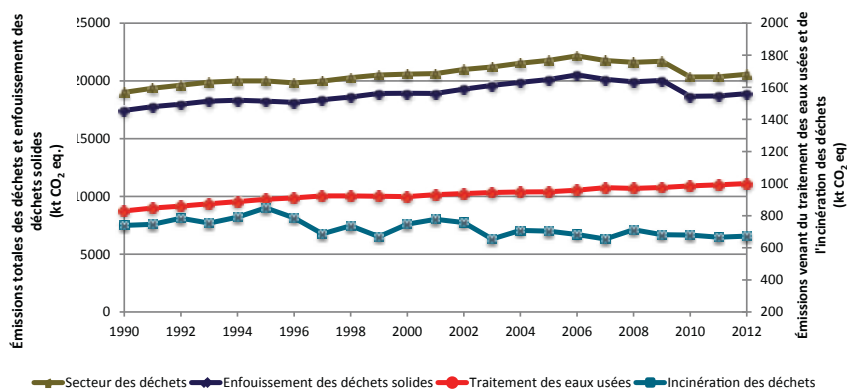
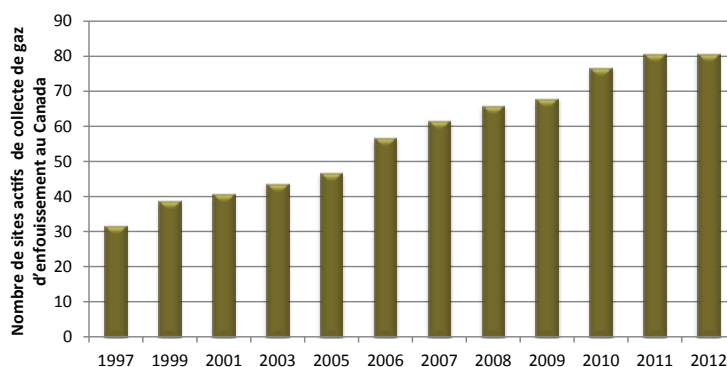
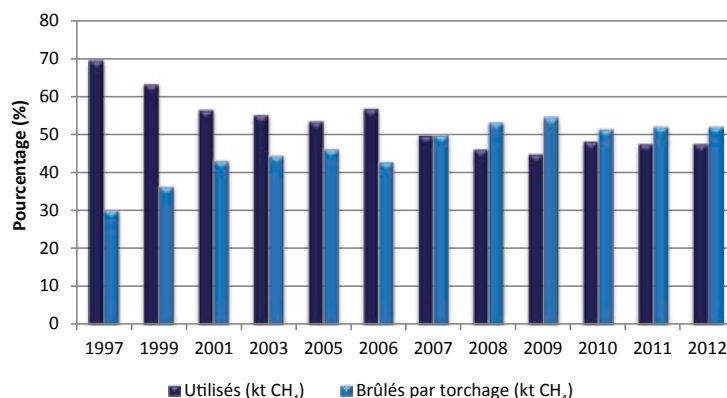


Figure 2–16 Nombre de sites actifs de collecte des gaz d'enfouissement au Canada



Note: 2012 data assumed constant from 2011 survey results (Environment Canada 2013b).

Figure 2–17 Proportion des gaz d'enfouissement utilisé par rapport à la quantité de gaz brûlé par torchage



Note : Pour 2012, on suppose que les données de 2011 sont restées constantes (Environnement Canada, 2013b).

et n'a pas cessé de diminuer depuis. La quantité des déchets détournés en pourcentage de déchets produits a varié entre 22 % et 25 % au cours de la période 1998-2010 (Statistique Canada, 2000, 2003, 2004, 2007, 2008, 2010, 2013b). Pour ce motif, et en raison des activités d'exportation des déchets depuis le milieu des années 1990, la quantité de déchets enfouis par personne a diminué de seulement 13 % entre 1990 et 2012. La quantité de déchets résidentiels et non résidentiels exportés par le Canada vers les États-Unis est passée de 127 Kt en 1990 à 2 516 Kt en 2012 (Environnement Canada, 2013a).

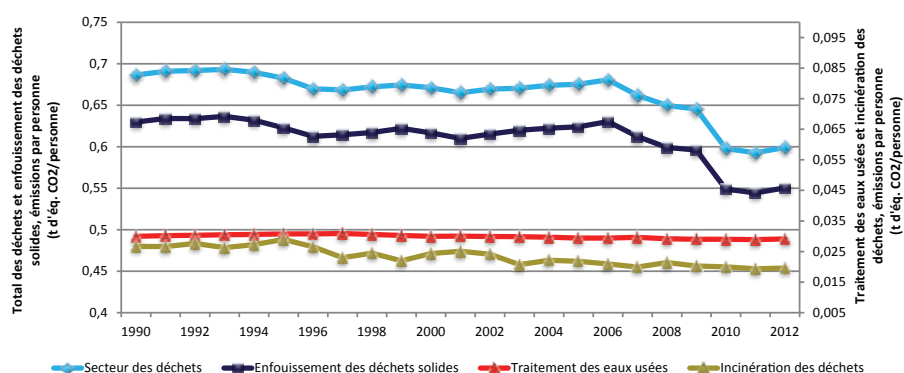
Les émissions dans le sous-secteur du traitement des eaux usées et de l'incinération des déchets a montré une baisse importante au cours de la série chronologique 1990-2012 (Figure 2–18). Les émissions totales par personne attribuables à l'incinération des déchets (DSM, boues d'épuration et déchets dangereux) ont diminué de 27 % au cours de cette période, essentiellement à cause d'une réduction des émissions résultant de la fermeture d'incinérateurs de DSM entre 1992 et 1997. Un facteur vient tempérer la baisse significative des émissions produites par les

incinérateurs de DSM : l'utilisation accrue d'incinérateurs dédiés aux déchets dangereux (Environnement Canada, 2013c). Les émissions produites par ces derniers ont augmenté de 1990 à 1995, puis se sont maintenues à peu près au même niveau par la suite.

2.4. Tableaux des émissions selon les secteurs économiques

Dans le présent rapport, les estimations des émissions sont principalement regroupées en fonction de secteurs d'activités définis par le GIEC (c.-à-d. l'énergie, les procédés industriels, l'utilisation de solvants et d'autres produits, l'agriculture, l'affectation des terres, les changements dans l'affectation des terres et la foresterie, et les déchets). Bien qu'il soit nécessaire d'utiliser cette méthode de catégorisation par souci d'uniformité avec les lignes directrices de la CCNUCC sur la présentation de rapports, il est aussi utile de répartir les émissions en fonction de

Figure 2-18 Tendence des émissions par personne pour les déchets, 1990-2012



secteurs économiques, puisque la plupart des gens associent les émissions de GES à une activité économique en particulier (p. ex. la production d'électricité, l'agriculture ou l'utilisation d'une voiture). Dans cette section, les émissions sont regroupées selon les secteurs économiques suivants : exploitation pétrolière et gazière, électricité, transports, industries tributaires du commerce et à forte intensité d'émissions¹⁹, bâtiments, agriculture et déchets et autres.

Cette répartition tient compte de la proportion pertinente des émissions attribuables à diverses sous-catégories du GIEC afin de créer un profil complet des émissions pour un secteur économique précis. Il s'agit de l'approche appliquée aux fins de déclaration, par rapport à l'objectif du Canada fixé à Copenhague, dans le rapport annuel des Tendances en matière d'émissions au Canada. Le Tableau 2-14 décrit en détail la relation entre les secteurs économiques et les catégories du GIEC. L'examen du cheminement historique des émissions canadiennes de GES en fonction des secteurs économiques, permet de déterminer les points de pression et les enjeux émergents en rapport avec la croissance des émissions. Il permet aussi de mieux comprendre le lien existant entre les activités économiques et les émissions de GES pour analyser les tendances et à des fins d'analyses publiques et des politiques.

Par exemple, le secteur économique des transports comprend les émissions produites par les moyens de transport utilisés pour les déplacements de personnes (voitures, camions, trains, aéronefs et navires) et aussi les émissions produites par les véhicules de service (camions lourds et autres véhicules commerciaux) pour le déplacement de marchandises. Cependant, contrairement à la catégorisation du GIEC, le secteur économique des transports ne comprend pas les émissions attribuables au transport hors route lié à l'agriculture, à l'exploitation minière, à la construction, à la

foresterie, aux pipelines ou à d'autres activités industrielles. Le fait d'exclure les émissions attribuables au transport hors route du secteur économique des transports permet de s'assurer que les émissions liées à des activités industrielles ne contribuent pas aux tendances liées aux besoins en matière de transport sur route des passagers et des marchandises. Par exemple, s'il y avait une tendance à la hausse des activités agricoles ou minières, les émissions provenant de l'utilisation accrue des machines agricoles mobiles ou des tombereaux de chantier se refléteraient dans les estimations des secteurs économiques de l'agriculture ou de l'exploitation minière.

Il est important de noter que cette répartition reclasse simplement les émissions sous différentes catégories, mais ne change pas l'ampleur globale des estimations des émissions canadiennes. Le Tableau 2-13 montre la répartition des émissions en fonction du secteur économique d'où elles proviennent. Chaque secteur économique comprend les émissions résultant de procédés liés à l'énergie et non liés à l'énergie. En particulier, le secteur pétrolier et gazier englobe toutes les émissions produites pendant l'exploitation, la distribution, le raffinage et la valorisation des produits pétroliers et gaziers; le secteur de l'électricité englobe toutes les émissions générées par l'électricité produite dans le secteur public et le transport d'électricité pour les utilisateurs résidentiels, industriels et commerciaux; le secteur des transports englobe toutes les émissions produites par les tuyaux d'échappement des véhicules utilisés pour le transport national de passagers et de marchandises; le secteur des industries tributaires du commerce et à forte intensité d'émissions englobe toutes les émissions produites par les activités minières, la fonte et le raffinage, et la production et le traitement des biens industriels, comme le papier ou le ciment; le secteur des bâtiments englobe les émissions produites directement par les immeubles résidentiels et commerciaux; le secteur des déchets et autres englobe les émissions produites par les déchets solides et liquides, l'incinération des déchets, la production de charbon, les activités de l'industrie légère, de la construction et de l'exploitation forestière; enfin, le secteur de l'agriculture englobe

¹⁹ Le secteur des industries tributaires du commerce et à forte intensité d'émissions englobe toutes les émissions produites par les activités minières autres que celles pour le pétrole et le gaz, c.-à-d. la fonte et le raffinage et les pâtes et papiers, la sidérurgie, le ciment, la chaux et le gypse, et les produits chimiques et les engrais.

toutes les émissions produites par les activités agricoles, y compris celles liées à la consommation d'énergie par l'équipement agricole ainsi que celles liées aux cultures agricoles et à l'élevage.

2.4.1. Tendances des émissions par secteur économique

En 2012, le secteur économique de l'industrie pétrolière et gazière a été responsable de la plus grande part d'émissions de GES au Canada (25 %). Entre 1990 et 2012, les émissions attribuables à ce secteur ont augmenté de 72 Mt; la majeure partie de cette augmentation (58 Mt) s'est produite entre 1990 et 2005, alors que le secteur a pris de l'expansion et adopté de nouveaux procédés d'extraction. Cependant, l'augmentation des émissions de GES du secteur pétrolier et gazier a ralenti de 2005 à 2012 en raison de plusieurs facteurs, dont le ralentissement économique qui a entraîné une diminution de la demande mondiale de produits pétroliers et l'épuisement graduel des ressources pétrolières et gazières classiques au Canada.

Le secteur économique des transports occupe le deuxième rang pour sa contribution aux émissions de GES au Canada; il représentait 24 % des émissions totales en 2012. Même s'il y a eu une légère augmentation des émissions de GES dans ce secteur entre 2009 et 2012 (2,6 Mt), le taux de croissance des émissions n'est pas revenu à sa tendance d'avant le ralentissement économique. Les émissions ont augmenté de 39 Mt entre 1990 et 2005, soit une augmentation d'environ 30 % pendant la période. Ces tendances des émissions de GES dans l'ensemble du secteur des transports sont alimentées par diverses tendances observées dans les sous-secteurs, comme ceux des véhicules lourds et des véhicules légers. Par exemple, le rendement énergétique moyen des véhicules légers s'améliore continuellement, mais leur nombre sur la route continue d'augmenter. Parmi les autres facteurs influant sur le niveau des émissions, on compte l'évolution démographique, les changements de la demande en matière de déplacements personnels, les prix plus élevés de l'essence et les politiques gouvernementales.

En 2012, le secteur de l'électricité représentait 12 % des émissions canadiennes totales. Les émissions attribuables au secteur de l'électricité ont augmenté parallèlement à la hausse de la demande d'électricité à l'intérieur du pays et de la demande d'exportation aux États-Unis au début de la période. De plus, avant 2005, la part d'électricité produite à partir de combustibles fossiles comparativement à des sources non émettrices, comme l'énergie hydroélectrique et l'énergie nucléaire, a augmenté dans le portefeuille de production d'électricité. Les émissions du secteur de l'électricité ont augmenté de 28 Mt (29 %) entre 1990 et 2005. Plus récemment, ces émissions ont diminué en raison de mesures comme la remise en service d'un certain nombre de centrales nucléaires et le passage au gaz naturel, mais aussi à cause de la fermeture d'un certain nombre de centrales au charbon.

D'autres mesures, tels le passage supplémentaire au gaz naturel et les incitatifs en matière d'efficacité énergétique, combinés au ralentissement économique, ont davantage réduit les émissions, plus précisément de 35 Mt (29 %) entre 2005 et 2012.

Les émissions du secteur des industries tributaires du commerce et à forte intensité d'émissions ont subi une certaine variation au cours de la période. Elles représentaient 16 % des émissions canadiennes totales en 1990, diminuant à 12 % en 2005. Plus récemment, les émissions ont continué à diminuer à cause du ralentissement économique et de l'évolution continue de la production canadienne vers d'autres secteurs et services, ce qui s'est traduit par une diminution de 11 Mt entre 2005 et 2012. Les émissions de GES du secteur des bâtiments avaient augmenté à cause de la croissance démographique et du développement commercial, mais, comme dans tous les secteurs de l'économie, elles ont diminué légèrement pendant la période de récession. Pour leur part, les émissions des secteurs de l'agriculture et des déchets et autres ont continué généralement à présenter une tendance à la hausse lente ou une tendance relativement stable pendant la période, respectivement.

La relation entre les secteurs économiques et les catégories du GIEC est illustrée au Tableau 2–14.

2.5. Tendances des émissions des précurseurs de l'ozone et des aérosols

Même si elles ne sont pas obligatoires, les lignes directrices de la CCNUCC sur l'établissement des rapports incitent les Parties visées à l'Annexe I à fournir des renseignements sur les GES indirects suivants : oxydes de soufre (SO_x), oxydes d'azote (NO_x), monoxyde de carbone (CO) et composés organiques volatils non méthaniques (COVNM). Pour toutes les catégories, sauf le secteur ATCATF, ces gaz (aussi appelés principaux contaminants atmosphériques, ou PCA) sont répertoriés et déclarés séparément à la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe²⁰. Au cours de la période 1990–2012, les émissions des précurseurs de l'ozone et des aérosols ont chuté. Les émissions de SO_x ont diminué de 60 %; celles des COVNM, de 28 %; celles de NO_x , de 24 %, et celles de CO, de 45 % (voir les tableaux de données de 2012 à l'annexe 10). Les sommaires nationaux des émissions des principaux polluants atmosphériques, ainsi que les tendances historiques nationales des émissions, sont disponibles sur le site Web d'Environnement Canada²¹.

20 Disponible à l'adresse : www.ceip.at.

21 Les Sommaires des émissions de polluants atmosphériques de 2012 et tendances historiques pour le Canada sont disponibles à l'adresse suivante : www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=Fr&n=F98AFAE7-1.

Tableau 2-13 Détails des tendances des émissions de GES par secteur

	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
	Mt d'équivalent CO ₂							
TOTAL DES ÉMISSIONS NATIONALES DE GES	591	721	736	731	689	699	701	699
Pétrole et gaz	101	151	159	162	161	163	164	173
Industrie amont du pétrole et du gaz	82	131	135	139	138	140	143	150
Production et traitement du gaz naturel	33	55	54	54	50	49	48	48
Production de pétrole classique	22	34	32	30	28	29	29	30
Production de pétrole léger classique	11	12	9	9	9	9	10	10
Production de pétrole lourd classique	11	21	21	18	17	18	18	18
Production de pétrole des régions pionnières	0*	1	2	2	2	2	2	2
Sables bitumineux (exploitation, extraction sur place, valorisation)	15	25	34	42	47	52	55	61
Exploitation minière et extraction	4	5	9	11	13	14	14	15
Extraction sur place	5	8	11	17	18	21	23	26
Valorisation	7	11	13	15	16	17	18	20
Transport du pétrole et du gaz naturel	11	17	16	13	12	11	11	11
Industrie aval du pétrole et du gaz	19	20	24	23	23	23	22	22
Raffinage du pétrole	18	19	22	21	21	21	20	20
Distribution du gaz naturel	1	2	2	2	2	2	2	2
Électricité	94	129	121	113	97	99	92	86
Transports	128	155	168	166	163	167	166	165
Transport de passagers	78	91	96	96	96	97	93	94
Voitures, camions et motocyclettes	69	83	87	87	87	88	85	85
Transport par autobus, train et transport aérien intérieur	8	9	9	9	8	8	8	8
Transport de marchandises	39	48	57	59	57	60	61	61
Camions lourds, trains	32	41	49	52	49	52	54	54
Transport aérien intérieur et transport maritime	6	7	8	7	7	8	7	7
Autres : à des fins récréatives, commerciales et résidentielles	12	16	14	10	10	11	12	11
Industries tributaires du commerce et à forte intensité d'émissions	95	92	89	88	75	76	80	78
Exploitation minière	6	6	6	8	7	7	7	8
Fonte et raffinage (métaux non ferreux)	17	15	14	13	11	11	11	10
Pâtes et papiers	15	13	9	7	7	6	7	6
Sidérurgie	16	19	19	20	15	16	16	16
Ciment	9	11	13	12	10	10	10	10
Chaux et gypse	3	3	3	3	2	3	3	3
Produits chimiques et engrais	29	25	25	26	23	24	26	25
Bâtiments	70	82	84	84	82	79	85	80
Secteur des services	27	37	40	38	38	37	40	39
Résidentiel	44	45	45	46	44	42	45	41
Agriculture	54	66	68	71	66	68	67	69
Combustibles à la ferme	8	10	10	13	10	13	14	14
Cultures agricoles	18	20	19	23	22	22	22	24
Élevage	29	36	39	36	34	33	31	32
Déchets et autres	48	46	47	48	45	46	47	47
Déchets	19	21	22	22	22	20	20	21
Production de charbon	4	3	2	3	3	4	4	4
Industrie légère, construction et exploitation forestière	26	23	23	23	20	22	23	22

Note:

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

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

* Moins de 0,5 Mt d'éq. CO₂

Tableau 2-14 Émissions de GES en 2012 selon les catégories de l'inventaire national et les secteurs économiques

SECTEUR ÉCONOMIQUE

	Total par secteur économique	Catégories de l'inventaire national ^a										
		Énergie								Procédés industriels		
		Énergie : Combustion de combustibles				Énergie : émissions fugitives				Produits minéraux ^d	Industrie chimique ^e	Production de métaux ^f
		De sources fixes		Transport	Fugitives (non intentionnelles)	Torchage	Évacuation	Total				
		Fixes	Cogénération industrielle									
			Électricité ^c	Vapeur destinée à la vente								
Mt d'équivalent CO ₂												
Total par catégorie de l'inventaire nationale^{a,b}	699	297	11,0	1,1	195	26,8	4,7	29,5	566	8,3	7,0	16,3
Pétrole et gaz	173	93,1	7,0	0,1	10,6	25,8	4,7	29,5	171,0			
Industrie amont du pétrole et du gaz	150	76,8	6,6	-	10,6	23,7	4,5	28,1	150,3			
Production et traitement du gaz naturel	48	22,6	3,0	-	0,3	11,7	0,7	9,9	48,3			
Production de pétrole classique	30	7,5	0,5	-	1,7	3,6	2,4	14,3	30,1			
Production de pétrole léger classique	10	3,1	0,1	-	1,3	1,8	1,6	2,5	10,3			
Production de pétrole lourd classique	18	3,7	-	-	0,5	1,8	0,5	11,9	18,3			
Production de pétrole des régions pionnières	2	0,7	0,4	-	0,0	0,0	0,4	0,0	1,6			
Sables bitumineux (exploitation, extraction sur place, valorisation) ^c	61	46,7	3,0	-	2,9	2,8	1,4	3,8	60,6			
Exploitation minière et extraction	15	7,6	1,1	-	2,9	2,7	0,2	-	14,5			
Extraction sur place	26	23,8	0,8	-	-	0,0	0,7	1,2	26,5			
Valorisation	20	15,2	1,2	-	-	0,0	0,5	2,6	19,6			
Transport du pétrole et du gaz naturel	11	-	-	-	5,6	5,7	0,0	0,0	11,3			
Industrie aval du pétrole et du gaz	22	16,3	0,4	0,1	0,1	2,1	0,2	1,4	20,6			
Raffinage du pétrole	20	16,3	0,4	0,1	-	0,1	0,2	1,4	18,6			
Distribution du gaz naturel	2	-	-	-	0,1	2,0	-	-	2,1			
Électricité	86	85,4		0,6					86,0			
Transports^h	165				162,6				162,6			
Transport de passagers	94				91,9				91,9			
Voitures, camions et motocyclettes ^g	85				83,8				83,8			
Transport par autobus, train et transport aérien intérieur	8				8,0				8,0			
Transport de marchandises	61				60,0				60,0			
Camions lourds, trains	54				53,6				53,6			
Transport aérien intérieur et transport maritime	7				6,5				6,5			
Autres : à des fins récréatives, commerciales et résidentielles	11				10,7				10,7			
Industries tributaires du commerce et à forte intensité d'émissions	78	31,6	2,7	0,4	3,3				38	8,2	7,0	16,3
Exploitation minière	8	4,0	0,7	-	3,0				7,7			
Fonte et raffinage (métaux non ferreux)	10	3,2	0,0	0,0	0,1				3,3	0,0		6,5
Pâtes et papiers	6	4,8	1,1	0,1	0,1				6,1	0,0		
Sidérurgie	16	5,5	0,0	0,0	0,1				5,6	0,2		9,8
Ciment	10	4,0	-	-	0,0				4,0	6,3		
Chaux et gypse	3	1,1	-	-	0,0				1,1	1,4		
Produits chimiques et engrais	25	9,0	0,9	0,3	0,0				10,1	0,2	7,0	
Bâtiments	80	68,4	0,6						69,0			
Secteur des services	39	27,5	0,6						28,1			
Résidentiel	41	40,9							40,9			
Agriculture	69	3,4	0,0		10,2				13,6			
Combustibles à la ferme ⁱ	14	3,4	0,0		10,2				13,6			
Cultures agricoles	24								-			
Élevage	32								-			
Déchets	21								-			
Déchets solides	19								-			
Eaux usées	1								-			
Incinération des déchets	1								-			
Production de charbon	4	1,1	-	-	1,5	1,0	-	-	3,6			
Industrie légère, construction et xploitation forestière	22	14,4	0,6	0,0	6,9				22,0	0,2		
Activités de l'industrie légère	15	12,9	0,6	0,0	0,7				14,1	0,2		
Activités de la construction	6	1,5	-	-	5,0				6,4			
Exploitation des ressources forestières	1	0,1	0,0	-	1,3				1,4			

Notes: Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué. Les sommes de chaque catégorie économique sont arrondies à une mégatonne (Mt) près.

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

a. La catégorisation des émissions est faite selon les secteurs du GIEC, conformément aux exigences de la CCNUCC sur la présentation de rapports.

b. Les totaux nationaux excluent toutes les GES associées au secteur de l'affectation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie.

c. La catégorie Cogénération industrielle comprend les émissions associées à la production simultanée d'électricité et de chaleur. Dans le cas des sables bitumineux (seulement) Dans certaines installations, une partie de l'électricité est produite par des génératrices sur place appartenant au secteur public. Les émissions de cogénération de ces installations spécifiques sont comprises dans la catégorie Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public, dans le format du rapport d'inventaire national (CCNUCC).

Catégories de l'inventaire national ^a													
Procédés industriels				Agriculture				Déchets					
Consommation d'halocarbures et de SF ₆	Autres procédés industriels et procédés indifférenciés	Utilisation de solvants et d'autres produits ^g	Total	Gestion du fumier	Fermentation entérique	Sols agricoles	Total	Enfouissement des déchets solides	Traitement des eaux usées	Incinération des déchets	Total	ATCATF ^b	
Mt d'équivalent CO ₂													
8,0	16,8	0,3	56,7	6,4	17,6	31,6	55,5	18,9	1,0	0,7	20,6	40,0	Total par catégorie de l'inventaire nationale^{a,b}
	1,6		1,6										Pétrole et gaz
	0,1		0,1										Industrie amont du pétrole et du gaz
													Production et traitement du gaz naturel
													Production de pétrole classique
													Production de pétrole léger classique
													Production de pétrole lourd classique
													Production de pétrole des régions pionnières
	0,1		0,1										Sables bitumineux (exploitation, extraction sur place, valorisation) ^c
	0,1		0,1										Exploitation minière et extraction
													Extraction sur place
													Valorisation
													Transport du pétrole et du gaz naturel
	1,5		1,5										Industrie aval du pétrole et du gaz
	1,5		1,5										Raffinage du pétrole
													Distribution du gaz naturel
0,2			0,2										Électricité
2,5	0,1		2,6										Transports^h
1,6	0,1		1,7										Transport de passagers
1,5	0,1		1,6										Voitures, camions et motocyclettes ^g
0,1	0,0		0,1										Transport par autobus, train et transport aérien intérieur
0,9	0,0		1,0										Transport de marchandises
0,8	0,0		0,9										Camions lourds, trains
0,1	0,0		0,1										Transport aérien intérieur et transport maritime
													Autres : à des fins récréatives, commerciales et résidentielles
0,5	8,4		40,4										Industries tributaires du commerce et à forte intensité d'émissions
	0,1		0,1										Exploitation minière
	0,7		7,2										Fonte et raffinage (métaux non ferreux)
	0,0		0,0										Pâtes et papiers
	0,6		10,7										Sidérurgie
	0,0		6,3										Ciment
	0,0		1,5										Chaux et gypse
0,5	7,0		14,7										Produits chimiques et engrais
4,7	6,4	0,3	11,4										Bâtiments
4,3	6,4	0,3	11,0										Secteur des services
0,4		0,0	0,4										Résidentiel
	0,0		0,0	6,4	17,6	31,6	55,5						Agriculture
	0,0		0,0										Combustibles à la ferme ⁱ
						23,9	23,9						Cultures agricoles
				6,4	17,6	7,7	31,7						Élevage
								18,9	1,0	0,7	20,6		Déchets
								18,9			18,9		Déchets solides
									1,0		1,0		Eaux usées
										0,7	0,7		Incinération des déchets
													Production de charbon
0,1	0,2		0,5										Industrie légère, construction et exploitation forestière
0,1	0,2		0,5										Activités de l'industrie légère
	0,0		0,0										Activités de la construction
	0,0		0,0										Exploitation des ressources forestières
												40,0	

d. Les produits minéraux comprennent la production de ciment, de chaux et l'utilisation de produits minéraux.

e. L'industrie chimique comprend la production d'ammoniac, la production d'acide nitrique, la production pétrochimique (CH₄ et N₂O seulement) et la production d'acide adipique.

f. La production de métaux comprend la production sidérurgique, la production d'aluminium ainsi que le SF₆ utilisé dans les usines de fonte et de moulage de magnésium.

g. L'utilisation de solvants et autres produits englobe les émissions attribuables à l'utilisation de N₂O dans les anesthésiques et les aérosols.

h. Les émissions résultant de la consommation de gaz naturel et de propane dans les transports sont attribuées aux voitures, aux camions légers et aux autobus.

i. La sous-catégorie Combustibles à la ferme englobe les émissions associées à l'utilisation de graisses et huiles lubrifiantes.

* Moins de 0,5 Mt d'éq. CO₂

Chapitre 3

Énergie (secteur 1 du CUPR)

3.1. Overview

Dans l'ensemble, le secteur de l'énergie a été responsable d'environ 81 % (ou 566 Mt d'éq. CO₂) des émissions totales de GES du Canada en 2012 (Tableau 3-1). Le secteur de l'énergie représente toutes les émissions de GES (CO₂, CH₄ et N₂O) résultant de la combustion de combustibles attribuable à des sources fixes et aux transports ainsi que les émissions fugitives de l'industrie des combustibles fossiles¹. Les émissions fugitives attribuables à l'industrie des combustibles fossiles sont les rejets délibérés (évacuation) ou accidentels (fuites, accidents) de GES qui peuvent résulter des activités de production, de transformation, de transport et d'entreposage des combustibles. Les émissions des activités de torchage de l'industrie du pétrole et du gaz sont déclarées dans la catégorie des émissions fugitives, étant donné que leur but n'est pas de produire de la chaleur ou de générer du travail mécanique (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

Les émissions découlant de la combustion de combustibles de sources fixes englobent, par exemple, l'utilisation de combustibles fossiles par l'industrie productrice d'électricité, l'industrie

¹ Les émissions dues à l'utilisation des combustibles fossiles à des fins non énergétiques sont attribuées au secteur des procédés industriels.

du pétrole et du gaz, les industries manufacturières et de la construction et le secteur résidentiel et commercial. Seules les émissions de CH₄ et de N₂O qui résultent de la combustion de combustibles issus de la biomasse par l'industrie des pâtes et papiers et par le secteur résidentiel sont comptabilisées dans le secteur de l'énergie, tandis que les émissions de CO₂ résultant de la combustion de la biomasse sont déclarées comme poste pour mémoire dans les tableaux du cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR).

Les émissions de GES résultant de la combustion (et de l'évaporation) de combustibles dans le cadre de toutes les activités de transport, comme le transport ferroviaire, aérien et maritime (intérieur), routier et autres (hors route et pipelines), sont comprises dans le sous secteur des transports. L'utilisation des combustibles pour le transport (essence et diesel) par toute l'industrie minière, par l'industrie de l'extraction du pétrole et du gaz et par le secteur de l'agriculture et de la foresterie est aussi incluse dans la catégorie des autres transports. Les émissions des combustibles de soute internationaux (uniquement en ce qui concerne le transport aérien et maritime) sont également déclarées comme poste pour mémoire dans les tableaux du CUPR.

3.2. Combustion de combustibles (catégorie 1.A du CUPR)

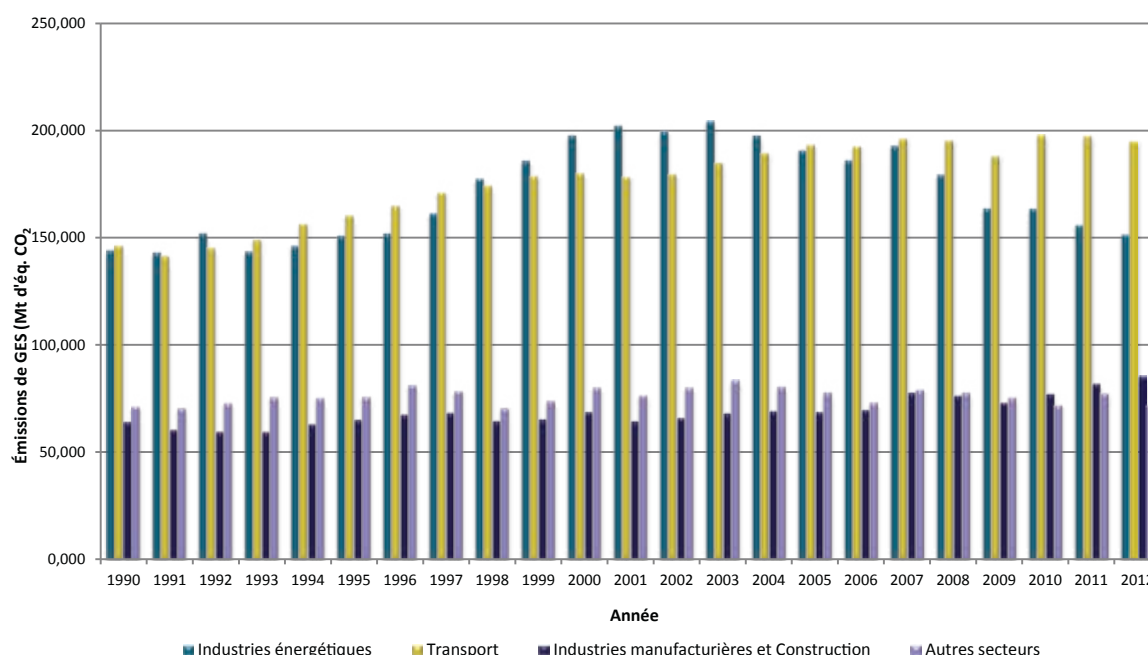
La combustion de combustibles comprend toutes les émissions découlant de la combustion de combustibles fossiles. Parmi les principaux sous secteurs figurent les industries énergétiques, les industries manufacturières et de la construction, les transports et d'autres secteurs (ce qui comprend le secteur résidentiel et commercial). Les méthodes employées pour calculer les émissions découlant de la combustion de combustibles sont uniformes et sont présentées à l'annexe 2 : Méthodologie et données employées pour estimer les émissions dues à la combustion

Tableau 3-1 Émissions de GES du secteur de l'énergie, certaines années

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Secteur de l'énergie	469 000	591 000	595 000	592 000	560 000	570 000	573 000	566 000
Combustion de combustibles (1.A)	427 000	528 000	532 000	530 000	501 000	511 000	513 000	505 000
Industries énergétiques (1.A.1)	144 000	198 000	191 000	180 000	164 000	164 000	156 000	152 000
Industries manufacturières et construction (1.A.2)	64 300	68 900	68 800	76 400	73 200	77 300	82 000	85 400
Transports (1.A.3)	147 000	180 000	194 000	196 000	188 000	198 000	198 000	195 000
Autres secteurs (1.A.4)	71 600	80 600	78 400	78 200	75 900	72 200	77 800	72 300
Émissions fugitives découlant des combustibles (1.B)	42 000	63 000	63 000	62 000	59 000	58 000	60 000	61 000

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

Figure 3-1 Émissions de GES attribuables à la combustion de combustibles, 1990-2012



de combustibles fossiles. Elles sont conformes à la méthode de niveau 2 du GIEC (révisée en 1996) qui précise les coefficients et les paramètres d'émission propres à chaque pays.

En 2012, la combustion de combustibles fossiles a généré environ 505 Mt (soit 72 %) des émissions de GES du Canada (Tableau 3-1). Les émissions globales de GES attribuables aux activités de combustion de combustibles ont augmenté de 18 % depuis 1990 et sont demeurées relativement stables depuis 2010. Entre 1990 et 2012, les émissions imputables à la catégorie des sources de combustion fixes (industries énergétiques, [1.A.2] industries manufacturières et construction et [1.A.4] autres secteurs) et à la catégorie des transports ont augmenté respectivement d'environ 10 % et 33 % (Figure 3-1).

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

3.2.1.1. Description de la catégorie de source

Le sous secteur des industries énergétiques est subdivisé en trois catégories : Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public, Raffinage du pétrole, Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques (essentiellement la production de pétrole brut, de charbon, de gaz naturel, de bitume et de pétrole brut synthétique).

En 2012, le sous-secteur des industries énergétiques a représenté 152 Mt (ou environ 22 %) des émissions totales de GES du

Canada, une hausse d'environ 6 % des émissions totales depuis 1990. La catégorie de la production d'électricité et de chaleur dans le secteur public a représenté 58 % (ou 88 Mt) des émissions de GES des industries énergétiques, tandis que le raffinage du pétrole et la fabrication de combustibles solides et les autres industries énergétiques y ont contribué dans une proportion de 11 % (17 Mt) et de 31 % (47 Mt) respectivement (Tableau 3-2). On trouvera d'autres analyses des tendances des émissions du sous secteur des industries énergétiques dans le chapitre consacré aux tendances (chapitre 2).

Le sous-secteur des industries énergétiques comprend toutes les émissions de sources fixes de la combustion de combustibles du secteur des services publics de production d'électricité et une bonne quantité des émissions dues à la production, à la transformation et au raffinage des combustibles fossiles. Toutes les émissions attribuables à l'industrie des combustibles fossiles sont estimées, bien qu'une partie des émissions des mines de charbon et de l'extraction du pétrole et du gaz (y compris l'exploitation, l'extraction et la valorisation des sables bitumineux) dues à la fabrication de combustibles solides et à d'autres industries énergétiques soit allouée aux sous secteurs Industries manufacturières, Construction-Mines et Transports-Autres sous-secteurs, faute de données sur la consommation de carburants à un niveau inférieur de désagrégation. Les émissions dues à la combustion provenant du transport de pétrole et de gaz naturel par pipeline entrent dans le poste Autres transports conformément aux *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – version révisée de 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

Tableau 3–2 Contribution des industries énergétiques à la production de GES

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Industries énergétiques TOTAL (1.A.1)	144 000	198 000	191 000	180 000	164 000	164 000	156 000	152 000
Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	93 600	130 000	123 000	115 000	99 100	101 000	93 700	88 300
Raffinage du pétrole	16 800	16 900	20 200	19 500	18 900	17 800	17 300	16 800
Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	34 000	51 000	48 000	46 000	46 000	45 000	45 000	47 000

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

Même si elles sont en réalité attribuables aux industries énergétiques, les émissions provenant des activités d'évacuation et de torchage dues à la production, à la transformation et au raffinage des combustibles fossiles sont déclarées comme émissions fugitives (section 3.3 Émissions fugitives [catégorie 1.B du CUPR]).

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

La catégorie Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public couvre les émissions attribuables à la production d'électricité et de chaleur par la combustion de combustibles dans les centrales thermiques du secteur public². Les émissions estimées de GES de ce secteur n'incluent pas les émissions issues de la production industrielle d'énergie; ces émissions ayant plutôt été attribuées à des secteurs industriels spécifiques.

Le réseau de distribution d'électricité au Canada comprend la production d'électricité par combustion de même que l'hydroélectricité et les filières nucléaires et d'autres énergies renouvelables (éolienne, solaire et marémotrice). La quantité totale d'énergie d'origine éolienne, marémotrice et solaire est relativement faible comparée à celle des importantes installations hydroélectriques et nucléaires du Canada. Les centrales nucléaires, hydroélectriques, éoliennes, solaires et marémotrices ne sont pas des émetteurs directs de GES, de sorte que les estimations correspondent seulement aux émissions de la production d'électricité par combustion. La production de vapeur et les moteurs à combustion interne sont les principaux systèmes qui servent à générer de l'électricité par des procédés thermiques. Les chaudières à turbine à vapeur sont alimentées au charbon, au coke du pétrole, au mazout lourd, au gaz naturel ou à la biomasse. Les moteurs alternatifs peuvent consommer du gaz naturel ou une combinaison de PPR. Les turbines à gaz sont aussi alimentées au gaz naturel ou aux PPR.

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

La catégorie Raffinage du pétrole couvre les émissions directes dues à la production de produits pétroliers à partir de matières

premières brutes. Le brut conventionnel ou synthétique est transformé par distillation et par d'autres procédés en produits pétroliers, comme du mazout lourd, du mazout résidentiel, du carburant d'aviation, de l'essence et du carburant diesel. La chaleur qu'exigent ces procédés provient de la combustion de combustibles générés à l'interne (comme les gaz de distillation) ou de combustibles achetés (comme le gaz naturel). Le CO₂ qui est un sous-produit de la production d'hydrogène dans le reformage à la vapeur du gaz naturel entre dans la catégorie des émissions fugitives (section 3.3).

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

La catégorie Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques comprend les émissions attribuables à la production de pétrole brut et de gaz naturel, à l'exploitation des sables bitumineux, à l'extraction et à la valorisation du bitume et aux mines de charbon. Une partie des émissions attribuables aux mines de charbon et à l'extraction du pétrole et du gaz (y compris l'exploitation, l'extraction et la valorisation des sables bitumineux) sont déclarées dans la catégorie Industries manufacturières et construction-mines, tandis que les émissions attribuables au transport par pipeline et à l'utilisation des combustibles (essence et diesel) destinés au transport hors route dans les mines de charbon et dans le secteur de l'extraction du pétrole et du gaz sont inscrites sous Autres transports, étant donné qu'il n'est pas possible de subdiviser davantage les données du bilan énergétique national tel que compilé par Statistique Canada.

Les installations de valorisation sont chargées de produire du pétrole brut synthétique à partir de la matière première constituée par le bitume issu du traitement des sables bitumineux, de l'extraction et des activités de récupération *in-situ* (p. ex. l'extraction thermique). La composition en hydrocarbures du brut synthétique (ou valorisé) est semblable à celle du brut classique, qui peut être raffiné pour donner des produits pétroliers raffinés comme l'essence et le carburant diesel. Les installations de valorisation utilisent également du gaz naturel ainsi que des combustibles produits à l'interne comme les gaz de distillation, ce qui entraîne à la fois des émissions de combustion et des émissions fugitives.

² Catégorie définie par Statistique Canada.

3.2.1.2. Questions de méthodologie

Les émissions de toutes les catégories de sources sont calculées à l'aide de la méthode décrite à l'annexe 2 et reposent principalement sur les statistiques sur la consommation de combustibles présentées dans le *Bulletin sur la disponibilité et l'écoulement d'énergie au Canada* (BDEEC, Statistique Canada, n° 57-003). La méthode est conforme à la méthode de niveau 2 du GIEC en ce qui concerne les coefficients d'émission propres à chaque pays.

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

Selon les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – version révisée de 1996* IEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997), la catégorie Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public ne doit inclure que les émissions produites par les services publics. Les émissions issues de la production industrielle d'électricité et de chaleur sont attribuées à la catégorie d'industrie qui produit l'énergie dans le secteur industriel approprié du secteur de l'énergie, que l'énergie soit produite pour être vendue ou pour être utilisée à l'interne. En effet, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) admet qu'il est difficile de séparer les émissions des centrales de cogénération (c.-à-d. de séparer l'élément électricité de l'élément chaleur de l'utilisation des combustibles). Les données de Statistique Canada sur l'utilisation des combustibles, présentées dans le *Bulletin sur la disponibilité et l'écoulement d'énergie au Canada* (BDEEC), établissent une distinction dans les données sur la production d'électricité industrielle, mais elles les regroupent dans une seule catégorie intitulée Production d'électricité industrielle. Les émissions de la production d'électricité industrielle ont été réattribuées selon leurs sous secteurs industriels respectifs à l'aide des données du BDEEC. La méthode utilisée est décrite en détail à l'annexe 2.

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

Pour cette catégorie, on calcule les émissions en prenant en compte toute l'utilisation de combustibles attribuable au secteur du raffinage du pétrole et en incluant tous les produits pétroliers (y compris les gaz de distillation, le coke de pétrole et le carburant diesel) déclarés comme consommation des producteurs ou consommation personnelle et achats de gaz naturel comme combustible par les raffineries. Dans le BDEEC, les données sur la combustion des combustibles comprennent les combustibles brûlés par torchage; toutefois, les émissions du torchage sont calculées et déclarées séparément dans la catégorie Émissions fugitives (section 3.3.2). On a soustrait les données sur l'utilisation de combustibles et les émissions du torchage afin d'éviter la double comptabilisation.

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

Pour cette catégorie, on calcule les émissions en prenant en compte toute l'utilisation de combustibles attribuable aux producteurs de combustibles fossiles (y compris le coke de pétrole, les gaz de distillation, le gaz naturel, les GNL et le charbon). Dans le BDEEC, les données sur la combustion des combustibles comprennent les combustibles brûlés par torchage; toutefois, les émissions du torchage sont calculées et déclarées séparément dans la section des émissions fugitives. On a soustrait les données sur l'utilisation de combustibles et les émissions du torchage afin d'éviter la double comptabilisation.

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

La plage d'incertitude estimative du sous-secteur des industries énergétiques est de $\pm 7\%$ pour tous les gaz et de $\pm 7\%$ pour le CO₂ seul.

Le degré d'incertitude attribué au sous secteur des industries énergétiques est fonction dans une large mesure des méthodes de collecte des données sur les activités ainsi que de la représentativité des coefficients d'émission pour certaines propriétés des combustibles. On connaît généralement très bien les volumes et les propriétés des combustibles commerciaux, tandis que le degré d'incertitude est plus grand lorsqu'il s'agit des quantités déclarées et des propriétés de combustibles non commercialisables (comme l'utilisation *in situ* du gaz naturel provenant des puits de production et la consommation des gaz de distillation). Par exemple, dans la catégorie Raffinage du pétrole, les coefficients d'émission de CO₂ pour les combustibles non commercialisables tels que consommés, comme les gaz de distillation, le coke de pétrole et le coke catalytique, influent plus grandement sur l'estimation de l'incertitude que les coefficients d'émission de CO₂ des combustibles commerciaux. Les coefficients d'émission de CO₂ pour le charbon ont été établis à l'aide de méthodes statistiques utilisant un intervalle de confiance de 95 %.

Environ 78 % des émissions générées en 2012 par le secteur de la fabrication des combustibles solides et des autres industries énergétiques sont dues à la consommation de gaz naturel dans les industries de la production et de la transformation du gaz naturel, de l'extraction de pétrole classique et de l'extraction de bitume *in situ*. Le degré d'incertitude pour ce combustible subit l'influence des coefficients d'émission de CO₂ ($\pm 6\%$) et de CH₄ (0 % à 240 %) pour la consommation de gaz naturel brut. On a utilisé des coefficients d'émission pour le gaz naturel qui ont été pondérés à l'échelle provinciale pour estimer les émissions du secteur du gaz naturel, en raison de la pénurie de données au niveau des usines, notamment sur la composition physique du gaz naturel brut (qui peut varier d'une usine à l'autre). C'est ainsi

que le degré estimatif d'incertitude global repose lui aussi sur une hypothèse plutôt vague.

L'incertitude estimative des émissions de CH₄ (±39 %) et de N₂O (±38 %) du sous secteur des industries énergétiques est fonction du degré d'incertitude des coefficients d'émission (ICF Consulting, 2004). Il faut solliciter les explications d'experts pour améliorer le degré estimatif d'incertitude associé aux émissions de CH₄ et de N₂O de certaines des fourchettes des coefficients d'émission et des fonctions de densité de probabilité élaborées par ICF Consulting, le temps n'ayant pas permis de faire vérifier ces hypothèses par des experts de l'industrie. Les estimations relatives au sous secteur des industries énergétiques sont uniformes dans le temps et sont calculées selon la même méthode. On trouvera une analyse des données sur les activités, fondée sur les renseignements du BDEEC relatifs à l'utilisation des combustibles, à la section 3.2.1.5 Recalculs.

3.2.1.4. AQ/CQ et vérification

Des contrôles de la qualité sont réalisés sous une forme compatible avec les *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux* (GIEC, 2000). Parmi les éléments d'un contrôle de la qualité de niveau 1 figure un examen du modèle d'estimation, des données sur les activités, des coefficients d'émission, de la cohérence des séries chronologiques, des erreurs de transcription, des documents de référence, des coefficients de conversion, de l'étiquetage des unités ainsi que des calculs types des émissions.

3.2.1.5. Recalculs

Plusieurs activités d'amélioration ont permis d'accroître l'exactitude des données ainsi que leur comparabilité et leur uniformité par rapport aux exigences des *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – version révisée de 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997) et de celles de la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Tel exposé plus en détail ci-dessous, les données d'activités révisées ont donné lieu à de nouveaux calculs et ont permis de réattribuer les émissions de la catégorie de la fabrication des combustibles solides et des autres industries énergétiques à celui des autres moyens de transport (véhicules hors route à moteur diesel).

Données d'activité : Les révisions apportées aux données d'activité suivantes ont entraîné de nouveaux calculs :

- Les données pour 2011 sur l'utilisation des combustibles ont été révisées par Statistique Canada, et les estimations ont été recalculées en conséquence.
- Les données pour 1995-2003 sur l'utilisation des combustibles ont été révisées d'après l'information fournie par Statistique Canada; les estimations ont été recalculées en conséquence pour améliorer l'uniformité et la comparabilité de

l'ensemble de données jusqu'en 2012. Le rapport précédent comprenait d'importantes améliorations méthodologiques apportées au BDEEC fondées sur :

- l'utilisation directe de l'Enquête sur la consommation industrielle d'énergie (ECIE) annuelle pour mieux tenir compte des valeurs de consommation de combustible des industries manufacturières;
- l'utilisation du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN).
- Les mises à jour des données d'activité dans le présent rapport représentent un suivi des révisions de l'année précédente, qui touchaient les données de 2004 à 2011. Les dernières révisions font en sorte que l'ensemble de la série chronologique de 1990 à 2012 est entièrement uniformisée, conformément aux Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques.

Réattribution des données d'activité : De plus, les émissions des moteurs diesel précédemment déclarées dans la catégorie de la fabrication de combustibles solides et des autres industries énergétiques ont été réattribuées à la catégorie du transport hors route.

3.2.1.6. Améliorations prévues

Un nombre sans cesse croissant de données étant déclarées dans des rapports publics, on procède actuellement à un examen des méthodes de niveau 3 pour la catégorie Production de chaleur et d'électricité du secteur public dans le but d'élaborer un inventaire ascendant. En raison de l'utilisation accrue de centrales de production combinée d'électricité et de chaleur (et de centrales de cogénération), il importe de mener des recherches et des investigations supplémentaires pour s'assurer que les émissions sont attribuées de manière appropriée.

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

3.2.2.1. Description de la catégorie de source

Ce sous-secteur se compose des émissions de la combustion de combustibles fossiles par l'ensemble des industries du secteur minier, manufacturier et du bâtiment. La CCNUCC a désigné, dans le sous-secteur des Industries manufacturières et de la construction, six catégories qui sont présentées séparément ci-après.

En 2012, le sous-secteur des Industries manufacturières et de la construction était responsable de 85 Mt (soit 12 %) des émissions totales de GES du Canada, avec une augmentation de 33 % (21,1 Mt) de toutes les émissions depuis 1990 (Tableau 3-3 pour plus de détails). Dans le sous-secteur des Industries manufacturières et de la construction, 60,7 Mt (soit 71 %) des émissions de GES proviennent de la catégorie Autres, qui englobe les activités de

Tableau 3-3 Contribution des industries manufacturières et de la construction à la production de GES

GHG Source Category	GHG Emissions (kt CO ₂ eq)							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Industries manufacturières et construction - TOTAL (1.A.2)	64 300	68 900	68 800	76 400	73 200	77 300	82 000	85 400
Sidérurgie	4 950	6 210	5 550	5 760	4 280	4 440	5 270	5 480
Métaux non ferreux	3 260	3 530	3 570	3 750	2 810	2 950	3 270	3 250
Produits chimiques	8 220	10 800	8 280	8 750	8 830	9 860	11 100	10 100
Pâtes, papier et imprimerie	14 500	12 600	8 740	6 400	6 510	6 070	6 330	5 890
Transformation des aliments, boissons et tabac ¹	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
Autres	33 400	35 800	42 700	51 800	50 700	54 000	56 000	60 700
Ciment	3 920	4 580	5 380	4 910	4 480	4 030	4 280	3 960
Exploitation minière	6 590	12 000	18 900	30 000	31 700	34 700	35 900	40 900
Construction	1 870	1 080	1 440	1 370	1 210	1 500	1 430	1 450
Autres industries manufacturières	21 000	18 100	16 900	15 500	13 400	13 700	14 400	14 400

Notes :

1. Les émissions résultant de la transformation des aliments, des boissons et du tabac font partie des Autres industries manufacturières.

IA = Inclus ailleurs

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

fabrication du ciment, d'exploitation minière, de la construction et d'autres activités manufacturières. Cette catégorie est suivie (par ordre décroissant) des catégories Produits chimiques, Pâtes et papiers et imprimerie, Sidérurgie et Métaux non ferreux, à hauteur respectivement de 10,1 Mt (11,8 %), 5,9 Mt (6,9 %), 5,5 Mt (6,4 %) et 3,3 Mt (3,8 %). Les émissions du secteur Transformation des aliments, boissons et tabac entrent dans la sous-catégorie Autres industries manufacturières étant donné que les données sur l'utilisation des combustibles n'existent pas à un niveau de désagrégation suffisant.

Les émissions industrielles résultant de la combustion de combustibles pour produire de l'électricité ou de la vapeur destinées à la vente ont été attribuées au sous-secteur industriel approprié. Les émissions résultant de l'utilisation de combustibles fossiles comme matières premières ou comme réactifs chimiques, notamment comme coke métallurgique dans la réduction du minerai de fer, sont déclarées à la rubrique des procédés industriels pour éviter la double comptabilisation des émissions.

3.2.2.2. Questions de méthodologie

Les émissions résultant de la combustion de combustibles pour chaque catégorie du sous-secteur des industries manufacturières et de la construction sont calculées à l'aide de la méthode décrite à l'annexe 2, conformément à la méthode de niveau 2 du GIEC. Les émissions résultant de la consommation de carburants de transport (comme le carburant diesel et l'essence) sont déclarées dans le sous-secteur des transports (section 3.2.3 – Transports, catégorie 1.A.3 du CUPR). Les questions de méthodologie propres à chaque catégorie du secteur manufacturier sont indiquées ci-après.

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

En 2012, le Canada disposait de quatre établissements intégrés de sidérurgie fabriquant l'ensemble du coke métallurgique à base de charbon. L'ensemble de ces établissements intégrés sont structurés de telle sorte que les sous-produits gazeux qu'ils émettent (p. ex. gaz des fours à coke et des hauts fourneaux) sont utilisés à divers endroits dans l'établissement (p. ex. chaudières, haut fourneau, four à coke). Ainsi, les émissions attribuables à la production de coke sont incluses dans la catégorie Sidérurgie. En raison de l'intégration des usines, tout le gaz produit dans les fours à coke est utilisé sur place, et ces données sont déclarées dans le BDEEC. Étant donné la façon dont la consommation de combustibles est déclarée par l'industrie sidérurgique, il est difficile de calculer la quantité de gaz qui est produite dans les fours à coke et perdue sous forme d'émissions fugitives provenant des activités de torchage. Toutefois, d'après Statistique Canada, la quantité de combustibles torchés est incluse dans les statistiques sur l'énergie, ce qui signifie que ces données tiennent également compte des émissions fugitives.

Les émissions attribuables à l'utilisation de coke métallurgique comme réactif pour la réduction du minerai de fer dans les hauts fourneaux ont été attribuées au secteur des procédés industriels.

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

Toutes les données sur l'utilisation des combustibles dans cette catégorie proviennent du BDEEC.

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

Les émissions découlant des combustibles utilisés comme matières premières sont déclarées dans le secteur des procédés industriels.

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

Les données sur l'utilisation des combustibles couvrent les déchets ligneux industriels et les liqueurs résiduaires brûlés à des fins énergétiques. Les émissions de CH₄ et de N₂O résultant de la combustion de biomasse sont comprises dans la catégorie industrielle des pâtes et papiers. Les émissions de CO₂ résultant de la combustion de biomasse ne sont pas comprises dans les totaux, mais sont déclarées séparément dans les tableaux du CUPR de la CCNUCC comme poste pour mémoire.

Autres (autres industries manufacturières et activités de construction) (catégorie 1.A.2.f du CUPR)

Cette catégorie englobe le reste des émissions du secteur industriel, notamment des secteurs du bâtiment, du ciment, de la fabrication de véhicules, du textile, de l'exploitation minière, des aliments, des boissons et du tabac. La consommation de carburant diesel des véhicules hors route utilisés sur les sites d'exploitations minières (qui comprend aussi l'utilisation du diesel pour l'exploitation ainsi que l'extraction du pétrole et du gaz) a été attribuée à la catégorie Autres modes de transport.

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

Le degré estimatif d'incertitude du sous secteur des industries manufacturières et de la construction est de ± 2 % pour tous les gaz.

Les données de départ sur les quantités de combustibles et les coefficients d'émission de CO₂ sont assorties d'un faible degré d'incertitude, car il s'agit essentiellement de combustibles commerciaux dont les propriétés sont uniformes et dont les quantités achetées pour être consommées peuvent être comptabilisées avec précision. La valeur de l'incertitude liée au coefficient d'émission de CO₂ pour le charbon a été mise à jour récemment avec un intervalle de confiance de 95 % (comme nous l'avons mentionné à la section 3.2.1.3).

Comme le mentionne l'analyse sur le degré d'incertitude du sous secteur des industries énergétiques, il faut solliciter l'avis d'experts pour améliorer le degré estimatif d'incertitude pour le CH₄ et le N₂O pour certaines des plages d'incertitude des coefficients d'émission et des fonctions de densité de probabilité élaborées par les auteurs de l'étude d'ICF Consulting (ICF Consulting, 2004), puisque ces hypothèses n'ont pas été analysées par des experts de l'industrie, faute de temps durant la préparation de l'étude.

Les estimations relatives au sous secteur des industries manufacturières et de la construction ont été établies de manière cohérente dans le temps au moyen de la même méthode. On trouvera

une analyse des données sur l'utilisation des combustibles mises à jour par le BDEEC à la section 3.2.1.5 Recalculs.

3.2.2.4. AQ/CQ et vérification

Des contrôles de la qualité ont été réalisés sous une forme compatible avec les Recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Parmi les éléments d'un contrôle de la qualité de niveau 1 figurent un examen du modèle d'estimation, des données sur les activités, des coefficients d'émission, de la cohérence des séries chronologiques, des erreurs de transcription, des documents de référence, des coefficients de conversion, de l'étiquetage des unités ainsi que des calculs types des émissions.

Des contrôles de qualité de niveau 1 ont été effectués sur l'ensemble du modèle d'estimation des émissions de GES de la combustion fixe, ce qui incluait la vérification des coefficients d'émission, des données sur les activités et des estimations du CO₂, du CH₄ et du N₂O pour toute la série chronologique. Les contrôles de la qualité n'ont révélé aucune erreur mathématique ni de référence. Les données, les méthodes et les changements relatifs aux activités de CQ sont illustrés et archivés sur support papier et électronique.

3.2.2.5. Recalculs

Données d'activités : Les données sur l'utilisation des combustibles ont été fondées sur les données de Statistique Canada, et les estimations ont été corrigées en conséquence. On trouvera plus de détails à la section 3.2.1.5 Recalculs.

3.2.2.6. Améliorations prévues

Comme il s'agit d'une activité en amélioration constante, Environnement Canada, Ressources naturelles Canada et Statistique Canada collaborent à améliorer la qualité de départ du bilan énergétique national et à désagréger les données sur l'utilisation des combustibles.

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

Les émissions attribuables au secteur des transports représentent plus de 28 % (195 Mt – voir le Tableau 3–4 pour plus de détails) des émissions totales de GES du Canada. La plus forte croissance des émissions depuis 1990 a été observée dans les camions légers à essence et les véhicules lourds diesel; cette croissance se chiffre à 104 % (21,2 Mt) pour les camions légers à essence et à 109 % (21,7 Mt) pour les véhicules lourds au diesel. Une baisse à long terme dans certaines catégories du sous secteur des transports a également été observée : en particulier, une baisse des émissions des véhicules légers à essence (voitures), des véhicules au propane et au gaz naturel, des pipelines, de l'aviation intérieure, des véhicules lourds à essence et des véhicules hord

Tableau 3-4 Contribution des transports à la production de GES

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Transports - TOTAL (1.A.3.)	147 000	180 000	194 000	196 000	188 000	198 000	198 000	195 000
Aviation civile (vols intérieurs)	7 100	7 600	7 600	7 300	6 400	6 400	6 200	6 100
Transports routiers	96 700	118 000	130 000	132 000	132 000	134 000	132 000	132 000
Véhicules légers à essence	45 500	42 000	40 200	39 500	39 700	40 000	38 500	38 300
Camions légers à essence	20 300	36 400	42 700	42 300	42 500	42 900	41 200	41 400
Véhicules lourds à essence	7 440	5 470	6 540	6 800	6 910	7 020	6 710	6 910
Motos	152	162	254	263	266	271	264	268
Véhicules légers au diesel	469	466	574	652	699	750	788	824
Camions légers au diesel	702	1 660	1 920	2 020	2 030	2 090	2 050	2 130
Véhicules lourds au diesel	20 000	30 800	37 600	39 200	39 000	40 200	42 000	41 700
Véhicules au propane et au gaz naturel	2 200	1 100	720	880	780	780	820	880
Transport ferroviaire	7 000	6 600	6 600	7 900	5 100	6 600	7 500	7 600
Transport maritime (intérieur)	5 000	5 200	6 700	6 500	6 700	7 000	5 800	5 800
Autres modes de transport	31 000	43 000	42 000	42 000	38 000	44 000	46 000	43 000
Véhicules hors route à essence	7 800	8 700	8 300	7 300	7 300	7 900	8 100	7 600
Véhicules hors route au diesel	16 000	23 000	24 000	28 000	25 000	30 000	32 000	30 000
Pipelines	6 850	11 200	10 100	7 460	6 310	5 670	5 600	5 700

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

route à essence, soit une baisse combinée de 11,4 Mt depuis 1990. En général, le sous-secteur des transports a affiché une augmentation de 33 % et est responsable de 45 % de l'augmentation globale totale des émissions observée au Canada.

3.2.3.1. Description de la catégorie de source

Ce sous secteur comprend la combustion de combustibles par tous les modes de transport au Canada. Le sous-secteur a été subdivisé en cinq catégories distinctes :

- l'aviation civile (intérieur);
- le transport routier;
- le transport ferroviaire;
- le transport maritime (intérieur);
- les autres modes de transport (véhicules hors route et pipelines).

3.2.3.2. Questions de méthodologie

Les émissions découlant de la combustion de combustibles dans le sous secteur des transports sont calculées au moyen de diverses adaptations de l'équation A₂ 1 de l'annexe 2. Toutefois, compte tenu des nombreux types différents de véhicules, d'activités et de combustibles, les coefficients d'émission sont nombreux et complexes. Pour prendre en compte cette complexité, les émissions du secteur des transports sont calculées à l'aide du modèle des émissions mobiles de gaz à effet de serre du

Canada (MEMGES) et du modèle des émissions de gaz à effet de serre de l'aviation (MEGES). Ces modèles intègrent une version de la méthode recommandée par le GIEC pour la modélisation des véhicules (GIEC/OCDE/AIE, 1997) et servent à calculer toutes les émissions du sous-secteur des transports, à l'exception de celles du transport par pipeline (énergie nécessaire à la propulsion du pétrole ou du gaz naturel).

Aviation civile intérieure (catégorie 1.A.3.a du CUPR)

Cette catégorie comprend toutes les émissions de GES du secteur du transport aérien intérieur (commercial, privé, agricole, etc.). Bien que les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – version révisée 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997) mentionnent que les émissions du transport aérien militaire découlant de la consommation de carburant doivent être déclarées dans le sous secteur Autres (non précisé) (catégorie 1.A.5 du CUPR), elles sont attribuées à l'aviation civile intérieure (1.A.3.a) du fait que les utilisations de carburant à des fins militaires et civiles sont combinées dans les sources actuelles de données relatives aux activités aériennes. Les émissions des carburants servant dans les aéroports pour le transport au sol et les appareils de combustion fixes sont déclarées sous Autres modes de transport. Les émissions des combustibles vendus aux compagnies aériennes pour des vols en partance du Canada à destination internationale sont considérées de nature internationale et sont déclarées séparément à titre de postes pour

mémoire combustibles de soute internationaux (catégorie 1.C.1.a du CUPR).

Les méthodes relatives à l'aviation civile dépendent du type de carburant utilisé et suivent une version modifiée de la méthode de niveau 1 du GIEC pour le carburant d'aviation et une méthode modifiée de niveau 3 du GIEC pour le carburéacteur. Pour établir les estimations des émissions, on utilise à la fois des coefficients propres à chaque pays, à chaque type d'aéronef et des coefficients par défaut du GIEC. Les estimations des émissions attribuées au carburant d'aviation consommé sont effectuées par le MEMGES tandis que celles attribuées au carburéacteur sont établies par le MEGESA. Ces estimations sont calculées d'après les quantités déclarées de carburant d'aviation et de carburéacteur consommés (GIEC/OCDE/AIE, 1997) publiées dans le BDEEC (Statistique Canada, n° 57-003). Le total des ventes de carburant d'aviation mentionné dans le BDEEC représente la quantité de carburant vendu à des compagnies aériennes canadiennes, à des compagnies aériennes étrangères, à des administrations publiques et au secteur commercial et institutionnel. Tout le carburant d'aviation est consommé lors de vols intérieurs, et exclut le carburant consommé par les transporteurs aériens étrangers (l'annexe 2 présente une description de la méthode).

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

La méthode qui sert à estimer les émissions de GES du transport routier est une méthode détaillée de niveau 3 du GIEC (à l'exception des véhicules au propane et au gaz naturel, pour lesquels on suit une méthode de niveau 1 du GIEC) telle qu'elle figure dans le document GIEC/ OCDE/AIE, 1997). Le MEMGES dissocie les données sur les véhicules et calcule les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O de toutes les sources mobiles, à l'exception des pipelines (l'annexe 2 présente une description de la méthode).

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

La méthode employée pour estimer les émissions de GES attribuables au transport ferroviaire est considérée comme une méthode de niveau 1 du GIEC (GIEC/ OCDE/AIE, 1997). Les estimations des émissions sont effectuées au moyen du MEMGES. Les données sur la vente de carburant provenant du BDEEC (Statistique Canada, no 57 003) et déclarées à la rubrique Transport ferroviaire sont multipliées par les coefficients d'émission propres à chaque pays (l'annexe 2 présente une description de la méthode).

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

Cette catégorie couvre toutes les émissions de GES attribuables au transport maritime intérieur. Les émissions dues au combustible vendu aux navires étrangers sont déclarées à titre de combustibles de soute internationaux et comptabilisées séparément

(catégorie 1.C.1.b du CUPR). Les données exhaustives sur les activités qui permettraient une désagrégation précise des émissions attribuables au transport maritime intérieur et international font actuellement l'objet d'un examen.

La méthode d'estimation des émissions est conforme aux techniques de niveau 1 du GIEC (GIEC/ OCDE/AIE, 1997), et les émissions sont estimées au moyen du MEMGES. Les données sur la consommation de carburant provenant du BDEEC et déclarées à la rubrique Transport maritime intérieur sont multipliées par les coefficients d'émission propres à chaque pays (l'annexe 2 présente une description de la méthode).

Autres modes de transport (catégorie 1.A.3.e du CUPR)

Ce sous-secteur englobe les émissions des véhicules et de l'équipement qui ne sont pas autorisés à circuler sur les chemins ou les grandes routes et inclut les émissions de GES découlant de la combustion des combustibles qui servent à propulser les produits dans les pipelines longue distance.

Transport hors route

Le transport hors route³ (véhicules et équipement terrestre, non ferroviaire) englobe les émissions de GES résultant de la combustion de l'essence et du carburant diesel. Parmi les véhicules de cette catégorie figurent les tracteurs agricoles, les débussqueuses, les véhicules chenillés de construction et les véhicules miniers mobiles ainsi que les véhicules récréatifs hors route. L'équipement de cette catégorie inclut le matériel à combustion pour pelouses et jardins utilisé à des fins commerciales et résidentielles, les génératrices, les pompes et les appareils de chauffage portables.

L'industrie consomme une quantité considérable de carburant diesel pour alimenter les véhicules hors route. Les industries du bâtiment et des mines (y compris l'extraction du charbon, le forage de puits et l'exploitation du pétrole et du gaz naturel) exploitent toutes les deux de grands nombres de véhicules lourds hors route et sont les plus gros consommateurs de carburant diesel de ce groupe.

Les émissions des véhicules hors route sont calculées au moyen d'une version modifiée de la méthode de niveau 1 du GIEC (GIEC/ OCDE/AIE, 1997). Pour ces estimations, les émissions sont fondées sur les coefficients d'émission propres à chaque pays et à la quantité totale de carburant consommé (l'annexe 2 présente une description de la méthode).

3 Désignés en français sous l'appellation Véhicules hors route.

Transport par pipeline

Les pipelines⁴ sont le seul moyen de transport qui ne fasse pas appel à des véhicules dans ce secteur. Ils utilisent des moteurs alimentés aux combustibles fossiles pour faire fonctionner les compresseurs et autres dispositifs qui propulsent leur contenu. Le combustible utilisé est essentiellement du gaz naturel dans le cas des gazoducs. Les oléoducs utilisent généralement des moteurs électriques pour faire fonctionner les équipements de pompage, mais certains produits pétroliers raffinés, comme le carburant diesel, sont aussi utilisés comme combustibles d'appoint durant les pannes de courant.

La méthode utilisée est considérée comme une méthode sectorielle de niveau 2 du GIEC, avec des coefficients d'émission propres à chaque pays. Les données sur la consommation de carburant provenant du BDEEC et déclarées à la rubrique Pipelines sont multipliées par les coefficients d'émission propres à chaque pays (voir à l'annexe 2 une description de la méthode).

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

Dans le sous-secteur des transports, on emploie une analyse de Monte-Carlo du degré d'incertitude établie sur les recommandations et les résultats présentés dans l'étude intitulée *Quantitative Assessment of Uncertainty in Canada's National GHG Inventory Estimates for 2001* (ICF Consulting, 2004). On a introduit plusieurs modifications dans le modèle original afin de mieux tenir compte des incertitudes touchant les estimations les plus récentes des émissions du sous-secteur des transports.

Les modifications apportées à l'évaluation initiale incluent l'établissement du degré d'incertitude relatif aux coefficients d'émission propres aux biocombustibles du fait que l'on supposait l'existence de similarités dans les technologies de contrôle des émissions entre les biocombustibles et les combustibles classiques utilisés dans les transports. Les degrés d'incertitude relatifs aux coefficients d'émission de CH₄ et de N₂O du carburéacteur ont été actualisés en fonction des recommandations formulées dans le rapport d'étude d'ICF Consulting pour mieux tenir compte des améliorations apportées par le modèle MEGESA. Un certain nombre de degrés d'incertitude relatifs aux coefficients d'émission de CH₄ et de N₂O des véhicules routiers ont également été modifiés par rapport à leurs valeurs dans la simulation Monte Carlo initiale à la lumière de récentes données de laboratoire. De plus, une vérification approfondie du rapport d'ICF Consulting (2004) a révélé certains écarts dans les plages d'incertitude citées en référence. Dans ces cas, l'écart a été corrigé afin que les données coïncident avec les données de référence originales.

Transports

La catégorie des transports comprend i) les sources mobiles de transport, dont les véhicules routiers et les véhicules hors route, le transport ferroviaire, l'aviation civile et le transport maritime et ii) le transport par pipeline. Le degré d'incertitude global des estimations de 2012 pour les sources mobiles (dont les pipelines sont exclus) se situerait entre -1,9 % et 5,0 %.

Le degré d'incertitude quant aux émissions de CO₂ résultant de la combustion de combustibles dans le sous-secteur des transports se situe à $\pm 0,4$ %. En comparaison, et de façon similaire aux sources fixes de combustion de combustibles, les plages d'incertitude pour les émissions de CH₄ et de N₂O étaient équivalentes à deux ou à trois fois celles associées aux émissions de CO₂. Ainsi, le degré d'incertitude global pour la catégorie des transports reflète la prédominance du CO₂ dans les émissions totales de GES.

Émissions attribuables à l'aviation civile (transport aérien intérieur)

Le degré d'incertitude lié aux émissions globales de l'aviation intérieure se situe, selon les estimations, entre 1 % et 5 %. Cela suppose que la catégorie de source a été plus vraisemblablement sous-estimée que surestimée. Le degré élevé d'incertitude associé au coefficient d'émission de CH₄ (entre -50 % et 50 %) et de N₂O (entre -70 % et 150 %) attribuable au kérosène a donné lieu à un biais vers le bas dans l'inventaire. Ces effets ont été quelque peu réduits par l'importante contribution des émissions de CO₂ attribuables au kérosène et du degré d'incertitude relativement faible qui est associé à leur coefficient d'émission. La catégorie de l'aviation civile n'a représenté que 3 % environ des émissions totales de GES attribuables aux transports et, par conséquent, n'a pas eu une grande incidence sur le degré d'incertitude global.

Émissions attribuables au transport routier

Le degré d'incertitude lié aux émissions globales provenant des véhicules routiers est, selon les estimations, inférieur à ± 1 % et est principalement déterminé par le degré d'incertitude relativement faible associé aux données sur les activités touchant la consommation d'essence et de diesel et les émissions de CO₂ qui leur sont associées. Réciproquement, le degré d'incertitude élevé associé aux émissions de CH₄ et de N₂O ainsi que les données sur les activités concernant les biocombustibles n'ont pas eu une grande incidence sur l'analyse en raison de leurs contributions relativement faibles à l'inventaire. Environ 68 % des émissions de GES du sous secteur des transports étaient attribuables au transport routier. En conséquence, le degré relativement faible d'incertitude dans l'inventaire pour la catégorie des transports est appuyé par les résultats de l'analyse de l'incertitude pour le transport routier.

4 Il s'agit des deux types : oléoducs et gazoducs.

Émissions attribuables au transport ferroviaire

Le degré d'incertitude lié aux émissions provenant du transport ferroviaire se situe, selon les estimations, entre -11 % et 31 %, ce qui indique que cette catégorie peut avoir été sous-estimée. La plus grande incidence est attribuable au degré élevé d'incertitude associé au coefficient d'émission de N₂O (entre -90 % et 900 %), tandis que le degré d'incertitude relativement faible des données sur les activités concernant le diesel et du coefficient d'émission de CO₂ a eu très peu d'incidence. Il importe de noter que les émissions attribuables au transport ferroviaire n'ont représenté que 4 % environ de l'inventaire des GES du sous-secteur des transports et qu'elles n'ont pas eu, par conséquent, une grande incidence sur le degré d'incertitude global.

Émissions attribuables à la navigation (transport maritime intérieur)

Le degré d'incertitude dû aux émissions de la catégorie de source de GES attribuables au transport maritime intérieur se situait entre -7 % et 14 %, ce qui semble indiquer que les émissions de GES pourraient avoir été sous-estimées. La plus grande incidence est attribuable au degré élevé d'incertitude associé au coefficient d'émission de N₂O (entre -90 % et 900 %), tandis que le degré d'incertitude du coefficient d'émission de CO₂ était négligeable. Du fait que les émissions du transport maritime intérieur ne représentaient que 3 % de l'inventaire des GES du sous-secteur des transports, celles-ci n'ont pas eu une grande incidence sur le degré d'incertitude global.

Émissions attribuables aux autres modes de transport (véhicules hors route)

La catégorie des véhicules hors route comprend à la fois la consommation d'essence et la consommation de carburant diesel des véhicules hors route. Le degré d'incertitude quant aux sources de transport hors route se situe entre -8 % et 25 %, ce qui montre que le rapport de 2014 sous-estime sans doute le CO₂ émis par cette sous-catégorie. Conformément à la méthode d'estimation de l'inventaire pour cette catégorie de source, la consommation de carburant diesel des véhicules hors route est calculée à partir de la consommation résiduelle de carburant diesel des véhicules routiers, et il en est de même pour la consommation d'essence des véhicules hors route. En conséquence, le degré d'incertitude des données sur les activités concernant le transport routier a été employé dans l'analyse de l'incertitude associée au transport hors route et n'a pas grandement contribué aux résultats mentionnés ci-devant du fait qu'il était relativement faible. Le degré d'incertitude lié aux émissions de N₂O provenant de l'essence et du carburant diesel (de -90 % à 900 %) a eu une plus grande incidence, ce qui indique l'existence d'un biais vers le bas dans l'estimation des émissions de GES. Environ 19 % des émissions de GES du sous-secteur des transports étaient attribuables au transport hors route et ont eu, par conséquent, un effet important sur l'ensemble de l'analyse de l'incertitude.

Résumé

En général, pour le sous secteur des transports, l'étude d'ICF Consulting incorporait des valeurs d'incertitude pour les coefficients d'émission de CO₂, de CH₄ et de N₂O provenant des deux autres rapports, à savoir ceux de McCann (2000) et de SGA Energy Ltd. (2000). L'étude d'ICF Consulting incluait des valeurs calculées dans ces rapports en y ajoutant des explications limitées d'experts sur le degré d'incertitude des données sur les activités qui contribuent aux estimations du sous-secteur des transports dans l'analyse de Monte Carlo. Un certain nombre d'améliorations ont été graduellement apportées à l'analyse initiale, telles qu'elles sont décrites dans l'introduction de la section 3.2.3.3.

Un des maillons faibles de l'analyse de l'incertitude réside dans les avis d'experts sur les estimations quantitatives des activités sans rapport avec les carburants (comme les parcs de véhicules, les kilomètres parcourus et le nombre de motocyclettes). Même si l'on estime que les données sur le parc de véhicules fournies par un consultant externe à Environnement Canada sont exactes à 100 %, cela nous semble peu probable et certaines indications donnent à penser que des erreurs pourraient s'être glissées lors de la compilation des données. Actuellement, les praticiens qui travaillent sur l'inventaire réalisent une étude pour reconstituer la série chronologique concernant le parc canadien. Le degré d'incertitude actuel relatif au parc n'introduit que des erreurs marginales dans un modèle qui se limite au carburant, mais a un profond impact sur l'attribution de ce carburant à des types de véhicules bien précis.

3.2.3.4. AQ/CQ et vérification

Des contrôles de qualité de niveau 1, tels ceux prévus dans le cadre pour le plan d'AQ/CQ (l'annexe 6), ont été effectués sur toutes les catégories des transports et non pas uniquement celles qui sont désignées comme étant des catégories « principales ». Aucune erreur mathématique n'a été décelée. Les données et les méthodes relatives aux activités de CQ sont illustrées et archivées sur support papier et électronique.

En outre, certaines mesures de vérification ont été prises à l'étape de la préparation du modèle. Étant donné que le MEMGES utilise les données nationales sur les combustibles, définies par type et par région, combinées aux coefficients d'émission propres à chaque pays, l'examen porte avant tout sur le profil du parc de véhicules, car c'est lui qui détermine la demande de carburant par catégorie de véhicules et par conséquent les taux et les quantités d'émissions. Des partenariats interministériels ont été établis entre Environnement Canada, Transports Canada et Ressources naturelles Canada pour faciliter l'échange non seulement de données brutes, mais également de connaissances sur le parc de véhicules, les taux de consommation de carburant, les véhicules-kilomètres parcourus et les taux d'accumulation

au kilomètre. Cette perspective plus globale permet de mieux comprendre l'utilisation réelle des véhicules et devrait favoriser une amélioration des modèles et des estimations des émissions. Grâce à l'appui de Transports Canada et de Ressources naturelles Canada, Statistique Canada publiait par le passé l'Enquête sur les véhicules au Canada (EVC), un rapport trimestriel qui fournissait des données à la fois sur le nombre de véhicules et le kilométrage parcouru dans des classes régionales regroupées. Cette enquête proposait une autre interprétation des registres d'immatriculation provinciaux et pouvait donc corroborer les ensembles de données qui existent dans le commerce et mentionnés plus haut. Malheureusement, l'EVC n'autorisait pas le niveau de résolution nécessaire à la modélisation des émissions, et ne pouvait donc remplacer les ensembles de données achetés chaque année. Bien que l'EVC ait pris fin en 2009, une collaboration interministérielle se poursuit en vue d'une enquête significativement élargie sur l'activité des véhicules routiers, dont les données devraient être intégrées dans le MEMGES dans les années à venir.

3.2.3.5. Recalculations

Les estimations des émissions du secteur des transports ont été révisées pour la période de 1990 à 2011. Tel qu'exposé plus en détail ci après, les données d'activités révisées et les coefficients d'émission améliorés ont donné lieu à de nouveaux calculs et ont permis de réattribuer les émissions de la catégorie des véhicules hors route.

Données d'activité : Les données sur l'utilisation de combustibles ont été fondées sur les données de Statistique Canada, et les estimations ont été recalculées en conséquence. Voir aussi la section 3.2.1.5.

Coefficient d'émission pour le propane : Le coefficient d'émission de CO₂ arrondi pour le propane a été corrigé, passant de 1 510 kg/m³ à 1 507 kg/m³, ce qui a donné lieu à de nouveaux calculs pour l'ensemble de la série chronologique. Voir l'annexe 8 pour obtenir davantage de renseignements sur les coefficients d'émission.

Réattribution des émissions : Les émissions du diesel, précédemment déclarées dans la catégorie Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques, ont été attribuées à la catégorie des véhicules hors route.

Ces améliorations ont amélioré la transparence, la précision et le caractère représentatif de la consommation de combustibles à l'échelle des secteurs et des sous-secteurs.

3.2.3.6. Améliorations prévues

Le modèle sur les transports (MEMGES) a été mis à niveau en 2010-2011 et évolue continuellement pour être en mesure de recevoir un nombre croissant de données à plus haute résolution qui deviennent disponibles grâce à des partenariats et à des déclarations.

Les améliorations futures concerneront la compilation de meilleures données sur l'activité routière. Au cours de la dernière année, les travaux entrepris afin de décoder les numéros d'identification du véhicule (NIV) ont progressé, mais il reste encore beaucoup à faire avant de pouvoir ajouter cette information à l'inventaire. On espère que les résultats de ces travaux permettront d'utiliser les fichiers provinciaux d'immatriculation afin de brosser un meilleur tableau des taux d'accumulation au kilomètre du parc de véhicules canadiens. On évalue également les taux de consommation de carburant afin de s'assurer que les estimations sont représentatives de la situation canadienne.

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

3.2.4.1. Description de la catégorie de source

Ce sous-secteur comprend trois catégories : secteur commercial/institutionnel, secteur résidentiel et agriculture/foresterie/pêches. Les émissions proviennent essentiellement de la combustion de combustibles pour le chauffage des locaux et de l'eau. Les émis-

Tableau 3-5 Contribution des autres secteurs à la production de GES

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Autres secteurs - TOTAL (1.A.4)	71 600	80 600	78 400	78 200	75 900	72 200	77 800	72 300
Commercial et institutionnel	25 700	32 900	31 900	29 600	29 400	28 000	29 900	27 800
Secteur commercial et autres secteurs institutionnels	23 700	30 600	29 900	27 600	27 400	26 200	28 000	26 100
Administrations publiques	1 980	2 280	2 050	2 000	2 030	1 800	1 900	1 750
Résidentiel	43 500	45 100	44 300	45 900	43 900	41 300	44 400	40 900
Agriculture, foresterie et pêches	2 390	2 550	2 100	2 610	2 530	2 880	3 430	3 540
Foresterie	60	80	160	170	170	190	130	140
Agriculture	2 300	2 500	1 900	2 400	2 400	2 700	3 300	3 400

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

sions attribuables à la consommation de carburants de transport dans ces catégories sont allouées au secteur des transports (section 3.2.3).

La combustion de biomasse⁵ est une source importante d'émissions dans le secteur résidentiel, et les émissions de CH₄ et de N₂O entrent dans les estimations de ce sous-secteur. Toutefois, le CO₂ émis par la combustion de biomasse est déclaré séparément dans les tableaux du CUPR comme poste pour mémoire et ne figure pas dans les totaux du secteur de l'énergie. Cette méthode correspond au traitement de la biomasse dans la catégorie Pâtes et papiers et imprimerie.

En 2012, le sous-secteur « Autres secteurs » a représenté 72,3 Mt (ou 10 %) des émissions totales de GES du Canada, soit une augmentation globale d'environ 1,0 % (0,7 Mt) depuis 1990. Les émissions résidentielles y ont représenté environ 41 Mt (ou 57 %), contre 27,8 Mt (ou 38 %) pour le secteur commercial et institutionnel, ce qui englobe également les émissions des administrations publiques (soit les établissements des gouvernements fédéral, provinciaux et municipaux). Depuis 1990, les émissions de GES ont augmenté d'environ 8 % dans la catégorie Commercial et institutionnel, tandis que les émissions dans la catégorie Résidentiel ont diminué d'environ 5 %. Le Tableau 3–5 présente plus de renseignements. Une analyse plus approfondie des tendances relatives au sous secteur Autres secteurs se trouve dans le chapitre consacré aux Tendances des émissions (chapitre 2).

3.2.4.2. Questions de méthodologie

Les émissions de ces catégories de sources sont calculées de façon uniforme selon la méthode décrite à l'annexe 2, qui est considérée comme une méthode de niveau 2 du GIEC, avec des coefficients d'émission propres à chaque pays. Les questions de méthodologie propres à chaque catégorie sont décrites ci-après. Les émissions dues à la combustion des carburants de transport (comme le carburant diesel et l'essence) sont toutes attribuées à la catégorie des Transports.

Secteur commercial/institutionnel (catégorie 1.A.4.a du CUPR)

Le calcul des émissions repose sur les données relatives à la consommation de carburant déclarée pour le secteur commercial et les administrations publiques dans le BDEEC et, dans le cas des gaz d'enfouissement, sur les volumes relevés par l'expert du secteur des déchets. Les émissions de CH₄ et de N₂O issues de la combustion des gaz d'enfouissement sont incluses dans les totaux, alors que les émissions de CO₂ ne le sont pas, mais sont déclarées séparément dans les tableaux du CUPR de la CCNUCC comme poste pour mémoire.

Secteur résidentiel (catégorie 1.A.4.b du CUPR)

Le calcul des émissions repose sur les données relatives à la consommation de combustible déclarée pour le secteur résidentiel dans le BDEEC. La méthode de calcul de la combustion de biomasse (bois de chauffage résidentiel) est expliquée en détail sous Émissions de CO₂ attribuables à la biomasse (section 3.4.2); même si les émissions de CO₂ ne sont pas comptabilisées dans le total national des GES du secteur résidentiel (mais déclarées comme poste pour mémoire), les émissions de CH₄ et de N₂O sont déclarées ici.

Agriculture/foresterie/pêches (catégorie 1.A.4.c du CUPR)

Cette catégorie de source englobe les émissions de la combustion de combustibles de sources fixes dans les industries agricoles et forestières. Toutefois, les estimations des émissions ne sont données que pour les secteurs de l'agriculture et de la foresterie. Les émissions des pêches sont généralement déclarées soit à la rubrique Transports soit à la rubrique Autres industries manufacturières (par exemple la transformation des aliments). Les émissions de sources mobiles liées à cette catégorie n'ont pas été ventilées et sont incluses dans les émissions des véhicules hors route ou du transport maritime déclarées à la rubrique des Transports (section 3.2.3). Les émissions résultant de l'exploitation des machines sur place et du chauffage reposent sur les données relatives à la consommation de carburant déclarée à la rubrique Agriculture et foresterie dans le BDEEC.

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

La plage d'incertitude estimative du sous secteur Autres secteurs est de ± 5 % pour tous les gaz et de ± 5 % pour le CO₂ seul.

Les quantités de combustibles de départ et les coefficients d'émission de CO₂ ont un faible degré d'incertitude, étant donné qu'il s'agit le plus souvent de combustibles commerciaux qui ont des propriétés stables et dont les quantités peuvent être comptabilisées de manière précise. Même si les émissions de gaz autres que le CO₂ résultant de la combustion de biomasse n'ont représenté que 6 % du total du secteur résidentiel, le degré d'incertitude des émissions de CH₄ (-90 % à +1 500 %) et de N₂O (-65 % à +1 000 %) est élevé en raison de l'incertitude qui se rattache à leurs coefficients d'émission (ICF Consulting, 2004). Comme nous l'avons vu dans le sous secteur Industries énergétiques, il faut solliciter l'avis d'experts pour améliorer le degré estimatif d'incertitude des émissions de CH₄ et de N₂O pour certaines des plages d'incertitude des coefficients d'émission et des fonctions de densité de probabilité élaborées par l'étude d'ICF Consulting, étant donné qu'on a manqué de temps pour soumettre ces hypothèses à l'examen d'experts de l'industrie.

⁵ En particulier le bois de chauffage.

Ces estimations sont cohérentes dans toute la série chronologique sur la base de la même méthodologie. On trouvera une analyse des données sur l'utilisation des combustibles de Statistique Canada à la section 3.2.1.5, Recalculs.

3.2.4.4. AQ/CQ et vérification

La catégorie Autres secteurs a été soumise à des CQ de niveau 1 conformément aux Recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Les contrôles de la qualité n'ont relevé aucune erreur mathématique ni de référence, mais des erreurs mineures dans les données ont été relevées et corrigées. Les données, les méthodes et les changements relatifs aux activités de CQ sont illustrés et archivés sur support papier et électronique.

3.2.4.5. Recalculs

Les données sur l'utilisation des combustibles ont été révisées d'après les données de Statistique Canada, et les estimations ont été recalculées en conséquence. On trouvera une analyse des données sur l'utilisation des combustibles mises à jour par le BDEEC à la section 3.2.1.5, Recalculs.

3.2.4.6. Améliorations prévues

Parmi les améliorations prévues pour le sous secteur Autres secteurs, on note un examen des données d'activités utilisées par le modèle de la biomasse résidentielle.

3.2.5. Autres : Énergie - combustion de combustibles (catégorie 1.A.5 du CUPR)

Les lignes directrices de la CCNUCC attribuent à ce sous-secteur la combustion de combustibles par l'armée. Les émissions de

carburéacteur dues au transport aérien militaire sont estimées à l'aide du modèle MEGESA et incluses dans la présente catégorie. Cependant, les émissions des transports aériens militaires générées par la consommation de carburant d'aviation sont incluses dans la catégorie Aviation civile (catégorie 1.A.3.a du CUPR) parce que la source actuelle de données pour ce type de carburant englobe l'utilisation de carburant par les transports aériens militaires et l'aviation civile. Tout comme dans les rapports précédents, les émissions attribuables aux transports militaires sont comprises dans le sous secteur des transports, tandis que la consommation de carburant militaire de sources fixes est incluse dans le secteur commercial/institutionnel (section 3.2.4), en raison de la répartition des données sur le carburant dans le BDEEC (Statistique Canada, n° 57-003). Il s'agit d'une source d'émissions minime.

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

Les émissions fugitives des combustibles fossiles désignent les rejets délibérés ou accidentels de GES attribuables à la production, à la transformation, au transport, à l'entreposage et à la livraison des combustibles fossiles.

Les gaz rejetés qui sont brûlés avant d'être éliminés (comme le torchage du gaz naturel dans les installations de production de pétrole et de gaz) sont considérés comme des émissions fugitives. Toutefois, si la chaleur produite durant la combustion est captée pour être utilisée (pour le chauffage) ou vendue, les émissions connexes sont alors considérées comme des émissions attribuables à la combustion d'un combustible.

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

Tableau 3-6 Contribution des émissions fugitives de GES

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Émissions fugitives provenant des combustibles (1.B)	42 000	63 000	63 000	62 000	59 000	58 000	60 000	61 000
Combustibles solides - Exploitations houillères (1.B.1)	2 000	1 000	1 000	900	900	1 000	1 000	1 000
Pétrole et gaz naturel (1.B.2)	40 000	62 000	62 000	61 000	58 000	57 000	59 000	60 000
a. Pétrole ¹	4 200	5 400	5 700	5 500	5 500	5 700	5 900	6 500
b. Gaz naturel ¹	11 000	18 000	19 000	20 000	19 000	19 000	19 000	19 000
c. Évacuation et torchage ²	24 400	38 400	37 500	36 100	33 400	32 300	33 700	34 700
Évacuation	20 000	33 000	32 000	31 000	29 000	28 000	29 000	30 000
Torchage	4 400	5 400	5 500	5 100	4 400	4 300	4 700	4 700

Notes :

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

2. Pour les activités pétrolières et gazières.

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

En 2012, la catégorie des émissions fugitives a représenté environ 61 Mt (ou 8,7 %) des émissions totales de GES du Canada, soit une augmentation d'environ 44 % depuis 1990. Entre 1990 et 2012, les émissions fugitives du secteur du pétrole et du gaz naturel ont augmenté de 50 %, passant à 60 Mt, et celles des exploitations houillères ont diminué d'environ 1 Mt par rapport aux quelque 2 Mt relevées en 1990. Les activités de production, de transformation, de transport et de distribution du pétrole et du gaz représentaient 98 % des émissions fugitives. Le Tableau 3–6 présente plus de renseignements.

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

3.3.1.1. Description de la catégorie de source

Le charbon à l'état naturel contient des quantités variables de CH₄. Dans les gisements de houille, le CH₄ est soit piégé sous pression dans les cavités poreuses à l'intérieur du gisement soit adsorbé sur le charbon. La pression et le volume de CH₄ dans le gisement varient selon la qualité, la profondeur et la géologie de la veine de charbon. Au cours de l'extraction minière et des activités postérieures, ainsi que des activités de manutention du charbon, les formations géologiques naturelles sont perturbées et il se crée des passages qui rejettent le CH₄ sous pression dans l'atmosphère. À mesure que baisse la pression qui s'exerce sur le charbon, le CH₄ adsorbé est rejeté jusqu'à ce que le CH₄ qui se trouve dans le charbon soit parvenu à un équilibre avec les conditions atmosphériques ambiantes.

Les émissions des activités minières proviennent de surfaces de charbon exposées, des blocs de charbon et de l'évacuation de CH₄ du gisement. Les activités post extraction, comme la préparation, le transport, le stockage et la transformation finale avant la combustion, dégagent également du CH₄.

Les émissions fugitives résultant de la transformation des combustibles solides (comme les rejets fugitifs résultant de l'ouverture des portes des fours à coke métallurgique) n'ont pas été estimées faute de données. On ne connaît pas les autres sources d'émissions attribuables à la transformation des combustibles solides. On estime toutefois qu'elles sont négligeables.

3.3.1.2. Questions de méthodologie

Au début des années 1990, King (1994) a dressé un inventaire des émissions fugitives attribuables aux exploitations houillères qui a servi de base pour les estimer. On a calculé les coefficients d'émission en divisant les émissions estimées de King (1994) par les données appropriées sur la production de charbon.

La méthode employée par King (1994) pour estimer les taux d'émission de l'extraction du charbon (coefficients d'émission à

l'annexe 3) reposait 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. Les émissions des mines souterraines ont été séparées de celles des mines à ciel ouvert; toutes deux englobent les émissions attribuables aux activités post-extraction. On trouvera une description détaillée de la méthodologie à l'annexe 3 (Autres méthodologies).

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

L'estimation du degré d'incertitude des émissions fugitives de CH₄ des mines de charbon se situe entre -30 % et 130 % (ICF, 2004). Les données de production sont connues avec un niveau de certitude élevé (± 2 %). En revanche, un degré d'incertitude très élevé (-50 % à +200 %) des coefficients d'émission a été estimé. À notre avis, il faut solliciter l'avis d'experts pour confirmer les hypothèses formulées dans l'étude sur l'élaboration des fonctions de densité de probabilité et les plages d'incertitude des coefficients d'émission et des données sur les activités des mines à ciel ouvert et des mines souterraines. On a pris les valeurs d'incertitude par défaut du GIEC pour établir les coefficients d'émission propres au Canada, et celles-ci devront être revues et corrigées. Le recours aux valeurs par défaut du GIEC n'aboutit pas à un degré estimatif d'incertitude représentatif lorsqu'on utilise les données propres au pays.

3.3.1.4. AQ/CQ et vérification

Les émissions de CH₄ provenant des mines de charbon sont considérées comme une catégorie clé et elles ont subi des contrôles de la qualité de niveau 1 conformément aux Recommandations du GIEC (GIEC 2000). Au nombre des contrôles figure un examen des données sur les activités, de la cohérence des séries chronologiques, des coefficients d'émission, des documents de référence, des coefficients de conversion et de l'étiquetage des unités, de même que du calcul type des émissions. Les contrôles de la qualité n'ont révélé aucune erreur mathématique. Les données et les méthodes relatives aux activités de CQ sont illustrées et archivées sur support papier et électronique.

3.3.1.5. Recalculs

Les estimations des émissions fugitives ont été révisées, compte tenu de données à jour sur la production pour 2011.

3.3.1.6. Améliorations prévues

Une étude est en cours sur l'extraction du charbon au Canada, dont le principal objectif consiste à établir de nouveaux coefficients d'émissions fugitives qui seront utilisés pour améliorer la présente catégorie, de manière à assurer l'uniformité avec les Lignes directrices du GIEC actuelles et futures.

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

3.3.2.1. Description de la catégorie de source

Le sous-secteur des émissions fugitives du pétrole et du gaz naturel englobe toutes les émissions attribuables à la production et à la transformation du pétrole et du gaz naturel, à l'exploitation des sables bitumineux, à l'extraction du bitume, à la production de bitume *in situ*, à la valorisation du pétrole/bitume lourd, au raffinage du pétrole, ainsi qu'au transport et à la distribution du gaz naturel. Les émissions attribuables à la combustion de combustibles dans les installations de l'industrie du pétrole et du gaz (utilisés à des fins énergétiques) sont comprises dans les catégories Raffinage du pétrole, Fabrication des combustibles solides et autres industries énergétiques, et Exploitation minière (section 3.2.1).

La catégorie de source Pétrole et gaz naturel comporte trois composantes principales : secteur amont du pétrole et du gaz (PGA), bitume et sables bitumineux et secteur aval du pétrole et du gaz.

Secteur amont du pétrole et du gaz

L'industrie amont du pétrole et du gaz (PGA) comprend toutes les émissions fugitives attribuables à l'exploration, à la production, à la transformation et au transport du pétrole et du gaz naturel, à l'exception des émissions de l'exploitation des sables bitumineux, de l'extraction du bitume et des activités de valorisation. Les émissions peuvent être le fait de fuites du matériel d'exploitation (robinets de purge, équipements pneumatiques alimentés aux gaz de combustion), de joints défectueux (brides et soupapes), de l'utilisation de gaz naturel pour produire de l'hydrogène, d'accidents, de déversements et de rejets délibérés.

Les sources d'émissions ont été subdivisées en plusieurs grands groupes :

Forage des puits de pétrole et de gaz et essais connexes : Le forage de puits de pétrole et de gaz est une source d'émissions mineure. Les émissions proviennent des essais en cours de forage, du rejet des gaz contenus dans les boues légères de forage et de la volatilisation des boues lourdes de forage.

Entretien des puits de pétrole et de gaz et essais connexes : L'entretien des puits est également une source d'émissions mineure. Les émissions proviennent essentiellement de l'évacuation, du torchage et de la combustion des combustibles, qui sont inclus dans la section Combustion de sources fixes. L'évacuation résulte des travaux d'entretien conventionnels, comme le rejet de gaz dissous des bacs à boue et la purge des puits de gaz naturel. On présume que les risques d'émissions fugitives attribuables à des équipements qui fuient sont

insignifiants. Les émissions fugitives des essais d'éruption libre sont jugées négligeables.

Production de gaz naturel : La production de gaz naturel se fait exclusivement dans des puits de gaz ou parallèlement à l'exploitation de puits de pétrole, de pétrole lourd et de bitume naturel dotés de dispositifs de conservation du gaz. Les sources d'émissions attribuables à la production de gaz naturel sont les puits, les systèmes de collecte, les installations de terrain et les stations de pré transformation du gaz. La majeure partie des émissions est due à des fuites d'équipements, comme les fuites des joints; toutefois, les rejets provenant du gaz qui sert à l'alimentation des équipements pneumatiques et aux opérations de nettoyage des conduites sont également des sources importantes.

Production de pétrole léger et moyen : Ce type de production se caractérise par des puits qui produisent des bruts de densité légère ou moyenne ($< 900 \text{ kg/m}^3$). Les émissions proviennent des puits, des conduites d'écoulement ou des stations de prétransformation (simples, satellites ou centrales). Les principales sources d'émissions sont l'évacuation des gaz dissous et les pertes par évaporation des installations de stockage.

Production de pétrole lourd : Le pétrole lourd se caractérise par sa densité supérieure à 900 kg/m^3 . Sa production exige des infrastructures spécialisées. Il existe en général deux types de systèmes de production de pétrole lourd : les systèmes primaires et les systèmes thermiques. Les sources d'émissions des deux types sont les puits, les conduites d'écoulement, les stations de pré transformation (simples et satellites) et les installations d'épuration. La principale source est l'évacuation des gaz dissous et des tubages.

Production de bitume in situ : Le bitume naturel est un liquide dense et extrêmement visqueux qu'il est impossible d'extraire d'un puits par des moyens de production primaires. Il faut un procédé amélioré de récupération *in situ* pour récupérer les hydrocarbures du gisement, y compris la production primaire (ou flux froid), l'injection cyclique de vapeur (ICV), le drainage par gravité au moyen de vapeur (DGV) et des méthodes expérimentales, telles que l'injection pneumatique par dispositif de puits horizontal et vertical, l'injection de vapeur de solvant (IVS) et le drainage par gravité au moyen de combustion dans des puits verticaux (DGCV). Les sources d'émission sont les puits, les conduites d'écoulement, les stations de pré transformation satellites et les installations d'épuration. La principale source des émissions est l'évacuation des gaz des tubages.

Traitement du gaz naturel : On traite le gaz naturel avant qu'il pénètre dans les conduites de transport pour en éliminer la vapeur d'eau, les contaminants et les hydrocarbures condensables. Il existe quatre types différents d'installations de gaz naturel : les installations de gaz non sulfureux, les installations

de gaz sulfureux qui procèdent au torchage des gaz de combustion, les installations de gaz sulfureux qui procèdent à l'extraction du soufre élémentaire, et les installations de chevauchement. Les installations de chevauchement sont situées le long des conduites de transport et elles procèdent à la récupération des hydrocarbures résiduels. Leur structure et leur fonction sont similaires aux installations de transformation du gaz et sont donc considérées parallèlement à celles-ci. Les fuites des équipements sont la principale source des émissions.

Transport du gaz naturel : La quasi-totalité du gaz naturel produit au Canada est transportée depuis les usines de transformation jusqu'aux systèmes locaux de distribution par gazoduc. Les volumes transportés par camion sont faibles et considérés comme négligeables. Les sources des émissions des systèmes de transport du gaz sont les fuites des équipements et les conduites d'évacuation. L'évacuation des procédés englobe diverses activités comme le démarrage du compresseur et la purge des conduites pour l'entretien. Les fuites des équipements sont la principale source des émissions.

Transport de produits liquides : Le transport de produits liquides depuis les installations de transformation sur place jusqu'aux raffineries ou aux distributeurs génère des émissions attribuables au chargement et au déchargement des camions-citernes, aux pertes en cours de stockage, aux fuites des équipements et aux conduites d'évacuation. Parmi les produits transportés figurent les gaz de pétrole liquéfiés (GPL) (transportés par voie de surface et dans des gazoducs à forte pression de vapeur), les pentanes et homologues supérieurs (transportés par voie de surface et par des oléoducs à faible pression de vapeur) et le pétrole brut.

Accidents et défaillances d'équipements : Les émissions fugitives peuvent dépendre d'une erreur humaine ou de défauts ponctuels des équipements dans tous les segments d'amont de l'industrie pétrolière et gazière (PGA) classique. Les principales sources d'émission sont les ruptures de canalisations, les explosions des puits et les déversements. Les émissions découlant de l'élimination et de l'épandage sur les sols des déversements ne sont pas comprises, faute de données suffisantes.

Systèmes de purge des tubages de surface et migration des gaz : Dans certains puits, les liquides du gisement avoisinant pénètrent dans les tubages de surface. Selon le puits, les liquides sont recueillis, scellés dans le tubage, brûlés par torchage ou évacués. Les émissions des liquides évacués sont estimées dans cette section. Dans certains puits, en particulier dans la région de Lloydminster (Alberta), du gaz peut s'échapper à l'extérieur du puits à cause d'une fuite dans la colonne d'extraction ou d'une zone gazifère dans laquelle on a pénétré sans l'exploiter. On a estimé les émissions du gaz qui s'échappe à la surface par les couches avoisinantes.

Bitume et sables bitumineux

Cette composante englobe les émissions des installations d'extraction de sables bitumineux à ciel ouvert et de valorisation du pétrole/bitume lourd en vue de produire du pétrole brut synthétique et d'autres produits dérivés destinés à la vente. Les émissions fugitives sont avant tout attribuables à : la production d'hydrogène, la désulfuration des gaz de combustion (DGC), l'évacuation et torchage, les fuites lors du stockage et de la manutention, les fuites fugitives des équipements, et au CH₄ provenant des mines à ciel ouvert et des bactéries méthanogènes dans les bassins de décantation des résidus miniers.

Les émissions résultant de l'action des bactéries méthanogènes dans les bassins de décantation sont encore étudiées par les exploitants. On estime qu'avec l'adoption prévue de nouvelles techniques de récupération du bitume, les hydrocarbures plus légers dans le flux de déchets des procédés actuels diminueront, et que les émissions baisseront en proportion.

Secteur aval du pétrole et du gaz

Le secteur aval du pétrole et du gaz comprend l'ensemble des émissions fugitives de la production de produits pétroliers raffinés et la distribution du gaz naturel aux utilisateurs finaux. Les émissions ont été subdivisées en deux groupes principaux :

Raffinage du pétrole : les trois principales sources d'émissions fugitives provenant du raffinage sont : les procédés, les émissions accidentelles et le torchage. Les émissions de procédés sont attribuables à la production d'hydrogène ainsi qu'aux conduites d'évacuation. Les émissions fugitives accidentelles sont dues à des fuites d'équipement, au traitement des eaux usées, aux tours de refroidissement, aux réservoirs de stockage et aux opérations de chargement. Les émissions attribuables au torchage résultent de la combustion des gaz de combustion dangereux (comme les gaz corrosifs) et des gaz combustibles (gaz naturel). Les émissions de GES attribuables à la combustion de combustibles à des fins énergétiques sont déclarées à la rubrique Industries énergétiques.

Distribution du gaz naturel : Le réseau de distribution du gaz naturel reçoit du gaz à haute pression à l'entrée du réseau de transport et le distribue aux consommateurs par son réseau local de gazoducs. Les principales sources d'émission sont des émissions fugitives provenant des conduites maitresses et de branchement et des stations de comptage et de régulation, qui sont à l'origine de près de 42 % et de 33 % des émissions respectivement.

3.3.2.2. Questions de méthodologie

Secteur amont du pétrole et du gaz

Les émissions fugitives du secteur amont de l'industrie pétrolière et gazière classique sont basées sur une étude de l'industrie,

réalisée par l'ACPP et intitulée *A National Inventory of Greenhouse Gas (GHG), Criteria Air Contaminant (CAC) and Hydrogen Sulphide (H₂S) Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry* (CAPP, 2005a). Nous y ferons référence en français comme le rapport sur le secteur amont de la production de pétrole et de gaz. La méthode complète est décrite dans les volumes 1, 3 et 5 du rapport.

Pour l'an 2000, on a répertorié les émissions de plus de 5 000 installations. Ces émissions ont ensuite été extrapolées à environ 370 000 sources primaires attribuables au torchage, à l'évacuation, aux fuites des équipements, aux rejets de CO₂ des gisements, aux pertes durant l'entreposage, aux pertes durant le chargement et le déchargement, et aux rejets accidentels. Le réseau de gaz naturel, la production et la transformation du gaz étant considérés comme faisant partie de l'industrie pétrolière d'amont, les émissions de ces segments ont été incluses ici.

Une foule de données ont été recueillies et utilisées pour l'étude, notamment diverses données sur les activités des installations, comme les procédés et les équipements. Les coefficients d'émission de l'étude proviennent de diverses sources : rapports publiés, comme ceux de l'APE des États-Unis (1995a, 1995b), données fournies par les fabricants d'équipements, valeurs observées de l'industrie, débits d'évacuation mesurés, programmes de simulation et autres études de l'industrie. On trouvera une liste des coefficients d'émission utilisés dans le volume 5 du rapport sur le secteur amont de la production de pétrole et de gaz (CAPP, 2005a).

Les émissions fugitives relatives aux périodes 1990-1999 et 2001-2012 ont été estimées à partir des données annuelles sur les activités du secteur amont de la production de pétrole et de gaz classique et des résultats pour les émissions de l'an 2000. Les estimations de 1990-1999 et la méthode sont présentées dans le volume 1 du rapport sur le secteur amont de la production de pétrole et de gaz. Un modèle d'estimation uniforme a été conçu pour le secteur amont de la production de pétrole et de gaz (ci-après appelé modèle du secteur amont) pour 2001 et au-delà afin d'établir les estimations annuelles des émissions de GES au niveau national et provincial. Les émissions des deux séries chronologiques ont été estimées à l'aide des données sur les émissions de l'an 2000 ainsi que des données annuelles sur la production et les activités pour les années qui s'y rapportent. On trouvera une description détaillée de la méthodologie utilisée dans le rapport sur le secteur amont de la production de pétrole et de gaz et le rapport sur le modèle du secteur amont (CAPP, 2005b). L'annexe 3 présente un résumé de la méthode d'estimation du modèle du secteur amont de la production de pétrole et de gaz.

Transport du gaz naturel

Les émissions fugitives attribuables au transport du gaz naturel pour la période 1990-1996 proviennent de l'étude sur le secteur

amont du pétrole et du gaz classique, intitulée *CH₄ and VOC Emissions from the Canadian Upstream Oil and Gas Industry* (CAPP, 1999). Cette étude adopte rigoureusement une approche de niveau 3 du GIEC pour estimer les émissions de GES. On a estimé les émissions fugitives pour 1997 et au-delà en se basant sur la longueur des gazoducs et les taux de fuite établis à partir des résultats de l'étude originale. On trouvera une description de la méthode à l'annexe 3.

Bitume et sables bitumineux

Les sources d'émissions fugitives de GES attribuables à la production pétrolière non classique englobent l'extraction des sables bitumineux, l'extraction du pétrole/bitume lourd; la valorisation du pétrole lourd/bitume et les établissements de cogénération intégrée. Les émissions fugitives attribuables à l'extraction des sables bitumineux et à la valorisation du pétrole lourd proviennent de l'étude sur l'industrie du bitume intitulée *An Inventory of GHGs, CACs, and H₂S Emissions by the Canadian Bitumen Industry : 1990 to 2003* (CAPP, 2006). Cette étude est une compilation des émissions de GES des sociétés suivantes : Suncor Energy Inc., Syncrude Canada Limited, Shell Canada Limited, et Husky Energy Inc. Les méthodes utilisées pour estimer les émissions fugitives des installations d'extraction du bitume in situ proviennent de l'étude sur le secteur amont de la production de pétrole et de gaz de l'ACPP (CAPP, 2005a) (section 3.3.2.1).

En général, chaque exploitant s'est servi de l'approche de niveau 3 du GIEC pour élaborer une méthode ascendante afin d'estimer ses émissions de GES. Les inventaires des installations ont été revus afin de s'assurer que leurs estimations étaient complètes, exactes et transparentes. Lorsque des lacunes ont été relevées, des estimations ont été préparées et soumises à l'examen de chaque exploitant. Les études d'AQ/CQ et une analyse d'incertitude conforme aux Recommandations du GIEC (GIEC, 2000) ont également été effectuées.

Un modèle d'estimation pour le bitume a été mis au point pour permettre de faire des mises à jour annuelles des émissions fugitives provenant de l'extraction des sables bitumineux et des activités de valorisation du pétrole lourd et du bitume pour 2004 et au-delà. Ce modèle a été élaboré à partir des paramètres et des résultats pertinents de l'étude originale sur l'industrie du bitume, de même que des données annuelles sur ses activités. Les données sur les activités nécessaires à l'utilisation de ce modèle sont publiées dans les rapports suivants : *Alberta Mineable Oil Sands Plant Statistics* de l'Alberta Energy Regulator (AER, 2013) et les statistiques en ligne (1998-2012) de l'Office national de l'énergie sur la production de pétrole brut et d'équivalents, *Estimated Production of Canadian Crude Oil and Equivalent*. Ces données sont mises à jour chaque année et utilisées dans les estimations des émissions de GES. Pour obtenir une description détaillée de la méthodologie, on peut consulter l'étude sur l'industrie du bitume (CAPP, 2006) et le rapport portant sur le modèle en question

(Environnement Canada, 2007). L’annexe 3 présente un résumé de la méthode d’estimation du modèle de bitume.

Les émissions des installations d’extraction des sables bitumineux qui ne sont pas incluses dans le modèle initial d’estimation pour le bitume, comme celles des sociétés Canadian Natural Resources Limited (CNRL) Horizon Mine and Upgrader, Nexen Long Lake Upgrader, Fort Hills Mine et Shell Jackpine Mine, ont été estimées à l’aide des données sur les activités publiées par l’AER (2013) et des coefficients d’émission établis pour des installations de même nature.

Production aval de pétrole et de gaz

Les émissions fugitives des raffineries sont établies à partir de l’étude de l’Institut canadien des produits pétroliers (ICPP) intitulée *Economic and Environmental Impacts of Removing Sulphur from Canadian Gasoline and Distillate Production*, préparée par Purvin & Gertz Inc. avec la collaboration de Levelton Consultants Ltd. (ICPP, 2004). Pour en savoir davantage sur cette étude, voir le rapport de l’ICPP. On a recueilli des données historiques sur les combustibles, l’énergie et les émissions auprès du Centre canadien de données et d’analyse de la consommation finale d’énergie dans l’industrie (CIEEDAC) et des données pour les années 1990 et 1994 à 2002 directement auprès des raffineries. Les émissions fugitives, de torchage et d’évacuation pour les années 1991 à 1993 ont été interpolées, alors que les données sur les émissions de 2003 à 2012 ont été extrapolées à partir des données sur ces émissions qui figurent dans le rapport et des données sur la consommation d’énergie des raffineries de pétrole que l’on trouve dans le BDEEC de Statistique Canada (n° cat. 57-003). On trouvera une description détaillée de la méthodologie utilisée pour estimer les émissions entre 1991 et 1993 et à partir de 2003 dans l’annexe 3 de ce rapport.

Distribution du gaz naturel

Les estimations relatives aux émissions proviennent d’une étude de l’Association canadienne du gaz (ACG, 1997), qui a estimé les émissions de l’industrie canadienne des gazoducs pour les années 1990 et 1995.

Les émissions de l’étude ont été calculées à partir des coefficients d’émission de l’APE des États-Unis, d’autres sources publiées et d’estimations techniques.

Les données relatives aux activités qui figurent dans l’étude proviennent de sources publiées et d’enquêtes spécialisées auprès des compagnies de distribution de gaz. Les sondages avaient pour but d’obtenir des données sur les calendriers d’utilisation des équipements, les paramètres de fonctionnement des équipements, la longueur des gazoducs utilisés dans le réseau canadien de distribution, etc.

En 2000, le Gas Research Institute (GRI) a examiné l’étude de l’ACG (1997) et l’a actualisée avec des données plus documentées et plus précises pour les opérations de dégazage des stations (GRI, 2000).

Des coefficients d’émission généraux ont été conçus pour le réseau de distribution en fonction des données de l’étude publiée par Statistique Canada (n° 57-205) (ACG, 1997; GRI, 2000) et de la longueur des gazoducs de distribution par province fournie par Statistique Canada. On trouvera plus de détails sur la méthode utilisée pour estimer les émissions fugitives des réseaux de distribution de gaz naturel à l’annexe 3.

La méthode originale de l’étude équivaut à la méthode rigoureuse de niveau 3 du GIEC.

3.3.2.3. Degré d’incertitude et cohérence de la série chronologique

Secteur amont du pétrole et du gaz

Les émissions fugitives du secteur amont de l’industrie pétrolière et gazière pour 2000 sont tirées directement de l’étude de l’ACPP (CAPP, 2005a). Les émissions relatives aux périodes 1990 1999 et 2001 2012 sont estimées à partir des données de 2000 et d’autres coefficients analysés ci devant. Le degré d’incertitude des émissions globales de 2000 est de $\pm 1,5\%$. Les degrés d’incertitude des émissions de 2000 pour l’industrie du pétrole et du gaz naturel sont indiqués dans le Tableau 3–7 et le Tableau 3–8, respectivement. Les degrés d’incertitude détaillés pour chaque gaz se trouvent dans le rapport sur le secteur amont de la production de pétrole et de gaz (CAPP, 2005a).

Les degrés d’incertitude ont été établis au moyen de la méthode d’incertitude de niveau 1 qui figure dans les Recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Selon le guide, il y a trois sources d’incertitude : les définitions, la variabilité naturelle du procédé à

Tableau 3–7 Degré d’incertitude des émissions fugitives de l’industrie de production de pétrole

Catégorie de source de GES	Degré d’incertitude (%)		
	Exploration pétrolière	Production de pétrole	Transport du pétrole
Torchage	$\pm 4,2$	$\pm 2,3$	$\pm 24,0$
Émissions fugitives	$-8,9$ à $+8,3$	$\pm 7,4$	$-20,9$ à $+21,0$
Évacuation	$-38,4$ à $+30,4$	$-3,7$ à $+3,4$	—
Total	$-2,3$ à $+2,1$	$\pm 3,1$	$-16,7$ à $+16,8$

Tableau 3–8 Degré d'incertitude des émissions fugitives de l'industrie de production de gaz naturel

Catégorie de source de GES	Degré d'incertitude (%)
	Production/traitement du gaz
Torchage	–2,6 à +2,2
Émissions fugitives	–0,6 à +1,1
Autres	±1,7
Évacuation	–4,0 à +3,5
Total	±0,7

Source : CAPP (2005b).

Tableau 3–9 Uncertainty in Oil Refining Fugitive Emissions

	Degré d'incertitude (%)			
	Global	À l'exclusion des gaz de combustion des raffineries	À l'exclusion des gaz brûlés	À l'exclusion des gaz de combustion et des gaz brûlés des raffineries
Niveau 1	± 8,3	± 4,3	± 8,3	± 8,3
Niveau 2	± 14	± 5	± 14	± 14

l'origine des émissions et l'évaluation du procédé ou des quantités. Seules les deux dernières sources d'incertitude ont été prises en considération dans l'analyse, car on a présumé que les degrés d'incertitude liés aux définitions étaient négligeables puisqu'ils sont maîtrisés par les procédures d'AQ/CQ. Le degré d'incertitude serait sans doute supérieur pour les années pour lesquelles les estimations ont été établies au moyen du modèle du secteur amont comparativement au degré d'incertitude des estimations des émissions provenant des installations pour l'année étudiée (2000).

Secteur aval du pétrole et du gaz

Les données relatives aux émissions utilisées dans l'inventaire des émissions fugitives des raffineries pour les années 1990 et 1994 à 2002 sont directement tirées de l'étude de l'ICPP (2004). Le degré d'incertitude pour les années 1991 1993 et 2003 2012 est supérieur en raison du niveau disponible de désagrégation des données sur les activités. À des fins de comparaison, on a procédé à des analyses de niveau 1 et de niveau 2 du degré d'incertitude des coefficients d'émission et des données relatives aux activités pour établir le degré d'incertitude global du CO₂ en 2002 (ICPP, 2004).

Les résultats de ces analyses sont les suivants : pour l'analyse de niveau 1, le degré d'incertitude global était de ±8,3 %. L'analyse de niveau 2 a établi un degré d'incertitude global de ±14 %. L'écart entre le degré d'incertitude des analyses de niveau 1 et de niveau 2 est sans doute attribuable au fort degré de variabilité de certains des coefficients d'émission. Les résultats des analyses d'incertitude se trouvent au Tableau 3–9.

Bitume et sables bitumineux

Seules les estimations du degré d'incertitude des installations sont disponibles en ce moment. Une évaluation de niveau 1

du GIEC sur le degré d'incertitude a été effectuée pour chaque installation; on peut trouver tous les détails sur l'évaluation dans le rapport de l'étude sur le bitume (CAPP, 2006) et le modèle d'estimation pour le bitume (Environnement Canada, 2007). Le plan d'amélioration de l'analyse du degré d'incertitude prévoit la définition d'une plage globale d'incertitude pour cette industrie.

3.3.2.4. AQ/CQ et vérification

Pour assurer l'exactitude des résultats de l'étude sur le secteur amont de la production de pétrole et de gaz classique (CAPP, 2005a), les procédures d'AQ/CQ suivantes ont été effectuées. En premier lieu, tous les résultats ont été examinés à l'interne par du personnel chevronné pour s'assurer qu'il n'y avait pas d'erreurs, d'omissions ou de double comptabilisation. Le rapport a également été soumis à l'examen d'entreprises privées à qui l'on a demandé de formuler des remarques. Un deuxième niveau d'examen a été réalisé par le comité directeur du projet et par des experts désignés. En outre, dans la mesure du possible, on a comparé les résultats aux données de base antérieures et à d'autres inventaires industriels et nationaux. Les anomalies ont été vérifiées au moyen d'un examen des niveaux d'activité, des réformes apportées à la réglementation et des initiatives volontaires de l'industrie.

Des contrôles de la qualité de niveau 1 conformes aux Recommandations du GIEC (GIEC, 2000) ont été effectués sur les estimations de CO₂ et de CH₄ des sous-catégories clés suivantes :

- industries du pétrole et du gaz naturel
- évacuation et torchage du pétrole et du gaz naturel.

Les contrôles de la qualité n'ont révélé aucune erreur mathématique importante. Les données, les méthodes et les changements relatifs aux activités de CQ sont illustrés et archivés sur support papier et électronique.

3.3.2.5. Recalculs

Raffinage du pétrole : On a effectué de nouveaux calculs des émissions fugitives des raffineries pour les années 1995 à 2011 en se servant des données d'activité actualisées de Statistique Canada. Ces nouveaux calculs ont touché les années susmentionnées pour la catégorie du CUPR : 1.B.2.A.4 Raffinage/stockage du pétrole, et les années 2003-2011 pour les catégories 1.B.2.c.i Évacuation – Pétrole et 1.B.2.c.i Torchage Pétrole.

Secteur amont du pétrole et du gaz : Des données sur les activités actualisées provenant de diverses sources, y compris Statistique Canada et plusieurs rapports des gouvernements provinciaux et de l'industrie, ont été intégrées dans le modèle d'extrapolation pour le secteur amont du pétrole et du gaz, ce qui a entraîné des changements dans les émissions pour l'année de données 2011.

3.3.2.6. Améliorations prévues

Secteur amont du pétrole et du gaz : On réalise actuellement une étude pluriannuelle afin de mettre à jour l'étude sur le secteur amont de la production de pétrole et de gaz (CAPP, 2005a); elle devrait être complétée d'ici le printemps 2014. Cette étude mettra à jour les émissions à partir des plus récentes données disponibles (soit celles de l'année 2011) et tiendra compte des sources de pétrole et de gaz nouvelles et émergentes. Les résultats seront cohérents avec les Lignes directrices du GIEC actuelles et futures.

Bitume et sables bitumineux : À long terme, on prévoit réaliser une étude exhaustive pour mettre à jour l'étude sur le bitume (CAPP, 2006) afin d'améliorer les estimations des émissions dans l'industrie de l'exploitation, de l'extraction, de la production *in situ* et de la valorisation des sables bitumineux au Canada. La nouvelle étude permettra également d'élaborer une méthode robuste pour actualiser les estimations des émissions dans l'industrie de l'extraction des sables bitumineux, laquelle connaît un essor rapide, conformément aux priorités établies à la suite des récents examens de l'équipe d'experts.

Transport et distribution du gaz naturel : On étudiera les améliorations apportées au modèle des émissions du réseau de transport et de distribution du gaz naturel en se concentrant sur l'élaboration d'une méthode qui tiendra mieux compte des améliorations mises en œuvre par l'industrie au chapitre de l'efficacité. Les modèles actuels ne peuvent refléter les modifications apportées à l'équipement ni les améliorations mises en œuvre au chapitre de la technologie du fait que les émissions sont estimées en fonction de la longueur du pipeline et de coefficients d'émission statiques.

3.4. Postes pour mémoire (catégorie 1.C du CUPR)

3.4.1. Combustibles de soute internationaux (catégorie 1.C.1 du CUPR)

Selon les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – version révisée de 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997), les émissions des combustibles vendus pour le transport maritime et aérien international ne doivent pas être comprises dans les totaux de l'inventaire national, mais déclarées séparément comme émissions des « combustibles de soute internationaux ». Historiquement parlant, dans l'inventaire canadien, les combustibles dont Statistique Canada affirmait qu'ils avaient été vendus à des transporteurs maritimes ou aériens immatriculés à l'étranger étaient exclus des émissions totales de l'inventaire national. Il n'est cependant plus nécessaire de procéder ainsi depuis la mise en application d'un modèle de l'aviation permettant de déterminer l'origine et la destination véritables des vols.

En ce qui concerne les carburants des transports maritimes, il est difficile de savoir si tout le carburant vendu au Canada à des transporteurs immatriculés à l'étranger est utilisé dans le cadre d'activités internationales de transport. Mais surtout, il est devenu clair que la totalité des combustibles vendus aux transporteurs immatriculés au Canada n'est pas consommée dans les limites du pays. La CCNUCC et le GIEC œuvrent actuellement à l'élaboration de lignes directrices de déclaration plus claires au sujet des combustibles de soute, et il se peut que des procédures statistiques modifiées soient nécessaires pour comptabiliser avec plus de précision les combustibles de soute (fuel marin).

3.4.1.1. Transport aérien (catégorie 1.C1.A du CUPR)

Les émissions (Tableau 3–10) ont été calculées à l'aide des méthodes qui figurent à la rubrique Aviation civile (transport aérien intérieur) (section 3.2.3.2). Les données sur la consommation de carburant sont présentées dans le BDEEC (Statistique Canada, n° 57-003), et ce carburant est désigné comme ayant été vendu à des compagnies aériennes étrangères. Toutefois, Statistique Canada a la plus grande confiance dans ses valeurs publiées de la consommation totale de carburant pour l'aviation et présente un degré d'incertitude qui croît rapidement avec la ventilation des données dans diverses catégories, telles que les transporteurs aériens étrangers. Par conséquent, on a utilisé la consommation totale de carburant mentionnée dans le BDEEC et intégré au modèle MEGESA les origines et destinations de chaque vol d'aéronefs pour déterminer s'il s'agissait d'un vol intérieur ou international. Cette méthode a permis d'améliorer considérablement la répartition de la consommation de carburant

Tableau 3-10 Émissions de GES attribuables au transport aérien intérieur et international, 1990, 2000, 2005, 2008-2012

	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Combustibles de soute (transport aérien international)	6 100	9 200	10 000	9 300	8 800	9 300	9 400	9 100
Aviation civile (transport aérien intérieur)	7 100	7 600	7 600	7 300	6 400	6 400	6 200	6 100
Total	13 200	16 900	17 600	16 600	15 200	15 700	15 600	15 100

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

Tableau 3-11 Émissions de GES attribuables au transport maritime intérieur et international

	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Combustibles de soute (transport maritime international)	3 100	3 200	3 100	2 900	2 300	2 400	1 700	1 700
Transport maritime (intérieur)	5 000	5 200	6 700	6 500	6 700	7 000	5 800	5 800
Total	8 200	8 400	9 700	9 400	8 900	9 300	7 600	7 500

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

entre les vols intérieurs et internationaux grâce à des données de résolution élevée à l'appui des définitions obligatoires.

3.4.1.2. Transport maritime (catégorie 1.C.1.B du CUPR)

Les émissions (Tableau 3-11) ont été calculées à l'aide des méthodes énumérées à la section Navigation (transport maritime intérieur) (voir la section 3.2.3.2). Les données sur la consommation de carburant sont attribuées au transport maritime étranger dans le BDEEC (Statistique Canada, n° 57-003).

3.4.2. Émissions de CO₂ attribuables à la biomasse

Conformément aux lignes directrices de la CCNUCC, le CO₂ émis par la combustion de biomasse qui sert à produire de l'énergie n'est pas compris dans les totaux du secteur de l'énergie, mais est déclaré séparément comme poste pour mémoire. Les émissions sont comptabilisées dans le secteur Attribution des terres, changements d'attribution des terres (ATCATF) où elles sont consignées comme une perte de biomasse forestière. Les émissions de CH₄ et de N₂O attribuables à la combustion de combustibles à base de biomasse sont déclarées à la rubrique Combustion de combustibles dans les catégories voulues.

Les émissions attribuables à la biomasse ont été regroupées en trois grandes sources : bois de chauffage résidentiel, déchets ligneux industriels et éthanol/biodiesel utilisé dans le secteur des transports.

3.4.2.1. Bois de chauffage résidentiel

Le bois de chauffage est une source de chauffage principal ou d'appoint dans de nombreux foyers canadiens. Sa combustion émet des émissions de CO₂, du CH₄ et du N₂O, qui dépendent de la technologie. Les trois principaux types d'appareils de combustion de bois de chauffage en milieu résidentiel sont les poêles à bois, les foyers et les chaudières et autres appareils (p. ex. les poêles à granules).

3.4.2.2. Déchets ligneux industriels

La biomasse brûlée dans le secteur industriel comprend le bois de chauffage industriel et les liqueurs résiduelles, dont les données figurent dans le BDEEC et dont les émissions ne sont attribuées qu'au secteur des pâtes et papiers et de l'imprimerie, qui en est le consommateur principal. Les données ne sont pas disponibles à un degré d'agrégation suffisant pour déterminer l'utilisation de la biomasse par d'autres industries.

3.4.2.3. Éthanol-carburant

Les quantités d'éthanol-carburant utilisé dans le secteur des transports sont présentées au Tableau 3-12. Les propriétés de l'éthanol ont été établies en fonction de sa chimie et ont donné un PCS de 24,12 TJ/mL, une teneur en carbone de 52,14 % et une densité de 789,2 kg/m³.

D'après l'information fournie par Statistique Canada, l'éthanol est inclus dans les données de consommation d'essence du BDEEC; c'est pourquoi l'éthanol carburant a été adopté et modélisé comme s'il était mélangé à l'essence totale pour la ou les régions. La quantité totale d'éthanol-carburant disponible par province a été attribuée à chaque mode (véhicules routiers, classes de

Tableau 3–12 Éthanol utilisé dans les transports au Canada

Année	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Éthanol consommé (ML)	7	227	267	1 364	1 529	1 874	2 718	2 723

Tableau 3–13 Biodiesel utilisé dans les transports au Canada

Année	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Biodiesel consommé (ML)	0	0	4	141	164	394	558	585

technologie de véhicule et ensemble des véhicules hors route) selon le pourcentage de volume total d'essence calculé traditionnellement avec le MEMGES. Au lieu de corriger les coefficients d'émission de CH₄ et de N₂O en fonction de l'éthanol, le coefficient d'émission représentatif de l'essence a été appliqué selon le mode de transport et la classe de technologie. Les coefficients d'émission de CO₂ utilisés sont ceux qui reposent sur les caractéristiques chimiques réelles mentionnées plus haut et sur un taux d'oxydation de 99 %.

3.4.2.4. Biodiesel-carburant

Les quantités de biodiesel utilisé comme carburant dans les transports sont présentées dans le Tableau 3–13. Les propriétés du biodiesel sont tirées d'une étude sur ce carburant qui a été menée entre 2004 et 2005 (BioMer, 2005). Le pouvoir calorifique supérieur (PCS) établi est de 35,18 TJ/mL, avec une teneur en carbone de 76,5 % et une densité de 882 kg/m³.

Le biodiesel a été adopté et modélisé comme s'il était mélangé au volume total de diésel issu des combustibles fossiles pour la ou les régions. La quantité totale de carburant disponible par province a été attribuée à chaque mode (véhicules routiers, classe de technologie de véhicule, véhicules hors route, transport ferroviaire et ensemble du transport maritime intérieur) selon le pourcentage de volume total de diésel issu des combustibles fossiles calculé traditionnellement avec le MEMGES. Au lieu de corriger les coefficients d'émission de CH₄ et de N₂O en fonction du biodiesel, le coefficient d'émission représentatif du diésel issu des combustibles fossiles a été appliqué selon le mode de transport et la classe de technologie. Les coefficients d'émission de CO₂ utilisés sont ceux qui reposent sur les caractéristiques chimiques réelles mentionnées plus haut et sur un taux d'oxydation de 99 %.

3.5. Autres questions

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

Pour une analyse complète de ce sujet, voir l'annexe 4 qui présente une comparaison entre la méthode sectorielle et la méthode de référence.

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

Les émissions attribuables à l'utilisation des combustibles dans le secteur de l'énergie sont celles qui découlent de la combustion des combustibles destinée à générer de la chaleur ou produire un travail. En plus d'être brûlés pour produire de l'énergie, les combustibles fossiles le sont aussi à des fins non énergétiques. Parmi les utilisations des combustibles fossiles à des fins non énergétiques figurent leur utilisation comme cires, solvants, lubrifiants et matières premières (notamment pour la fabrication des engrais, du caoutchouc, des matières plastiques et des fibres synthétiques). Les émissions attribuables à l'utilisation des combustibles fossiles à des fins non énergétiques sont comprises dans le secteur des procédés industriels, tandis que les émissions résultant de l'utilisation de combustibles fossiles et du torchage par l'industrie du pétrole et de l'essence sont comprises dans la catégorie des émissions fugitives.

On trouvera au chapitre sur les procédés industriels (chapitre 4) une discussion sur l'utilisation de matières premières et l'utilisation à des fins non énergétiques de combustibles fossiles et des questions de méthodologie liées au calcul des émissions attribuables à cette source.

3.5.3. Captage et stockage du carbone – Récupération assistée des hydrocarbures

Au Canada, on utilise du CO₂ de sources anthropiques comme agent d'injection dans la récupération assistée des hydrocarbures (RAH) pour accroître le volume d'extraction de pétrole brut dans deux gisements de pétrole en voie d'épuisement. On a employé cette méthode pour la première fois en 2000 au site de Weyburn et en 2005 au champ de pétrole Midale exploité par l'entreprise Apache dans le but d'allonger d'une trentaine d'années la durée de vie de ces réservoirs parvenus à maturité. Ces entreprises achètent le CO₂ de la Dakota Gasification Company, située dans le Dakota du Nord (É.-U.), lequel est transporté par pipeline jusqu'aux champs pétrolifères; ce nouvel approvisionnement est ensuite combiné avec du CO₂ récupéré avant d'être réinjecté dans le réservoir. À l'heure actuelle, on injecte environ 2,8 Mt par année de CO₂ dans les champs de Midale et de Weyburn⁶. Dans le champ de Weyburn, on a injecté, de 2000 à 2011, plus de 20 Mt environ de nouveau CO₂ acheté à l'usine de gazéification Dakota à un taux d'injection de 7 000 t de CO₂ par jour (PTRC, 2011). Depuis 2005, on a injecté, dans le champ Midale, plus de 2 Mt de nouveau CO₂ à un taux d'injection de 1 800 t de CO₂ par jour (PTRC, 2004).

L'utilisation du CO₂ comme agent d'injection dans les puits de production s'explique par le fait que ce gaz agit comme un solvant et contribue à augmenter la pression à l'intérieur du réservoir, ce qui facilite l'extraction des hydrocarbures emprisonnés dans le sol lors de la RAH. À une pression élevée, ce procédé permet également d'emprisonner le CO₂ dans les espaces vides précédemment occupés par les molécules d'hydrocarbures; c'est ce qu'on appelle le stockage géologique du CO₂.

Weyburn est à la fois un site d'injection de CO₂ dans la RAH et le site d'un programme d'étude d'envergure du stockage géologique du CO₂ dirigé par l'Agence internationale de l'énergie – Programme de R-D sur les GES (AIE GES) avec le soutien de diverses entreprises, d'instituts de recherche et de gouvernements. Les résultats de la modélisation et des simulations effectuées au cours de la première phase (de 2000 à 2004) du projet de stockage et de surveillance du CO₂ de l'AIE GES, administré par le Petroleum Technology Research Centre (PTRC), indiquent que plus de 98 % de CO₂ demeurera emprisonné dans le réservoir de Weyburn après 5 000 ans et seulement 0,14 % sera rejeté dans l'atmosphère (Mourits, 2008). Pour un complément d'information sur ces résultats, visiter le site Web du PTRC (www.ptrc.ca – voir PTRC 2004).

La dernière phase (de 2005 à 2011) du projet de recherche de l'AIE à Weyburn-Midale, telle que décrite sur le site *Internet* du

PTRC, a été axée sur les composants techniques et non techniques, dont le choix et la caractérisation du site, la stabilité des puits, la surveillance et la vérification, l'évaluation des risques, les aspects réglementaires, l'information et la sensibilisation du public et les politiques environnementales, afin d'élaborer un manuel de pratiques exemplaires pour les futurs projets de stockage géologique du CO₂.

Les répercussions nettes des émissions de GES provenant de l'ensemble de ces activités sont incluses dans l'inventaire du Canada comme partie intégrante des catégories des industries énergétiques (1A.1) ainsi que du pétrole et du gaz naturel (1B.2).

3.5.4. Questions propres au Canada – Émissions attribuables à l'exportation nette des combustibles fossiles

Le Canada exporte une grande proportion de sa production de ressources de combustibles fossiles, essentiellement vers les États Unis. En 2012, il a exporté environ 65 % (valeur d'énergie équivalente) de sa production brute de gaz naturel et de pétrole brut. Les émissions attribuables à l'exportation de pétrole brut et de gaz naturel sont estimées au moyen du modèle « Fossil Fuel Export » (Smyth, 2010) qui utilise les modèles précédents qui servent actuellement à établir les estimations des émissions nationales ainsi que les données sur les activités mises à jour chaque année à partir de diverses sources. Les émissions et les secteurs couverts par les estimations des deux principaux types de combustibles sont les suivants :

- *Gaz naturel* : Cette catégorie rend compte des émissions de GES propres à la production, à l'exploitation, à la transformation et au transport du gaz naturel. On ne tient compte que des sources qui ont pour but de produire du gaz naturel destiné à la vente, ce qui comprend les sources d'émission fixes, fugitives et de transport. Les réseaux de distribution du gaz et les émissions de consommation en sont expressément exclus, étant donné qu'ils concernent la consommation de gaz domestique plutôt que les importations et exportations de gaz.
- *Pétrole brut* : Cette catégorie rend aussi compte des sources d'émission fixes, fugitives et de transport attribuables à la production, au traitement, au stockage et au transport du pétrole brut.

Il convient de noter que les estimations absolues des émissions présentées ici sont assorties d'un degré d'incertitude élevé, qui peut atteindre 40 % ou même plus. En revanche, les estimations des tendances sont plus précises, et on peut les considérer comme représentatives.

Les résultats montrent que, entre 1990 et 2012, les émissions dues aux exportations de pétrole et de gaz naturel ont augmenté de près de 200 %, ce qui coïncide avec une augmentation

⁶ Mourits F. 2010. Information sur l'injection de CO₂ à l'exploitation de Weyburn et Midale fournie par F. Mourits, projet de contrôle et de stockage de CO₂ Weyburn-Midale de l'AIE, Ressources naturelles Canada. Janvier 2010.

semblable des exportations totales de pétrole et de gaz naturel (Tableau 3–14). Au cours de la même période, les exportations de pétrole ont augmenté à un rythme 2,5 fois plus élevé que celui de la production intérieure, tandis que les émissions dues à ces exportations ont plus que triplé (Tableau 3–15). Cela s'explique par une augmentation des exportations des produits de pétrole brut non classiques issus des sables bitumineux du Canada (bitume brut et pétrole brut synthétique), qui produisent davantage de GES (Tableau 3–18). En ce qui concerne le gaz naturel, les émissions attribuables aux exportations ont augmenté d'environ 140 %, ce qui coïncide avec une augmentation de 121 % des exportations de gaz naturel (presque trois fois le rythme de croissance de la production de gaz naturel; Tableau 3–16)⁷.

La production de pétrole brut classique, qui a atteint un pic en 2003, est généralement à la baisse au Canada. Toutefois, au cours des dernières années, la production a augmenté de concert avec l'utilisation du forage horizontal et de la fracturation hydraulique. Les exportations de pétrole brut classique et les émissions qui y sont attribuables ont donc aussi augmenté (Tableau 3–17). Par rapport à ce que l'on observe pour le pétrole brut classique, la production de pétrole brut non classique⁸ issu des sables bitumineux du Canada augmente constamment (Tableau 3–18).

En 2012, la production était plus de cinq fois supérieure à celle de 1990, tandis que les exportations étaient près de sept fois plus élevées qu'en 1990. Cette différence s'explique par l'efficacité accrue des méthodes d'extraction des produits de sables bitumineux.

7 La source de toutes les données d'exportation et de production d'énergie est : Statistique Canada, *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada*, n° 57-003. Les émissions de GES de 1990 à 2012 attribuables aux exportations nettes proviennent de Smyth (2010).

8 Le pétrole brut non classique comprend le bitume naturel provenant d'installations d'extraction et de sources in situ ainsi que le pétrole brut synthétique.

Tableau 3–14 Total du pétrole brut et du gaz naturel – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années

Pétrole brut et gaz naturel - Tendances	1990	2002	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Production nationale (PJ)	7 958	12 730	13 091	13 059	12 593	12 721	13 203	13 674
Énergie exportée (PJ)	3 068	7 481	7 870	8 122	7 954	8 256	8 583	8 909
Émissions attribuables aux exportations brutes (Mt d'éq. CO ₂)	33,0	85,3	87,1	89,8	85,1	86,2	89,5	93,1

Tableau 3–15 Pétrole brut – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années

Pétrole brut - Tendances	1990	2002	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Production nationale (PJ)	3 774	5 480	5 899	6 398	6 363	6 714	7 141	7 668
Énergie exportée (PJ)	1 531	3 377	3 804	4 181	4 294	4 582	5 020	5 516
Émissions attribuables aux exportations brutes (Mt d'éq. CO ₂)	21,4	50,4	53,7	54,5	59,3	58,1	62,5	65,8

Tableau 3–16 Gaz naturel – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années

Gaz naturel - Tendances	1990	2002	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Production nationale (PJ)	4 184	7 250	7 192	6 661	6 229	6 007	6 062	6 006
Énergie exportée (PJ)	1 537	4 103	4 066	3 941	3 660	3 673	3 563	3 393
Émissions attribuables aux exportations brutes (Mt d'éq. CO ₂)	11,5	34,9	33,4	31,3	28,0	28,1	27,0	27,3

Tableau 3-17 Pétrole brut classique – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années

Pétrole brut classique - Tendances	1990	2002	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Production nationale (PJ)	2 973	3 657	3 459	3 418	3 090	3 098	3 173	3 287
Énergie exportée (PJ)	1 112	2 319	2 293	2 153	2 310	2 315	2 608	2 623
Émissions attribuables aux exportations brutes (Mt d'éq. CO ₂)	12,7	32,1	31,7	28,8	25,5	21,1	24,7	23,6

Tableau 3-18 Pétrole brut non classique – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années

Pétrole brut non classique - Tendances	1990	2002	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Production nationale (PJ)	801	1 822	2 440	2 980	3 274	3 616	3 968	4 381
Énergie exportée (PJ)	418	1 058	1 511	2 029	1 984	2 268	2 412	2 894
Émissions attribuables aux exportations nettes (Mt d'éq. CO ₂)	8.7	18.3	22.0	28.3	30.9	37.0	37.8	42.1

Chapitre 4

Procédés industriels (secteur 2 du CUPR)

4.1. Aperçu

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont produites lors de diverses activités sans rapport avec l'énergie. Les principales sources de ces émissions sont les procédés industriels qui permettent la transformation chimique ou physique de matières. Ces procédés peuvent donner lieu au rejet de plusieurs GES différents, notamment le CO₂, le CH₄, le N₂O et les perfluorocarbures (PFC) (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Certains halocarbures (HFC et PFC) et le SF₆ servent de charge d'alimentation pour certains procédés industriels, en plus d'être utilisés comme produits de remplacement de substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO) dans diverses applications; ces émissions sont également incluses dans le secteur Procédés industriels.

Les émissions de GES imputables à la combustion de combustibles pour la production d'énergie destinée aux activités industrielles sont généralement attribuées au secteur Énergie. Dans certains cas, il est difficile de faire la distinction entre les émissions dues à la consommation en tant que combustible pour produire de l'énergie et en tant que matière première pour réaliser le procédé industriel. Dans ces cas, si la majeure partie de la consommation est destinée au procédé industriel, les émissions sont attribuées au secteur des procédés industriels. Les émissions associées à l'utilisation du gaz naturel comme matière première dans les secteurs pétroliers d'amont et d'aval pour produire de l'hydrogène sont attribuées au secteur de l'énergie.

Parmi les procédés dont il est question dans le secteur des procédés industriels figurent la production et l'utilisation de produits minéraux, la production de métaux, la fabrication chimique (dont du CH₄ et du N₂ à partir de substances pétrochimiques), la consommation de SF₆, la production et l'utilisation d'halocarbures comme produits de remplacement des substances appauvrissant la couche d'ozone et d'autres procédés industriels ou procédés indifférenciés.

Les émissions de CO₂ résultant de l'utilisation de combustibles fossiles comme charges d'alimentation pour produire des produits chimiques autres que l'ammoniac sont déclarées au

sous secteur « Autres procédés et procédés indifférenciés » (section 4.22). Ce sous-secteur inclut également les émissions de CO₂ dues à d'autres utilisations non énergétiques de combustibles dans l'extraction et la transformation de métaux (exception faite de l'utilisation du coke en sidérurgie, qui fait l'objet d'une catégorie distincte).

Les émissions indirectes (telles que celles de CO, de composés organiques volatiles non méthaniques [COVNM] et de SO₂) résultant de procédés industriels comme l'asphaltage des toits et des routes, la production de pâtes et papiers et la production d'aliments et de boissons n'ont pas été estimées. Cependant, ces émissions, de même que les émissions indirectes de GES associées aux activités énergétiques, sont inscrites à l'annexe 10 de ce rapport d'inventaire national tel que produit par le groupe d'Environnement Canada chargé de l'inventaire des polluants atmosphériques.

Comme le montre le Tableau 4-1, les émissions de GES du secteur des procédés industriels représentent 56,5 Mt dans l'inventaire national des GES de 2012, contre 55,7 Mt en 1990. En 2012, ces émissions ont contribué à 8,1 % du total canadien de GES. Le chapitre 2 traite en détail des facteurs contribuant aux tendances à long terme et à court terme dans le secteur; les points saillants sont présentés ci-dessous.

La production d'acide adipique a pris fin en 2009, ce qui a entraîné en 2012 une baisse de 10,7 Mt d'éq. CO₂ par rapport à 1990 dans la catégorie de source Production d'acide adipique, et par ricochet une diminution de 57 % (9,4 Mt d'éq. CO₂) dans le sous-secteur des industries chimiques. Une autre baisse notable des émissions entre 1990 et 2012 provient des alumineries qui ont abaissé leurs émissions de PFC de 77 % ou 5,0 Mt d'éq. CO₂ en mettant en place des dispositifs antipollution, tout en augmentant leur volume de production de 77 % au cours de la même période. De plus, l'industrie s'est efforcée de réduire progressivement son utilisation de la technologie de production Sørderberg. La dernière usine de magnésium a cessé ses activités en 2008, ce qui a causé une baisse de 2,9 Mt d'éq. CO₂ dans la catégorie de source Production de magnésium entre 1990 et 2012.

Une autre industrie qui a connu une baisse d'émissions entre 1990 et 2012 est celle de la production de chaux (18 %, ou 0,3 Mt d'éq. CO₂).

La réduction des émissions mentionnée ci-dessus a été en partie neutralisée par l'augmentation importante des émissions des catégories Consommation d'halocarbures et Autres procédés et procédés indifférenciés entre 1990 et 2012. Les émissions attribuables à la consommation d'halocarbures ont augmenté de 1 440 % (7,3 Mt d'éq. CO₂) depuis 1995, en raison du remplacement progressif des SACO, telles que les chlorofluorocarbures (CFC) et les hydrochlorofluorocarbures (HCFC), par les hydrofluorocarbures (HFC), conformément aux termes du Protocole

Tableau 4-1 Émissions de GES attribuables au secteur des procédés industriels, certaines années

Catégorie de source de GES		Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)							
		1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Procédés industriels - TOTAL		55 700	57 400	60 300	58 700	52 000	54 200	54 700	56 500
a.	Produits minéraux	8 400	9 800	9 900	9 000	7 000	7 600	7 800	8 400
	Production de ciment	5 400	6 700	7 200	6 600	5 100	5 700	5 700	6 300
	Production de chaux	1 800	1 900	1 700	1 500	1 200	1 400	1 400	1 400
	Utilisation de calcaire et de dolomite	800	770	640	670	540	360	430	430
	Utilisation de carbonate de calcium	250	250	180	160	110	100	100	110
	Utilisation de magnésite	147	181	175	57	69	81	96	91
b.	Industrie des produits chimiques	16 300	8 000	9 300	9 400	7 100	6 500	7 000	7 000
	Production d'ammoniac	4 500	5 700	5 300	5 600	5 200	5 300	5 700	5 800
	Production d'acide nitrique	1 010	1 230	1 250	1 280	1 150	1 100	1 160	1 150
	Production d'acide adipique	10 700	900	2 650	2 400	660	0	0	0
	Production pétrochimique	110	100	80	70	60	60	60	60
c.	Production de métaux	22 600	22 500	19 700	18 500	15 400	15 800	16 600	16 300
	Sidérurgie	10 200	11 500	10 200	10 700	8 030	9 030	9 860	9 840
	Production d'aluminium	9 300	8 200	8 200	7 400	7 200	6 600	6 600	6 200
	Production de magnésium	2 870	2 310	1 090	175	0	0	0	0
	Moulage du magnésium	236	471	201	280	193	190	200	257
d.	Production et consommation d'halocarbures (HFC et PFC)	770	3 000	5 300	5 600	6 300	7 100	7 600	7 800
e.	Utilisation de SF ₆ dans le matériel électrique des services publics et les semi-conducteurs	230	220	180	220	190	190	150	190
f.	Autres procédés et procédés indifférenciés	7 400	14 000	16 000	16 000	16 000	17 000	15 000	17 000

Note : Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué. De plus, les valeurs arrondies peuvent ne pas refléter certaines baisses ou hausses légères d'émissions discutées dans le paragraphe précédent.

de Montréal. Dans un même ordre de grandeur, les émissions du secteur Autres procédés et procédés indifférenciés se sont accrues de 128 % (9,4 Mt d'éq. CO₂) depuis 1990, surtout à cause des augmentations de la consommation : de liquides de gaz naturel et de produits de raffinerie utilisés comme charge dans la fabrication pétrochimique et de solvants dans des applications industrielles et commerciales.

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour chacune des catégories du secteur des procédés industriels. Les résultats de cette évaluation sont indiqués dans la section sur l'incertitude de chaque catégorie.

Pour faire en sorte que l'inventaire soit correctement dressé, les catégories clés et actualisées de ce secteur ont toutes subi des contrôles de qualité de niveau 1.

Dans un souci d'amélioration continue et pour tenir compte de commentaires formulés par les experts de l'équipe d'examen (EEE) de l'inventaire quant à la présentation du RIN de 2013, nous avons amélioré les données d'activité et corrigé les erreurs de transcription et de calcul. Les erreurs de calcul et de transcription qui avaient été détectées dans la déclaration de 2013 dans le cadre des mesures de CQ ont été corrigées. Les changements des estimations découlant des améliorations mentionnées sont décrits en détail aux sections Recalculs des catégories sources concernées du présent chapitre. Conformément aux recom-

Présentation 2014 du Canada à la CCNUCC

mandations formulées par l'EEE concernant la transparence, des renseignements supplémentaires ont été fournis dans le présent RIN relativement aux catégories suivantes : production de chaux, utilisation de calcaire et de dolomite, sidérurgie et autres procédés et procédés indifférenciés.

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

4.2.1. Description de la catégorie de source

Du CO₂ se dégage durant la production de clinker, produit intermédiaire qui entre dans la composition du ciment. Du carbonate de calcium (CaCO₃) provenant du calcaire, de la craie ou d'autres substances riches en calcium et d'autres charges d'alimentation comme des silicates sont chauffés dans un four à haute température pour produire de la chaux vive, CaO et du CO₂. Ce procédé est appelé calcination ou calcinage. Il survient dans la partie du four dont la température est la plus basse (800-900 °C). On peut le représenter comme suit :



On combine alors la chaux à des matériaux contenant de la silice dans la partie du four à plus haute température (de 1 350 à

1 450 °C) pour produire du clinker (granules de couleur gris noir ayant la taille de billes de 12 mm de diamètre). Le clinker est retiré du four, refroidi et pulvérisé, et on y ajoute du gypse pour faire du ciment Portland. Selon les publications de Statistique Canada, (catalogue n° 44 001 et tableaux 303 0060 et 303 0061 du CANSIM), plus de 90 % du ciment produit au Canada est du type Portland. Le ciment Portland contient de 95 % à 97 % de clinker en poids, et la teneur en chaux du clinker est de 60 % à 67 % (GIEC, 2006). Les autres ciments spécialisés ont une plus faible teneur en chaux, mais ils sont généralement utilisés en faibles quantités.

Les émissions de CO₂ découlant de la production de ciment sont directement proportionnelles à la teneur en chaux. Les émissions découlant de la combustion de combustibles fossiles pour produire la chaleur qui amorce la réaction dans le four sont attribuées au secteur de l’énergie et ne sont pas comptabilisées ici.

4.2.2. Questions de méthodologie

Pour estimer les émissions nationales de CO₂ résultant de la production de ciment, on a utilisé l’équation mentionnée dans les recommandations du Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat (GIEC, 2000) :

Équation 4–1 :

$$\text{Émissions de CO}_2 = CE_{\text{clinker}} \times \text{Production de clinker} \times \text{Facteur de correction PFC}$$

où :

CE _{clinker}	=	coefficient d’émission basé sur la production de clinker, clinker kt CO ₂ /kt
Production Clinker	=	données sur la production de clinker, kt
Facteur de correction PFC	=	facteur qui corrige les pertes attribuables aux poussières des fours à ciment (PFC), fraction

Le CE_{clinker} par défaut du GIEC, qui s’élève à 0,5071 t de CO₂/t de clinker produit a été appliqué. Ce coefficient a été obtenu à partir d’un pourcentage moyen du contenu en CaO de 64,6 % et du rapport entre le poids moléculaire du CO₂ et celui du CaO dans la matière première, qui est de 0,785 (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Les recommandations du GIEC (GIEC, 2000) proposent d’appliquer un facteur de 1,02 (c. à d. l’ajout de 2 % au CO₂ calculé pour le clinker) comme facteur de correction PFC par défaut.

Les données sur la production de clinker entre 1990 et 1996 sont tirées du document intitulé *A Review of Energy Consumption and Related Data: Canadian Cement Manufacturing Industry, 1990 to 2008* (CIEEDAC, 2010), celles de la période de 1997 à 2004, d’un document de Statistique Canada (n° 44-001) et celles de 2005 à

2012, des tableaux 303-0060 et 303-0061 du CANSIM (Statistique Canada, 2005-2012). L’application de l’Équation 4–1 ci dessus aux données sur la production de clinker est considérée comme une méthode de niveau 2.

Des données sur la capacité de production de clinker des cimenteries de tout le Canada ont été utilisées pour estimer les émissions provinciales ou territoriales de CO₂. Les données de 1990 à 2006 proviennent de l’*Annuaire des minéraux du Canada* (RNCAN, 1990 2006), et l’auteur de la section sur le ciment de l’annuaire a fourni les données de 2007-2012¹. Ces données ont servi à calculer le pourcentage de la capacité nationale totale de production de clinker attribué à chaque province/territoire. Les émissions de CO₂ à l’échelon provincial ou territorial ont été estimées en multipliant le pourcentage attribué à chaque province ou territoire par l’estimation des émissions nationales.

4.2.3. Degré d’incertitude et cohérence de la série chronologique

Une incertitude de niveau 1 a été élaborée sur la base des valeurs d’incertitude par défaut fournies par le GIEC (2006) à l’égard de divers paramètres de l’équation des émissions de CO₂. L’erreur associée au taux d’absence de réponse à l’enquête de Statistique Canada a également été prise en compte dans les données sur la production de clinker. L’incertitude de niveau 1 associée à l’estimation des émissions de CO₂ pour la production de clinker était de ±14 %. La valeur d’incertitude s’applique toutes les années de la série chronologique. L’équation 3.1 des recommandations du GIEC (GIEC, 2000) a été systématiquement appliquée sur toute la série chronologique. Les sources des données sur les activités sont décrites à la section 4.2.2.

4.2.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

Cette catégorie clé du secteur des procédés industriels a fait l’objet de contrôles de qualité de niveau 1 tels qu’établis dans le plan d’assurance et de contrôle de la qualité (annexe 6). Les contrôles étaient conformes aux Procédures de CQ pour inventaire général de niveau 1 des recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Aucun problème d’importance n’a été décelé lors de ces contrôles.

4.2.5. Recalculs par catégorie

Aucun recalcul des émissions n’a été effectué pour la catégorie Production de ciment.

¹ Panagapko D., 2008-2012. Communications personnelles (courriels de D. Panagapko à A. Shen, DGES, daté du 12 décembre 2008; à A. Au, DGES, daté du 13 novembre 2009; à S. Chakrovorty, DGES, daté du 22 juin 2010; à Mohamed Abdul, Division des inventaires et rapports sur les polluants, date du 20 septembre 2011; et à Renata Zaremba, DGES, daté du 19 septembre 2013).

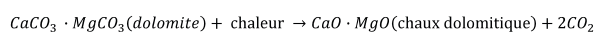
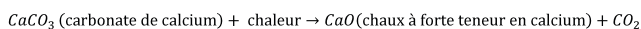
4.2.6. Améliorations prévues par catégorie

Puisqu'une amélioration est prévue à la catégorie Production de ciment, un coefficient d'émission (CE) propre au pays, basé sur les données canadiennes, est en cours d'élaboration. Ce coefficient remplacera le CEclinker par défaut actuel du GIEC dans le prochain rapport.

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

4.3.1. Description de la catégorie de source

La production de chaux se fait en un certain nombre d'étapes : l'extraction, le broyage, le calibrage et la calcination (traitement par la chaleur) de la matière première, suivis du transfert, de l'entreposage et de la manutention des produits (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Comme le mentionne la description de la catégorie de source pour la production de ciment (section 4.2.1), le CO₂ est rejeté à l'étape de la calcination, au cours de laquelle la chaux est formée par la décomposition thermique des carbonates à des températures élevées dans un four rotatif. Il existe trois principaux types de chaux : chaux à forte teneur en calcium; chaux dolomitique; chaux hydraulique. Il importe de faire une distinction entre ces types de chaux dans l'estimation des émissions, car les deux premiers types ont des rapports stœchiométriques différents et le troisième a une teneur en CaO beaucoup plus faible (GIEC, 2000). On obtient de la chaux vive à forte teneur en calcium (CaO) et de la chaux vive dolomitique (CaO.MgO) en calcinant du carbonate de calcium (CaCO₃) et de la dolomite (CaCO₃.MgCO₃), respectivement, comme le montrent les réactions suivantes :



La chaux à forte teneur en calcium et la chaux dolomitique peuvent toutes deux être « éteintes » (c-à-d. traitées avec de l'eau dans des conditions contrôlées) et produire de l'hydroxyde de calcium, sous forme de Ca(OH)₂ et de Ca(OH)₂.Mg(OH)₂, respectivement. De plus, d'après les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000), lorsqu'il n'y a pas d'information sur la chaux hydraulique, comme c'est le cas au Canada, la proportion de chaux hydraulique doit être présumée nulle.

Les émissions découlant de la régénération de chaux à partir de liqueurs résiduelles des usines de pâtes ne sont pas comptabilisées dans le secteur des procédés industriels. Étant donné que ce CO₂ est d'origine biogène, il est consigné comme fluctuation des stocks de carbone forestier dans le secteur ATCATF. Le CO₂ associé

à l'utilisation de calcaire naturel pour la production de chaux dans l'industrie des pâtes et papiers est pris en compte dans la catégorie Utilisation de calcaire et de dolomite (section 4.4).

4.3.2. Questions de méthodologie

La méthode utilisée pour calculer les émissions de CO₂ provenant de la production de chaux est de niveau 2, car les coefficients d'émission propres au pays ont été appliqués aux données d'activité nationale. Les coefficients d'émission propres au pays pour la chaux à forte teneur en calcium et la chaux dolomitique ont été élaborés à partir de l'information sur la composition de la chaux au Canada du Canadian Lime Institute². Les données sur la production totale de chaux à l'échelle nationale, la production d'hydroxyde de calcium et la capacité de calcination des fabriques de chaux ont été tirées de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (RNCAN, 1990-2006) ou fournies par l'auteur de la section sur la chaux de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (2007-2012). La production nationale de chaux est corrigée en fonction de la teneur en eau de l'hydroxyde de calcium : la quantité de chaux « sèche » est ensuite divisée en deux types de chaux : la chaux à forte teneur en calcium et la chaux dolomitique. On distingue trois types de fabriques de chaux au Canada, compte tenu de leur produit final : la chaux dolomitique seulement, la chaux à forte teneur en calcium seulement et les deux (chaux à forte teneur en calcium et chaux dolomitique) à la fois. Conformément aux recommandations du GIEC (GIEC, 2000), en l'absence de données non regroupées sur la répartition des types de chaux, la valeur par défaut 85/15 pour la chaux à forte teneur en calcium/chaux dolomitique a été utilisée pour les fabriques produisant les deux types de chaux. Selon le type de produits et la capacité de calcination de chaque fabrique (fournis par Ressources naturelles Canada [RNCAN]) et le rapport par défaut du GIEC, la répartition totale à l'échelle provinciale et nationale a été calculée chaque année et utilisée pour les calculs des émissions. Le tableau suivant montre la répartition, obtenue de la façon expliquée, utilisée chaque année pour distinguer la production de chaux dolomitique de celle de chaux à forte teneur en calcium.

La forte baisse de la proportion de chaux dolomitique dans la période 1999-2000 est due à deux changements majeurs dans les fabriques ontariennes. Premièrement, Guelph DoLime Limited, qui produisait seulement de la chaux dolomitique jusqu'en 1999, a cessé ses activités en 2000. Deuxièmement, la carrière Lafarge Canada à Dundas est passée d'une production de chaux dolomitique seulement à une production de chaux dolomitique et de chaux à forte teneur en calcium en 1999-2000³. La baisse légère de la proportion de la chaux dolomitique en 2008-2009 est due à une réduction de la capacité de calcination dans une fabrique en Ontario ne produisant que de la chaux dolomitique. Cela est

² Kenefick W., Communication personnelle (courriel de Wayne Kenefick à Amy Shen, DGES, daté du 7 octobre 2008). Canadian Lime Institute.

³ Confirmé par D. Panagapko (courriel à Maryam Edalatmanesh, DGES, daté du 6 novembre 2013).

Tableau 4-2 Répartition de la production de chaux dolomitique et de chaux à forte teneur en calcium au Canada (1990-2012)

Année	Répartition (%)	
	Chaux dolomitique	Chaux à forte teneur en calcium
1990	14%	86%
1991	14%	86%
1992	14%	86%
1993	16%	84%
1994	16%	84%
1995	16%	84%
1996	16%	84%
1997	16%	84%
1998	16%	84%
1999	16%	84%
2000	8%	92%
2001	8%	92%
2002	8%	92%
2003	9%	91%
2004	9%	91%
2005	9%	91%
2006	9%	91%
2007	9%	91%
2008	9%	91%
2009	7%	93%
2010	7%	93%
2011	7%	93%
2012	7%	93%

dû à la demande inférieure du marché résultant du ralentissement économique touchant l'industrie sidérurgique (un grand consommateur de dolomite et de chaux dolomitique) durant cette période⁴.

Pour une année donnée, les statistiques les plus récentes sur la production de chaux sont préliminaires et sujettes à révision dans les versions ultérieures. Dans les recommandations du GIEC (GIEC, 2000), les données sur la production totale de chaux à l'échelle nationale ont été corrigées en les multipliant par un facteur de $1 - (x * y)$, où x est la proportion d'hydroxyde de calcium produit par rapport à la quantité totale de chaux produite et y est la teneur en eau de l'hydroxyde de calcium. Au Canada, la valeur « y » (teneur en eau) de l'hydroxyde de calcium est de 28,25 %⁵. De plus, les données corrigées sur la production de chaux ont été réparties selon la production de chaux à forte teneur en calcium et la production de chaux dolomitique, à l'aide des données sur la capacité de calcination des installations de production de chaux au Canada. On a ensuite calculé les émissions nationales de CO₂ en appliquant les coefficients d'émission

canadiens aux données annuelles estimatives sur la production nationale de chaux, selon le type de chaux (annexe 8). Pour estimer les émissions de CO₂ à l'échelle provinciale, les émissions à l'échelle nationale ont été réparties par province, selon la capacité de calcination de chaque province.

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

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de la production de chaux. On y a tenu compte des incertitudes associées aux données sur la production, aux coefficients d'émission, au facteur de correction pour l'hydroxyde de calcium et au pourcentage divisé entre les deux types de chaux. L'incertitude associée à la catégorie dans son ensemble a été estimée à $\pm 8,2$ %, et on a déterminé que les données sur la production de chaux et le pourcentage divisé entre les deux types de chaux ont principalement contribué à l'incertitude. La valeur d'incertitude s'applique toutes les années de la série chronologique.

Les mêmes coefficients d'émission ont été employés pour l'ensemble de la série chronologique. Les sources des données sur les activités sont décrites à la section 4.3.2.

La provenance des données et la technique d'estimation utilisées sont cohérentes sur toute la série chronologique.

4.3.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

Cette catégorie du secteur des procédés industriels a fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (annexe 6). Les contrôles étaient conformes aux Procédures de CQ pour inventaire général de niveau 1 des recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Aucune anomalie n'a été constatée.

4.3.5. Recalculs par catégorie

La mise à jour des données d'activité pour 2011 a entraîné le recalcul des émissions de cette année.

4.3.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie.

4 Confirmé par W. Kenefick (courriel à Maryam Edalatmanesh, DGES, daté du 25 octobre 2013).

5 Kenefick W., Communication personnelle (courriel de Wayne Kenefick à Amy Shen, DGES, daté du 22 octobre 2008). Canadian Lime Institute.

4.4. Utilisation de calcaire et de dolomite (catégorie 2.A.3 du CUPR)

4.4.1. Description de la catégorie de source

Le calcaire est une matière première de base utilisée dans un certain nombre d'industries. Outre sa consommation dans la production de ciment et de chaux destinés à la revente, il sert de matière première dans les verreries. Par ailleurs, on en utilise d'importants volumes comme castine dans les hauts fourneaux et dans les fonderies de métaux non ferreux. La dolomite peut également être utilisée dans les hauts fourneaux. La proportion de calcaire et de dolomite utilisée en sidérurgie varie selon la nature du minerai de fer et l'usage que l'on fait des scories qui en résultent. De plus, on utilise du calcaire dans d'autres secteurs, tels que les pâtes et papiers (pour la chaux d'appoint), la désulfuration des gaz de combustion (DGC) pour les centrales alimentées aux combustibles fossiles et d'autres activités industrielles utilisant du carburant à haute teneur en soufre et le traitement des eaux usées.

Étant donné que le calcaire à haute température est calciné en chaux dans ces industries, le CO_2 est produit par la réaction décrite à la section 4.2.1 sur la production de ciment.

Pour éviter une double comptabilisation, la catégorie de l'utilisation de calcaire et de dolomite n'inclut pas les émissions provenant du calcaire utilisé pour la production de ciment et de chaux. Les émissions attribuables à l'utilisation de calcaire pour produire du ciment et de la chaux sont prises en compte dans la catégorie de la production de ciment et de chaux.

4.4.2. Questions de méthodologie

Les émissions de CO_2 attribuables à l'utilisation de calcaire et de dolomite ont été calculées séparément au moyen de deux coefficients d'émission différents. On considère que la méthode d'estimation des émissions utilisée est de niveau 2.

D'après la stoechiométrie du procédé, on a calculé que 440 g de CO_2 pouvaient être rejetés par kilogramme de calcaire pur utilisé. Toutefois, comme l'industrie canadienne n'utilise pas de calcaire pur, on a appliqué un coefficient de pureté de 95 %, ce qui a abouti au coefficient d'émission global de 418 g de CO_2 /kg de calcaire utilisé (AMEC, 2006). Le facteur de pureté de 95 % provient d'un rapport préparé par le ministère du Développement du Nord et des Mines (1989) pour le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario.

La dolomite se compose à la fois de calcaire (CaCO_3) et de magnésite (MgCO_3). Un important producteur canadien de

dolomite affirme que sa dolomite contient entre 56 % et 58 % de CaCO_3 et entre 38 % et 41 % de MgCO_3 . On a établi un coefficient d'émission global de 468 g de CO_2 /kg de dolomite utilisée en fonction des coefficients d'émission du calcaire pur (440 kg de CO_2 par tonne) et de la magnésite (522 kg de CO_2 par tonne), et en partant de l'hypothèse que la dolomite se compose de 58 % de CaCO_3 et de 41 % de MgCO_3 (AMEC, 2006).

Les données sur l'utilisation de pierre brute dans les hauts fourneaux sidérurgiques, les fonderies de métaux non ferreux, les verreries, les usines de pâtes et papiers et les autres utilisations chimiques proviennent de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (RNCAN, 1990-2006) ou de l'auteur de la section sur la pierre brute de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (2007-2012). De plus, les données sur l'utilisation de la pierre dans les hauts fourneaux sidérurgiques pour toutes les années ont été subdivisées en calcaire et en dolomite selon une répartition de 70/30 (AMEC, 2006). Pour estimer les émissions nationales de CO_2 , on a multiplié les quantités de calcaire et de dolomite consommées par les coefficients d'émission correspondants.

On ne peut présenter de ventilation détaillée des autres utilisations chimiques, car il a été impossible d'obtenir des données pertinentes auprès de Ressources naturelles Canada. Par conséquent, même si elle comprend une gamme d'utilisations émettrices et non émettrices du calcaire et de la dolomite, cette sous-catégorie est considérée comme émettrice et est dûment déclarée. Pour déterminer la part de dolomite et celle du calcaire dans cette sous-catégorie, la répartition des applications est nécessaire. Les procédés de DGC dans les centrales, les raffineries de sucre et les usines de traitement des eaux usées consomment le calcaire et la dolomite responsables de la plus grande partie des émissions dans cette catégorie (AMEC, 2006), comme c'est le cas aux États-Unis. Selon le *United States Mineral Yearbook* (Willet, 2011), la répartition entre le calcaire et la dolomite est de 97 % et de 3 %, respectivement, dans la catégorie « *sulfur oxide removal* » (enlèvement de l'oxyde de soufre) (DGC) et la catégorie « *other miscellaneous uses and specified uses not listed* » (autres utilisations diverses et usages particuliers ne figurant pas dans la liste). Selon les données canadiennes⁶, seul le calcaire est utilisé pour les procédés de DGC dans les centrales canadiennes alimentées au charbon. Si on se penche sur d'autres pays, la British Geological Survey (2006) affirme que la demande de dolomite provient principalement de la fabrication de matériaux réfractaires et aussi de son utilisation comme flux en sidérurgie. La British Geological Survey fait également observer que les autres marchés de la dolomite sont la fabrication de verre et les utilisations agricoles; aucun des deux n'est inclus dans la sous-catégorie canadienne Autres utilisations chimiques. De plus, tel qu'il est indiqué dans d'autres documents de référence, la dolomite est généralement moins appropriée que le calcaire pour la plupart des applica-

6 Cook, Steve. Communication personnelle (courriel de Steve Cook à Maryam Edalatmanesh, DGES, daté du 18 novembre 2013).

Tableau 4–3 Répartition de la consommation de calcaire à haute teneur en calcium et de dolomite dans le secteur canadien de la sidérurgie

Année	Calcaire total (kt)	À haute teneur en calcium (kt)	Dolomite (kt)
1990	656	459	197
1991	491	344	147
1992	562	393	169
1993	198	139	59
1994	190	133	57
1995	307	215	92
1996	297	208	89
1997	332	232	100
1998	392	274	118
1999	392	274	118
2000	680	476	204
2001	477	334	143
2002	258	181	77
2003	282	197	85
2004	209	146	63
2005	216	151	65
2006	200	140	60
2007	99	69	30
2008	318	223	95
2009	260	182	78
2010	313	219	94
2011	501	350	150
2012	458	320	137

tions industrielles, et la majeure partie de la dolomite extraite est simplement broyée et tamisée afin d'être utilisée comme agrégat dans le béton ou l'asphalte (Bliss *et al.*, 2008). Par conséquent, la sous-catégorie Autres utilisations chimiques dans ce RIN est présumée comme étant émettrice à 100 % et composée à 100 % de calcaire. Le Tableau 4–3 montre la répartition de la consommation de calcaire à haute teneur en calcium et de dolomite dans le secteur de la sidérurgie (le principal utilisateur de dolomite).

On a obtenu les estimations des émissions provinciales en répartissant les émissions à l'échelle nationale en fonction de la somme des valeurs de produit brut provinciales pour les principaux secteurs dans lesquels le calcaire et la dolomite étaient utilisés (pâtes et papiers, sidérurgie, métaux non ferreux, production de verre et produits chimiques).

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

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de l'utilisation de calcaire et de dolomite. On y a tenu

compte des incertitudes associées à l'utilisation de données par type d'utilisation et aux coefficients d'émission. L'incertitude associée à la catégorie dans son ensemble pour la série chronologique s'établissait entre ± 11 % et ± 34 %, et on a déterminé que les données sur l'utilisation de calcaire et de dolomite dans le secteur des produits chimiques et comme flux dans les hauts fourneaux avaient principalement contribué à l'incertitude.

Les mêmes coefficients d'émission ont été employés pour l'ensemble de la série chronologique. Les sources des données sur les activités sont décrites à la section 4.4.2.

4.4.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

Cette catégorie clé du secteur des procédés industriels a fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (annexe 6). Les contrôles effectués sont conformes aux Procédures de CQ pour inventaire général de niveau 1 qui figurent dans les recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Aucune anomalie n'a été constatée.

4.4.5. Recalculs par catégorie

La mise à jour des données d'activité pour 2011 a entraîné le recalcul des émissions de cette année.

4.4.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie.

4.5. Production et utilisation de carbonate de sodium (catégorie 2.A.4 du CUPR)

4.5.1. Description de la catégorie de source

Le carbonate de sodium (Na_2CO_3) est une poudre alcaline granuleuse blanche utilisée comme matière première dans un grand nombre d'industries, notamment dans la fabrication du verre, la production de produits chimiques, la fabrication de savons et de détergents, les pâtes et papiers, la désulfuration des gaz de combustion et le traitement des eaux usées (AMEC, 2006). D'après l'information sur le carbonate de sodium par secteur figurant dans une récente étude préparée pour Environnement Canada (AMEC, 2006) et dans la publication de Statistique Canada intitulée *Industries des produits minéraux non métalliques* (n° 44-250), il semble que le carbonate de sodium soit surtout employé au Canada dans l'industrie de fabrication des produits en verre. Du

CO₂ est rejeté lorsque le carbonate de sodium se décompose à température élevée dans un four à verre.

Du CO₂ est également rejeté durant le procédé de Solvay dans lequel du carbonate de sodium est produit. Toutefois, étant donné qu'il s'agit d'un élément nécessaire à l'étape de la carbonatation du procédé de production, il est généralement récupéré et recyclé pour être utilisé.

4.5.2. Questions de méthodologie

D'après le bilan massique du carbone, l'utilisation d'une mole de carbonate de sodium émet une mole de CO₂. Le coefficient d'émission (CE) correspondant à la masse de CO₂ émis est estimé d'après la stoechiométrie du procédé chimique comme suit :

Équation 4-2 :

$$CE = \frac{1000g/kg \times (44,01g \text{ CO}_2/mol)}{105,99g \text{ Na}_2\text{CO}_3/mol} = 415g \text{ CO}_2/kg \text{ Na}_2\text{CO}_3$$

Pour calculer les émissions nationales de CO₂, on a appliqué le coefficient d'émission de 415 g de CO₂/kg aux données nationales sur la consommation de carbonate de sodium, en présumant que le carbonate de sodium utilisé au Canada était entièrement pur. Les quantités de carbonate de sodium utilisées ont été estimées selon les données sur les importations et les exportations. Le Canada a cessé sa production de carbonate de sodium en 2001. Avant 2002, on a présumé que la production correspondait à la capacité de l'unique usine de production de carbonate de sodium au Canada. Les données sur les importations et les exportations ont été obtenues des Global Trade Information Services (GTIS, 1995-2006, 2007-2009) et de la Base de données sur le commerce international canadien de marchandises de Statistique Canada (Statistique Canada, 2010-2012). Cependant, cet organisme n'a commencé à publier des données sur le commerce qu'en 1995; on a donc présumé que les données pour les années 1990 à 1994 étaient une moyenne de celles de 1995 à 2000. Les quantités totales de carbonate de sodium utilisé ont été réparties par type d'application, d'après la consommation de carbonate de sodium des États-Unis. Selon l'United States Geological Survey, le carbonate de sodium peut être utilisé dans les secteurs suivants : verre, produits chimiques, savons et détergents, pâtes et papiers, désulfuration des gaz de combustion et autres.

Cette méthode est considérée comme une méthode de niveau 1, car elle repose sur l'utilisation des données nationales sur la consommation et sur un coefficient d'émission tiré de la stoechiométrie du procédé. Les questions de méthodologie relatives au calcul des émissions de CO₂ résultant de l'utilisation de carbonate de sodium ne sont pas expressément abordées dans le guide des bonnes pratiques du GIEC (GIEC, 2000).

On a obtenu les estimations des émissions provinciales en répartissant les émissions à l'échelle nationale en fonction des valeurs du produit brut provinciales pour les principaux secteurs dans lesquels le carbonate de sodium était utilisé (verre, pâtes et papiers et produits chimiques inorganiques).

Le Canada ne produit pas, en ce moment, de carbonate de sodium. La seule usine qui en produisait à l'aide du procédé Solvay en 1996 a fermé ses portes en 2001. La majeure partie des émissions de CO₂ provenant de cette installation était récupérée en vue d'une réutilisation (tel que mentionné à la section 4.5.1), mais une partie du CO₂ a quand même pu être rejetée par les systèmes de purge des absorbeurs, des épurateurs et des appareils de distillation. Toutefois, le volume des émissions nettes attribuable à la production de carbonate de sodium serait négligeable au Canada (AMEC, 2006).

4.5.3. Uncertainties and Time-Series Consistency

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de l'utilisation de carbonate de sodium. On y a tenu compte des incertitudes associées aux données sur la production (pour les années précédant 2001), l'importation et l'exportation. L'incertitude associée à la catégorie dans son ensemble pour la série chronologique s'établissait entre ±10,2 % et ±13,8 %.

Les mêmes coefficients d'émission ont été employés pour l'ensemble de la série chronologique. Les sources des données sur les activités sont décrites à la section 4.5.2.

4.5.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

La liste de vérification de CQ de niveau 1 n'a pas été réalisée pour la catégorie de l'utilisation de carbonate de sodium, car il ne s'agit pas d'une catégorie clé. Cependant, plusieurs contrôles conformes aux procédures de CQ générales de niveau 1 pour les inventaires des recommandations du GIEC (GIEC, 2000) ont été effectués. Aucune anomalie n'a été constatée.

4.5.5. Recalculs par catégorie

La mise à jour des importations et des exportations canadiennes de carbonate de sodium pour 2008 2011 a entraîné le recalcul des émissions de ces années.

4.5.6. Améliorations prévues par catégorie

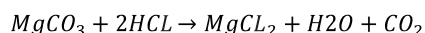
Aucune amélioration des estimations des émissions de CO₂ résultant spécifiquement de la production et de l'utilisation de carbonate de sodium n'est prévue.

4.6. Utilisation de magnésite (catégorie 2.A.7.2 du CUPR)

4.6.1. Description de la catégorie de source

La magnésite, ou carbonate de magnésium ($MgCO_3$), est un solide blanc argenté utilisé comme matière première dans la fabrication de divers produits, comme le métal magnésium (Mg) et la magnésie (MgO).

Du CO_2 est rejeté lorsque la magnésite est utilisée à l'étape du lessivage du procédé de production de magnésium, comme l'illustre l'équation suivante :



La magnésite peut également être transformée en hydroxyde de magnésium et en magnésie fripée qui sont utilisés dans la fabrication de métaux réfractaires (AMEC, 2006). Du CO_2 se dégage avec la magnésie lorsque le carbonate de magnésium se décompose à haute température :



Trois installations canadiennes ont déclaré avoir utilisé de la magnésite dans leurs procédés à différentes occasions au cours de la période de 1990 à 2008. Une d'entre elles a été fermée en 1991, et une autre, en 2007.

4.6.2. Questions de méthodologie

Dans le 5^e *Bulletin de diversification stratégique* (SIDEX, 2004), l'une d'entre elles (installations utilisant de la magnésite) a déclaré une pureté fractionnelle de 97 % de la magnésite qu'elle utilisait, qui était extraite par la société mère. On a donc présumé que toutes les usines utilisaient de la magnésite ayant le même degré de pureté. Compte tenu de la pureté de cette magnésite, un coefficient d'émission global de 506 g de CO_2 /kg a été obtenu et utilisé pour en estimer les émissions de CO_2 /kg.

En ce qui concerne l'installation exploitée en 1990 et en 1991, comme on ne disposait d'aucune donnée sur l'utilisation de magnésite, on a extrapolé la quantité utilisée à partir de la quantité de magnésium produit. On a présumé que la quantité produite correspondait à la moitié de la capacité de 1990 mentionnée dans le Document de base sur les minéraux et les métaux, 1999 (AMEC, 2006).

Quant aux deux autres installations, les données de 1990 à 2005 propres à chaque usine sur l'utilisation de magnésite ont été fournies par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières de la Colombie-Britannique (2006) et par Environnement Canada (Région du Québec, Direction de la

protection de l'environnement)⁷. Comme aucune donnée d'activités n'était disponible pour 2006 et 2007, l'estimation de leur consommation de magnésite repose sur des hypothèses.

Pour ce qui est de l'installation qui a fermé ses portes en 2007, le rapport entre l'utilisation de magnésite et la production de magnésium a d'abord été calculé pour chaque année de la période allant de 1990 à 2005⁸. On a ensuite calculé la moyenne des ratios (Utilisation de magnésite/Production de magnésium), puis multiplié cette moyenne par la production de magnésium de l'installation pour 2006 et 2007 afin d'obtenir la quantité de magnésite utilisée durant ces années.

Dans le cas de l'autre installation (la seule qui était toujours exploitée en 2012), les données sur l'utilisation de 2006 à 2012 ont été fournies par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières de la Colombie Britannique^{9,10}.

Enfin, pour obtenir des estimations des émissions nationales et provinciales de ce sous-secteur, on multiplie les données de consommation (les données actuelles ou les estimations, selon l'année) par le coefficient d'émission mentionné plus haut.

Cette méthode est considérée comme une méthode de niveau 1, car elle repose sur l'utilisation des données nationales sur la consommation et sur un coefficient d'émission tiré de la stœchiométrie du procédé.

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

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de l'utilisation de magnésite. On y a tenu compte des incertitudes associées aux données sur les activités (pour les années précédant 2001) et aux coefficients d'émission. L'incertitude associée à la catégorie dans son ensemble pour la série chronologique s'établissait entre ± 4 % et ± 8 %, et on a déterminé que les données sur l'utilisation de magnésite contribuaient principalement à l'incertitude.

Les mêmes coefficients d'émission ont été employés pour l'ensemble de la série chronologique. Les sources des données sur les activités sont décrites à la section 4.6.2.

7 Banville J. 2006. Communication personnelle (courriel de J. Banville à Renata Zaremba, DGES, daté du 3 mars 2006). Environnement Canada, Direction de la protection de l'environnement, Région du Québec.

8 Banville J. 2007. Communication personnelle (courriel de J. Banville à Maryse Pagé, DGES, daté du 4 octobre 2007). Environnement Canada, Direction de la protection de l'environnement, Région du Québec.

9 Meredith Jones S. 2012. Communication personnelle (courriel de Meredith Jones S. à Maryam Edalatmanesh, DGES, daté du 30 octobre 2013).

10 Ministère de l'Énergie, des Mines et des Richesses pétrolières de la Colombie Britannique. (Voir aussi le document à l'adresse : <http://www.empr.gov.bc.ca/mwgi-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=gOiReM321H>).

4.6.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

La liste de vérification de CQ de niveau 1 n'a pas été réalisée pour la catégorie de l'utilisation de magnésite, car il ne s'agit pas d'une catégorie clé. Cependant, plusieurs contrôles conformes aux procédures de CQ générales de niveau 1 pour les inventaires des recommandations du GIEC (GIEC, 2000) ont été effectués.

4.6.5. Recalculs par catégorie

La mise à jour des données d'activité pour 2011 a entraîné le recalcul des émissions de cette année.

4.6.6. Améliorations prévues par catégorie

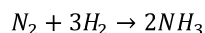
Aucune amélioration des émissions estimatives de CO₂ résultant spécifiquement de l'utilisation de magnésite n'est prévue.

4.7. Production d'ammoniac (catégorie 2.B.1 du CUPR)

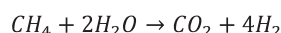
4.7.1. Description de la catégorie de source

À la température et à la pression standard, l'ammoniac (NH₃) se trouve à l'état gazeux. Il est toxique et corrosif, et son odeur est piquante. L'ammoniac utilisé dans le commerce est appelé « ammoniac anhydre » et doit être stocké sous pression ou à basse température pour demeurer liquide. On s'en sert principalement dans la fabrication d'engrais, d'explosifs et de polymères.

Pour produire de l'ammoniac anhydre, on a recours au procédé Haber Bosch, dans lequel l'azote réagit au contact de l'hydrogène. La réaction (décrite ci dessous) a lieu à haute température, en présence d'un catalyseur :



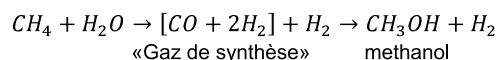
L'azote nécessaire est extrait de l'air; l'hydrogène est généralement obtenu par reformage catalytique du méthane à la vapeur présent dans le gaz naturel et de faibles quantités d'autres hydrocarbures. Ce procédé produit aussi du dioxyde de carbone comme sous produit gazeux :



On extrait ensuite le CO₂ du gaz de procédé par absorption, habituellement à l'aide d'une solution de monoéthanolamine (MEA) ou de carbonate de potassium (K₂CO₃). Le principal rejet de CO₂ a lieu durant la régénération, en vue de la réutilisation, de la solution d'absorption riche en CO₂ par distillation à la vapeur ou ébullition. Le gaz de distillation, qui contient du CO₂ et d'autres

impuretés, est ensuite rejeté dans l'atmosphère. Il peut aussi être transféré dans une usine d'urée située à proximité, où le CO₂ est récupéré et utilisé comme gaz d'alimentation. Comme le carbone ne sera stocké que pour une brève période, il n'y a pas lieu de tenir compte de la fixation intermédiaire du CO₂ dans les produits et procédés de fabrication en aval (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

Dans la plupart des usines canadiennes de production d'ammoniac, les installations de reformage du méthane à la vapeur sont les éléments essentiels des opérations parce qu'elles peuvent fournir de l'hydrogène en quantités suffisantes pour soutenir une production d'ammoniac à grande échelle. Toutefois, certaines usines utilisent parfois de l'hydrogène généré comme sous produit pour alimenter le procédé Haber Bosch, ce qui élimine les rejets de CO₂ du procédé de production d'ammoniac. En d'autres termes, l'hydrogène nécessaire pour produire de l'ammoniac peut également être obtenu par d'autres moyens ne faisant pas appel au reformage du méthane à la vapeur sur place. Par exemple, dans les usines de méthanol, on prépare un gaz de synthèse, composé d'une partie de monoxyde de carbone et de deux parties d'hydrogène (CO + 2H₂), au moyen d'une variante du reformage du méthane à la vapeur. La réaction (décrite ci-dessous) produit un surplus d'hydrogène plus que suffisant pour produire du méthanol :



Ce surplus d'hydrogène est souvent purgé des usines de méthanol et utilisé dans des usines d'ammoniac situées à proximité. Les usines d'éthylène produisent également de l'hydrogène comme coproduit des fours de craquage dans la fabrication de l'éthylène et d'autres substances chimiques (p. ex. du propylène, du butadiène, etc.); cet hydrogène peut aussi être utilisé dans des usines d'ammoniac situées à proximité (Cheminfo Services, 2006).

4.7.2. Questions de méthodologie

Dans la catégorie de source de la production d'ammoniac, on n'estime que les émissions de CO₂ découlant de l'utilisation de gaz naturel comme charge d'alimentation dans les installations utilisant le procédé de reformage du méthane à la vapeur. Les émissions dues à l'utilisation de gaz naturel à des fins énergétiques sont incluses dans le secteur Énergie. L'utilisation du gaz naturel comme charge a été déterminée en multipliant la production d'ammoniac par un facteur de conversion ammoniac/charge. Les données de production annuelle d'ammoniac par installation ont été réunies dans une étude menée par Cheminfo Services (2006); les données des années 2005 à 2009 sont celles qui ont été déclarées à la Division des GES d'Environnement Canada sur une base volontaire par l'industrie des engrais, et celles de 2008 à 2012 ont été tirées des données de l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels

et résines synthétiques (Statistique Canada, 2008-2012). Les facteurs de conversion ammoniac/charge ont été élaborés à partir des données recueillies entre 2005 et 2009 dans le cadre de déclarations volontaires de données à la division des GES d'Environnement Canada. La quantité de gaz naturel utilisé (comme charge) ainsi déterminée est ensuite multipliée par la teneur en carbone du gaz naturel particulière à la province et par le rapport carbone/CO₂ pour déterminer les émissions de CO₂ résultantes. Les équations suivantes permettent d'estimer les émissions de CO₂ pour chaque installation à l'aide des statistiques sur la production d'ammoniac, puis à l'échelle nationale en faisant la somme des estimations établies pour toutes les usines.

$$\text{CO}_2 \text{ de l'usine} = \text{prod. annuelle d'ammoniac} \times \text{facteur de conv. ammoniac/charge} \times \text{teneur en carbone du gaz naturel} \times 44/12$$

$$\text{Émissions de CO}_2 \text{ des procédés} = \sum_{i=1}^n \text{CO}_2 \text{ de l'usine}_i$$

La technique d'estimation utilisée est semblable à la méthodologie de niveau 1 des lignes directrices du GIEC (2006), à la différence qu'on a pu utiliser des valeurs de production d'ammoniac propres aux usines (au lieu de valeurs à l'échelle nationale), ce qui constitue une amélioration.

Enfin, il faut signaler que la quantité de gaz naturel qui sert à produire de l'hydrogène dans la production d'ammoniac est consignée par Statistique Canada avec toutes les autres utilisations du gaz naturel à des fins non énergétiques. Par conséquent, pour éviter une double comptabilisation, on a systématiquement soustrait les quantités de gaz naturel attribuées par Statistique Canada à la production d'hydrogène de l'utilisation non énergétique de gaz naturel déclarée pour le sous secteur Autres procédés et procédés indifférenciés. Pour protéger la confidentialité des données propres à chaque installation, seules les émissions nationales de CO₂ découlant de la production d'ammoniac sont déclarées.

On trouvera à l'annexe 3 d'autres précisions sur la méthode de calcul utilisée.

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

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de la production d'ammoniac. On y a tenu compte des incertitudes associées aux données sur la production d'ammoniac nationale et propre aux usines, au facteur de conversion ammoniac/charge et à la teneur en carbone du gaz naturel. L'incertitude associée à la catégorie dans son ensemble a été évaluée à $\pm 4\%$ et s'applique à toutes les années de la série chronologique.

4.7.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

La production d'ammoniac était une catégorie principale qui a fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (annexe 6). Les contrôles étaient conformes aux procédures de CQ générales de niveau 1 pour les inventaires mentionnées dans les recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Aucun problème d'importance n'a été décelé lors des contrôles de qualité de niveau 1.

4.7.5. Recalculs par catégorie

Updates to activity data for 2009 and 2010 resulted in the recalculation of emissions for these years.

4.7.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour l'estimation des émissions de CO₂ de la production d'ammoniac.

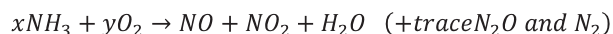
4.8. Production d'acide nitrique (catégorie 2.B.2 du CUPR)

4.8.1. Description de la catégorie de source

L'acide nitrique (HNO₃) est un composé inorganique hautement corrosif et toxique utilisé principalement dans la fabrication des engrais commerciaux synthétiques. On l'utilise également pour produire de l'acide adipique et des explosifs, ainsi que pour la gravure sur métaux et le traitement des métaux ferreux (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

La production d'acide nitrique se fait en deux étapes : oxydation catalytique de l'ammoniac (NH₃) en dioxyde d'azote (NO₂), et formation d'acide nitrique par ajout d'eau au NO₂. Comme on le voit ci dessous, la première étape est la réaction de l'ammoniac gazeux avec l'oxygène (de l'air) à haute température :

Étape 1 (réaction) :

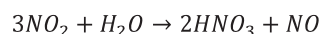
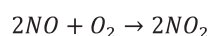


Les gaz chauds passent à travers un catalyseur fait de nombreuses couches de treillis métallique habituellement constitué de fils d'alliage (platine, palladium, or ou rhodium), et forment une surface à maillage fin. La réaction donne un mélange de monoxyde d'azote (NO), de dioxyde d'azote (NO₂) et de vapeur d'eau avec quelques traces d'oxyde de diazote (N₂O) et d'azote (N₂) (Cheminfo Services, 2006). Un excès d'oxygène convertit par-

fois le NO en NO₂. Les diverses étapes d'oxydation de l'azote en condition de réduction produisent du N₂O. Plus précisément, le NO, un intermédiaire dans la production de l'acide nitrique, peut facilement se décomposer en N₂O et en NO₂, sous haute pression, à une température variant de 30 à 50°C (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

Lors de la deuxième étape du procédé de fabrication, on ajoute de l'eau au sommet d'une tour d'absorption pour hydrater le NO₂ et épurer les gaz. Comme on le voit ci dessous, l'hydratation du dioxyde NO₂ refroidi donne une solution à 6065 % d'acide nitrique, qui est soutiré à la base de la tour. Pour compléter la conversion du monoxyde d'azote (NO) en dioxyde d'azote (NO₂), on introduit un surplus d'air (oxygène) dans le plateau du bas de la tour d'absorption. Le NO₂ qui se forme est également absorbé.

Étape 2 (absorption) :



Comme la réaction d'hydratation est exothermique, les tours d'absorption doivent être refroidies; certaines d'entre elles sont équipées d'un circuit de refroidissement sur chaque plateau. Le rendement de conversion typique en monoxyde d'azote est de 93 % lorsqu'on utilise un catalyseur frais pour la réaction. À mesure que le catalyseur vieillit et se dégrade, la conversion peut baisser autour de 90 %. Les gaz résiduels qui sortent de la tour d'absorption sont surtout de l'azote, une faible concentration d'oxygène et des traces d'oxyde de diazote (N₂O), de monoxyde d'azote (NO), de dioxyde d'azote (NO₂) et d'autres oxydes d'azote (NO_x). La concentration de N₂O dans les gaz d'échappement dépend du type d'usine et de ses dispositifs antipollution (Cheminfo Services, 2006).

Il y a deux grands types de méthodes pour produire de l'acide nitrique : la méthode à haute pression et la méthode à double pression. Les deux technologies sont utilisées dans les usines de production d'acide nitrique au Canada. La méthode à haute pression, couramment utilisée en Amérique du Nord, applique une pression unique pendant toute la durée de la réaction et les étapes d'absorption. Les installations qui utilisent ce procédé peuvent fonctionner avec un système de réduction catalytique non sélectif (RCNS) ou un système de réduction catalytique (SRC).

Les systèmes antipollution sont dits « non sélectifs » quand du gaz naturel est utilisé comme agent réducteur de tous les NO_x. En revanche, un système de réduction catalytique « sélectif » (SRC) utilise de l'ammoniac, qui réagit sélectivement avec le NO et le NO₂, mais pas avec le N₂O (d'où un coefficient d'émission plus élevé pour le N₂O). La plupart des usines canadiennes ont recours au procédé à haute pression et disposent d'une technologie RCNS (Cheminfo Services, 2006).

Le deuxième type de technologie de production d'acide nitrique, la méthode à double pression, a été mis au point en Europe. Il s'agit d'une technologie plus ancienne qui utilise une faible pression pour l'étape de réaction et une pression plus élevée à l'étape d'absorption. Pour obtenir une meilleure efficacité à l'étape de l'absorption, les installations à double pression peuvent « accroître la hauteur » de la tour en ajoutant des plateaux. C'est ce qu'on appelle « absorption de type 1 » dans le Tableau 4-4. Autrement, les installations peuvent aménager une deuxième tour afin de permettre une « double absorption ». C'est ce qu'on appelle « absorption de type 2 » dans le Tableau 4-4 (Cheminfo Services, 2006).

4.8.2. Questions de méthodologie

Les données à l'appui de l'estimation des émissions de N₂O dues à la production d'acide nitrique de 1990 à 2004 ont été réunies dans le cadre d'une étude menée pour le compte d'Environnement Canada (Cheminfo Services, 2008); les données de 2005-2009 sont celles qui ont été déclarées à la Division des GES d'Environnement Canada sur une base volontaire, et celles de 2008-2012 ont été tirées des micro données de l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels et résines synthétiques. Les données recueillies ont été utilisées dans la méthode hybride d'estimation des émissions propre au pays, qui peut être divisée en trois catégories :

1. Les données et les coefficients d'émission de production propres à l'usine (c.-à-d. la méthode de niveau 3), lorsqu'ils sont disponibles auprès des compagnies (les estimations établies pour 2008 et les années suivantes, pour quelques uns des producteurs de HNO₃ les plus importants, se classent dans cette catégorie).
2. Des données de production propres à l'usine et des coefficients d'émission spécifiques à la technologie de produc-

Tableau 4-4 Coefficients d'émission typiques de l'industrie de l'acide nitrique

Type de procédé de production	Type de dispositif antipollution	Coefficient d'émission (kg N ₂ O/t HNO ₃)	Source des données
Double pression	Absorption renforcée de « type 1 »	9,4	Lettre de G. Collis, 1992 ¹
Double pression	Absorption renforcée de « type 2 »	12	Lettre de G. Collis, 1992
Haute pression	RCNS	0,66	Lettre de G. Collis, 1992
Haute pression	RCS	8,5	GIEC (2000)

1. Collis G. 1992. Communication personnelle (lettre de Collis G. au directeur to Director, DGES, datée du 23 mars 1992). Institut canadien des engrais.

tion qui correspondent à des moyennes nationales (c.-à-d. la méthode de niveau 2), lorsque les coefficients d'émission propres à l'usine ne sont pas disponibles.

- Des données estimatives sur la production et des coefficients d'émission nationaux moyens propres à la technologie (c.-à-d. la méthode de niveau 1), lorsqu'on ne possède que peu ou pas de données propres à l'usine (seulement une usine).

Dans ces trois scénarios, l'équation appliquée était la suivante :

Équation 4-3 :

$$\begin{aligned} \text{Émission de } N_2O \text{ (t)} \\ &= \text{Coefficient d'émission basé sur la production (kg } N_2O/t \text{ HNO}_3\text{)} \\ &\times \text{Production (kt HNO}_3\text{)} \end{aligned}$$

Pour estimer les émissions selon les scénarios 2 et 3, on a d'abord déterminé les types de procédés de production et la technique antipollution utilisés dans l'usine. La production déclarée ou estimée a ensuite été multipliée par le coefficient d'émission correspondant. Les coefficients d'émission typiques de l'industrie ont été obtenus de l'Institut canadien des engrais au début des années 1990. Ils ont été confirmés de nouveau, selon le cas, par des représentants de l'industrie au cours de l'étude réalisée dernièrement. Les recommandations du GIEC (GIEC, 2000) donnent aussi un autre coefficient d'émission typique de l'industrie, qui a été confirmé lors de la même étude (Cheminfo Services, 2006). Le Tableau 4-4 présente sommairement les coefficients d'émission typiques de l'industrie par type de procédé et de dispositif antipollution.

Lorsque les données de production de certaines usines n'étaient pas disponibles, on a estimé la production en se basant sur la capacité d'utilisation de toutes les autres installations connues. La production estimée a été multipliée par ce qu'on croyait être le meilleur coefficient d'émission typique de l'industrie pour obtenir une estimation des émissions provenant des usines pour lesquelles on ne possédait que peu de données, sinon aucune. Pour la période 1990-2004, les données brutes sur les activités et les coefficients d'émission propres aux usines (le cas échéant) utilisés pour estimer les émissions ont été recueillis lors de l'étude Cheminfo (2006). Pour 2005-2011, les données utilisées sont celles qui ont été déclarées à la Division des GES sur une base volontaire par les compagnies en conjonction avec les micro données de l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels et résines synthétiques.

Enfin, les estimations des émissions de N_2O (par usine) ont été additionnées soit toutes ensemble pour donner une estimation nationale des émissions, soit par province pour donner une estimation provinciale des émissions.

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

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de la production d'acide nitrique. On y a tenu compte des incertitudes associées aux données sur la production d'acide nitrique nationales et propres aux usines et aux coefficients d'émission. L'incertitude associée à la catégorie dans son ensemble a été évaluée à $\pm 10\%$, et on a déterminé que les coefficients d'émission contribuaient principalement à l'incertitude. La valeur d'incertitude s'applique toutes les années de la série chronologique.

Les mêmes coefficients d'émission ont été employés pour l'ensemble de la série chronologique. Les sources des données sur les activités sont décrites à la section 4.8.2.

4.8.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

La production d'acide nitrique est une catégorie qui a fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (annexe 6). Les contrôles étaient conformes aux procédures de CQ générales de niveau 1 pour les inventaires qui figurent dans les recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Aucun problème d'importance n'a été décelé lors de ces contrôles.

4.8.5. Recalculs par catégorie

Aucun recalcul n'a été effectué pour la catégorie de source Production d'acide nitrique.

4.8.6. Améliorations prévues par catégorie

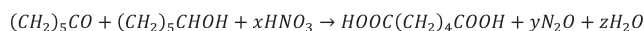
Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie.

4.9. Production d'acide adipique (catégorie 2.B.3 du CUPR)

4.9.1. Description de la catégorie de source

L'acide adipique ($HOOC(CH_2)_4COOH$) est un acide dicarboxylique utilisé principalement dans la fabrication de nylon 66, de résines et de plastifiants. On le fabrique au moyen d'un procédé d'oxydation en deux étapes. La première consiste à oxyder du cyclohexane ou du cyclohexanone pour former un mélange de cyclohexanone ($(CH_2)_5CO$) et de cyclohexanol ($(CH_2)_5CHOH$). Ce

mélange est ensuite oxydé à l'aide d'une solution d'acide nitrique à 50-60 % en présence d'un catalyseur (p. ex. du vanadium ou du cuivre) pour former de l'acide adipique. Ce procédé donne du N₂O comme sous produit au cours de la seconde réaction d'oxydation, comme on le voit ci-dessous :



Les émissions de N₂O de ce procédé de fabrication dépendent à la fois des quantités produites et de la quantité qui peut être détruite par les dispositifs antipollution. Lorsque ces dispositifs ne sont pas installés dans l'usine, le N₂O produit est généralement rejeté dans l'atmosphère dans le flux de gaz résiduels. La production d'acide adipique donne aussi lieu à des émissions de COVNM, de CO et de NO_x (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Ces émissions de GES indirects ne sont pas couvertes dans la présente section, mais plus en détail à l'annexe 10.

La société Invista Canada, autrefois Dupont Canada, située à Maitland, en Ontario, exploitait la seule usine de production d'acide adipique au Canada. Cette entreprise avait considérablement réduit ses émissions de N₂O depuis 1997, année où elle a mis en place un système catalytique antipollution de limitation des émissions de N₂O avec un système de surveillance des émissions. L'usine a cependant été fermée pour une durée indéterminée au printemps 2009, et, par conséquent, les émissions de N₂O et de CO₂ sont déclarées comme inexistantes dans le CUPR.

4.9.2. Questions de méthodologie

Les estimations des émissions attribuables à la production d'acide adipique ont toujours été fournies par Invista. Pour la période 1990-1996, avant que le dispositif antipollution soit installé, on a estimé les émissions en multipliant la production d'acide adipique par un coefficient d'émission de 0,3 kg de N₂O/kg d'acide adipique.

Tel que mentionné plus haut, Invista a installé en 1997, pour limiter ces émissions de N₂O, un dispositif antipollution (DAP) équipé d'un système de surveillance des émissions en continu à la sortie du dispositif. Depuis, la méthode d'estimation des émissions qu'utilise la société est la suivante :

Équation 4-4 :

$$\begin{aligned} \text{Émissions totales (t)} \\ = \text{Émissions de N}_2\text{O DAP (t)} + \text{Émissions de N}_2\text{O non DAP (t)} \end{aligned}$$

Le premier terme représente les émissions produites lorsque le dispositif antipollution fonctionne et le second, les émissions produites lorsqu'il ne fonctionne pas.

Émissions de N₂O DAP :

Équation 4-5 :

$$\begin{aligned} \text{Émissions de N}_2\text{O DAP (t)} \\ = (\text{Production(t)}) \times \left(\frac{0,3t \text{ N}_2\text{O}}{t \text{ d'acide adipique}} \right) \\ \times (1 - \text{Efficacité de la destruction}) \\ \times (\text{Ratio d'utilisation du DAP}) \end{aligned}$$

où :

L'efficacité de la destruction est déterminée en fonction de la différence entre la quantité de N₂O qui entre dans le dispositif antipollution et celle qui en sort. Il s'agit d'une moyenne mensuelle calculée au moyen de valeurs enregistrées par des analyseurs situés à l'entrée et à la sortie du dispositif. Le taux cible d'efficacité de la destruction instantanée est de 97 %.

Le ratio d'utilisation du dispositif antipollution = le nombre d'heures durant lequel le N₂O passe par le dispositif divisé par la durée totale d'exploitation.

Émissions de N₂O non DAP :

Équation 4-6 :

$$\begin{aligned} \text{Émissions de N}_2\text{O non - DAP (t)} \\ = (\text{Production(t)}) \times \left(\frac{0,3t \text{ N}_2\text{O}}{t \text{ d'acide adipique}} \right) \\ \times (1 - \text{Ratio d'utilisation du DAP}) \end{aligned}$$

Il importe de souligner que l'appareil de surveillance en continu et en direct des émissions n'a jamais été utilisé pour surveiller directement les émissions nettes de N₂O car l'analyseur ne peut mesurer avec exactitude que des concentrations relativement faibles de N₂O et uniquement lorsque le réacteur fonctionne et élimine le N₂O. L'analyseur est incapable de mesurer toute la gamme de concentrations de N₂O qu'on peut trouver dans une cheminée. La concentration de N₂O peut varier d'un seuil nominal de 0,3 %, lorsque le flux sort du dispositif antipollution, à un plafond nominal de 3539 % de N₂O, lorsque le flux ne passe pas par le dispositif. Lorsque le dispositif est contourné, aucun N₂O n'est éliminé et l'analyseur n'enregistre pas les émissions de N₂O dans la cheminée (Cheminfo Services, 2006).

Les méthodes de calcul utilisées pour estimer les émissions pour les périodes 1990-1997 et 1998-2009 sont, en gros, identiques aux méthodes par défaut présentées dans les recommandations du GIEC (GIEC, 2000) et dans la version révisée des lignes directrices du GIEC de 1996 (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

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

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de la production d'acide adipique. On y a tenu compte

des incertitudes associées aux données sur la production d'acide adipique, au coefficient d'émission, à l'efficacité de la destruction et au facteur d'utilisation du dispositif antipollution. L'incertitude associée à la catégorie dans son ensemble a été évaluée à ± 11 %, et on a déterminé que le coefficient d'émission contribuait principalement à l'incertitude. La valeur d'incertitude s'applique toutes les années de la série chronologique.

Comme on l'explique dans la section 4.9.2, deux méthodes ont été employées pour la série chronologique : une pour la période durant laquelle l'usine a fonctionné avec le système de réduction des émissions, et l'autre pour la période durant laquelle l'usine a fonctionné sans ce système.

4.9.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

La production d'acide adipique est une catégorie clé qui a fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (annexe 6). Les contrôles étaient conformes aux Procédures de CQ pour inventaire général de niveau 1 des recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Aucun problème d'importance n'a été décelé lors de ces contrôles.

4.9.5. Recalculs par catégorie

Les estimations de 2010 et 2011 sont mises à zéro, tel qu'il a été confirmé avec Invista.

4.9.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration spécifique à cette catégorie n'est actuellement prévue.

4.10. Production pétrochimique – Production de carbure (catégorie 2.B.4 du CUPR)

4.10.1. Description de la catégorie de source

La présente section porte sur deux types de carbure : le carbure de silicium (CSi) et le carbure de calcium (CaC_2). La production de CSi et de CaC_2 a cessé au Canada avec la fermeture des deux dernières installations de CSi en 2002; l'unique installation de CaC_2 a fermé ses portes en 1992. Le carbure de silicium est couramment utilisé comme abrasif et se trouve de plus en plus dans les produits électroniques. Il est produit par réduction du dioxyde de silicium (SiO_2) (ou quartz de silice) à l'aide du carbone qui agit comme agent réducteur. Le coke de pétrole est généralement

utilisé comme source de carbone à cause de sa teneur élevée en carbone.

Le carbure de calcium (CaC_2) est principalement produit pour servir de précurseur dans la production d'acétylène (C_2H_2). Il est obtenu par réduction de la chaux (CaO) avec du carbone qui agit comme agent réducteur. Le coke de pétrole est couramment utilisé comme source de carbone. Environ 67 % du carbone provenant du coke de pétrole utilisé est lié dans le produit.

L'utilisation de coke de pétrole comme agent réducteur pourrait entraîner le rejet d'une petite quantité de méthane (CH_4) par les fours de réduction à résistance électrique utilisés dans la production de carbure à des températures de fonctionnement élevées (1 600–2 500 °C). Des émissions de CH_4 peuvent être générées directement par la décomposition du coke (dont la structure contient encore des traces de méthane) ainsi que par la décomposition thermique (en présence d'hydrogène) de traces de composés volatils toujours présentes dans le coke. Il est probable que les émissions de CH_4 soient plus élevées aux étapes initiales de la réduction du carbure lorsque le coke est soumis à des températures élevées, en particulier les couches supérieures du coke directement exposées à l'air. Lorsque le coke est produit à partir de charbon dans des fours à coke, la majeure partie des matières volatiles du charbon sont rejetées sous forme de gaz bruts par les fours à coke et récupérées sous forme de liquides et de gaz combustibles. Une fois les gaz bruts des fours à coke débarrassés des goudrons, des huiles liquides et de l'ammoniac, les gaz restants des fours à coke contiennent généralement 60 % d'hydrogène et 25 % de méthane. Cela indique : i) que du CH_4 est présent dans les matières organiques volatiles contenues dans le charbon; ii) qu'une quantité significative d'hydrogène contribue à la formation de méthane lors de la décomposition thermique des composés volatils lourds. La cokéfaction élimine la grande majorité des matières volatiles du charbon, mais les grandes masses solides de coke contiennent encore des quantités traces de matières volatiles (Cheminfo Services, 2010).

4.10.2. Questions de méthodologie

On a utilisé une méthode de niveau 1 (en appliquant les coefficients d'émission par défaut de la méthode de niveau 1 du GIEC) pour estimer les émissions de CH_4 découlant de la production de carbure tant à l'échelle du pays qu'à celle des provinces et des territoires. Comme il était impossible de réaliser une enquête dans les installations en exploitation, la société Cheminfo Services a entrepris, à la demande de la Division des gaz à effet de serre, des recherches pour déterminer la capacité de production des trois installations de production de carbure. Une estimation des émissions de CH_4 issues de procédés a été établie pour deux installations de production de carbure de silicium de 1990 à 2001, et pour une installation de production de carbure de calcium de 1990 à 1991, en présumant l'utilisation de la capacité et en appliquant des coefficients d'émissions de CH_4 . L'étude n'a porté que

sur les données de la capacité de production (CSi et CaC₂) pour la série chronologique. L'équation suivante a servi à estimer les émissions totales de CH₄ découlant de la production de carbure :

Équation 4-7 :

Émissions totales de CH₄ (t) =

$$\sum_y [(capacité\ de\ production\ de\ CSi \times utilisation\ de\ la\ capacité \times coefficient\ d'émission\ pour\ la\ production\ de\ CSi) + (capacité\ de\ production\ de\ CaC_2 \times utilisation\ de\ la\ capacité \times coefficient\ d'émission\ pour\ la\ production\ de\ CaC_2)]$$

où :

y	=	représente les entreprises
capacité de production de CSi/CaC ₂	=	données recueillies auprès de l'industrie, en kt
utilisation de la capacité	=	d'après la connaissance de l'industrie de Cheminfo Services, en %
coefficient d'émission pour la production de CSi	=	11,6 kg de CH ₄ /t de CSi (GIEC, 2006)
coefficient d'émission pour la production de CaC ₂	=	4,8 kg de CH ₄ /t de CaC ₂ , dérivé du coefficient d'émission de CH ₄ établi pour le carbure de silicium et le rapport entre le coefficient par défaut du GIEC pour les émissions de CO ₂ issues de la production de carbure de calcium, et le coefficient par défaut du GIEC pour les émissions de CO ₂ issues de la production de carbure de silicium (11,6 (kg CH ₄ /t CSi) * (1,09 tCO ₂ /tCaC ₂ / 2,62 tCO ₂ /t CSi))

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

Une évaluation de niveau 1 du degré d'incertitude a été effectuée pour la catégorie Production de carbure (Cheminfo Services, 2010), conformément à la section « Propagation of error method for combining uncertainties » des lignes directrices du GIEC - version révisée de 1996, selon lesquelles cette méthode peut s'appliquer aux situations où les incertitudes qui entachent la variable contributive sont inférieures à ± 30 %.

La production de carbure ayant cessé au Canada, Cheminfo Services a utilisé un ensemble de degrés d'incertitude par défaut (d'après sa connaissance de l'industrie) dans son évaluation de niveau 1 de l'incertitude. Pour ce qui est de données sur la capacité de production de carbure, un degré d'incertitude de ±5 % a été appliqué lorsque les installations ne fournissaient aucun degré d'incertitude dans le cadre d'une enquête. La plage d'incertitude associée à cette catégorie dans l'ensemble pour la série chronologique variait de ± 0 % à ±27 % (Cheminfo Services, 2010).

4.10.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

La catégorie Production de carbure a fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (annexe 6). Ces contrôles étaient conformes aux Procédures de CQ pour inventaire général de niveau 1 qui figurent dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000). Aucun problème d'importance n'a été décelé lors des contrôles de qualité de niveau 1.

4.10.5. Recalculs par catégorie

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie de source.

4.10.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est prévue en particulier pour cette catégorie, puisque le Canada ne produit plus de carbure depuis 2002.

4.11. Production pétrochimique – Production de noir de carbone (catégorie 2.B.5.1 du CUPR)

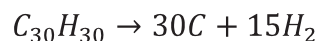
4.11.1. Description de la catégorie de source

Le noir de carbone est un produit solide composé de particules fines de carbone et d'une petite quantité d'impuretés inorganiques. On trouve du noir de carbone dans les mélanges de caoutchouc (p. ex. les pneus), les pigments, les encres d'imprimerie et de nombreux autres additifs. Depuis 1990, le Canada compte quatre installations de production de noir de carbone, dont trois sont toujours en exploitation.

Le noir de carbone est produit par pyrolyse ou par craquage thermique de diverses charges d'hydrocarbures. Dans le procédé de craquage, les réactions, qui entraînent une séparation de l'hydrogène et du carbone, surviennent à des températures se situant entre 1 200 °C et 1 600 °C. Au Canada, on utilise deux principaux procédés de noir de carbone : 1) la pyrolyse de charges d'hydrocarbures liquides; 2) la pyrolyse de charges de gaz naturel, qui peuvent produire des émissions de CH₄.

Lors de la pyrolyse de charges d'hydrocarbures liquides dans le procédé de noir de fourneau, les atomes d'hydrogène se détachent du carbone pour former des particules de noir de carbone (Cheminfo Services, 2010).

Pyrolyse noir de fourneau :



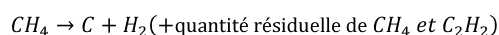
Réactions secondaires :



Les rejets gazeux issus du procédé de noir de fourneau contiennent différents produits, notamment de l'hydrogène, du méthane, de l'acétylène, du monoxyde de carbone, du dioxyde de carbone, des composés de soufre, des composés de carbone soufre et de l'eau (GIEC, 2006). Une partie des gaz résiduels est brûlée pour récupérer l'énergie aux fins du procédé.

Lors de la pyrolyse de charges d'alimentation naturelles, du gaz naturel acheté est injecté dans un des deux réacteurs préchauffé à une température de 1 300 °C et il se décompose en particules de carbone solides, en hydrogène et en hydrocarbures résiduels.

Pyrolyse – noir thermique :



On refroidit ensuite le mélange de particules de carbone solides et de gaz récupérés en sous produits riches en hydrogène en y injectant de l'eau, puis on sépare le carbone des gaz à l'aide d'un dépoussiéreur. Les gaz récupérés en sous produits riches en hydrogène sont utilisés comme combustible pour préchauffer le deuxième réacteur de l'unité jusqu'à une température de réaction de 1 300 °C. La production de noir de carbone exigeant une consommation d'énergie, la température du premier réacteur baisse jusqu'à un point où la réaction est nulle. C'est alors que se produit un changement du mode de production; les rôles des réacteurs sont inversés et le deuxième réacteur, qui a atteint la température voulue, est utilisé pour la production, tandis que le premier réacteur est chauffé de nouveau (Cheminfo Services, 2010).

4.11.2. Questions de méthodologie

Cheminfo Services (2010) a mené une étude de consultation pour estimer les émissions de CH₄ de la production de noir de carbone. Un questionnaire a été envoyé à trois installations de production de noir de carbone afin de recueillir des données sur la capacité et la production de noir de carbone pour la période de 1990 à 2009, et sur les émissions des GES issues des procédés. Les trois installations ont fourni des données sur la capacité de noir de carbone pour 1990-2009, mais elles n'ont pas toutes indiqué leurs émissions de CH₄ issues des procédés. D'après les réponses compilées, on a établi des coefficients d'émission de niveau 3 propres à deux installations comme des moyennes pondérées des données déclarées pour 2007-2009.

Un CE de 1,3 kg/t pour le CH₄ et un CE de 0,032 kg/t pour le N₂O ont été établis comme les moyennes pondérées des données

déclarées pour 2007-2009. Un coefficient d'émission de CH₄ découlant des procédés pour l'ensemble du secteur a également été calculé comme une moyenne pondérée à partir du même ensemble de données fournies par les deux installations (1,29 kg CH₄/t de produit).

La valeur du coefficient d'émission pour l'ensemble du secteur est inférieure à la valeur par défaut du GIEC de 11 kg CH₄/t de produit. On pense que le CE par défaut du GIEC, qui est fondé sur une seule étude, a inclus le CH₄ issu de la combustion de combustibles. La combinaison des émissions issues des procédés et de la combustion et la désignation du CE combiné comme CE des procédés peuvent parfois être observées dans les documents du GIEC. Le CE canadien tient compte seulement du CH₄ qui provient directement de la charge.

Le coefficient d'émission ci-dessus a été appliqué lorsqu'un coefficient d'émission propre à une installation ne pouvait être utilisé. Quand une installation fournissait directement des données sur les émissions de procédés, ces données étaient indiquées dans l'inventaire. Quand ces données n'étaient pas disponibles, des estimations étaient établies à partir de la production (non déclarée) de noir de carbone (une répartition était faite pour chaque installation n'ayant pas soumis de déclaration, en proportion de sa capacité) et un coefficient d'émission moyen de niveau 3 propre au secteur (soit propre à une installation ou à l'échelle d'un secteur) était appliqué. La production non déclarée de noir de carbone a été calculée en soustrayant de la production nationale de noir de carbone le total de toute la production de noir de carbone déclarée. Les données sur la production nationale de noir de carbone sont tirées du CPI Product Profile de Camford pour 1990-1995 et des déclarations des entreprises pour 2007-2009. On a calculé par interpolation les émissions pour les années entre ces deux périodes (soit de 1996 à 2006) en se basant sur le taux de croissance moyen du secteur pour 1990-1994. La production totale du secteur pour chaque année de la période de 1996 à 2006 a été calculée en multipliant le taux de croissance moyen du secteur par la production totale du secteur de l'année précédente (à compter de 1995). Les données de production propres à une installation pour 2010 et 2011 ont été tirées des micro données de l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels et résines synthétiques.

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

Cheminfo Services a réalisé une évaluation de l'incertitude de niveau 1 pour la catégorie Production de noir de carbone conformément à la section « Propagation of error method for combining uncertainties » des lignes directrices du GIEC - version révisée de 2006, selon lesquelles cette méthode peut s'appliquer aux

situations où les incertitudes qui entachent la variable contributive sont inférieures à $\pm 30\%$.

Dans le cadre de cette étude (Cheminfo Services, 2010), on a demandé aux répondants de fournir leur meilleure estimation de l'incertitude associée à chaque variable déclarée. Très peu de répondants ont présenté une estimation de l'incertitude de leurs données. C'est pourquoi un ensemble de valeurs d'incertitude par défaut (fondées sur la connaissance de l'industrie de Cheminfo Services) a été utilisé aux fins de l'analyse.

Quand aucune estimation de l'incertitude n'était fournie, les degrés d'incertitude suivants ont été appliqués par défaut :

- données sur la capacité : $\pm 5\%$;
- données sur la production déclarée : $\pm 2\%$;
- fractions de la proportion de la capacité utilisées pour la répartition des données nationales sur la production : $\pm 10\%$;
- émissions de CH_4 issues de procédés déclarées : $\pm 20\%$;
- émissions de N_2O issues de procédés déclarées : $\pm 30\%$.

Les degrés d'incertitude de niveau 1 associés aux estimations des émissions de CH_4 ont varié de $\pm 9\%$ à $\pm 11\%$.

4.11.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

Cette catégorie clé du secteur des procédés industriels a fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (annexe 6). Ces vérifications étaient conformes aux Procédures de CQ pour inventaire général de niveau 1 qui figurent dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000). Aucune anomalie n'a été constatée.

4.11.5. Recalculs par catégorie

Aucun recalcul des émissions connexes de CH_4 de la catégorie Production de noir de carbone n'a été fait.

4.11.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie de source.

4.12. Production pétrochimique – Production d'éthylène (catégorie 2.B.5.2 du CUPR)

4.12.1. Description de la catégorie de source

Depuis 1990, au Canada, cinq installations exploitées par quatre entreprises produisent de l'éthylène, mais l'une d'elles, Pétromont de Varennes, a fermé ses portes en 2008. L'éthylène est la composante de base de l'industrie des produits chimiques organiques parce qu'il est un précurseur de plusieurs résines et produits chimiques industriels fabriqués en grandes quantités. Les principaux sous produits de l'éthylène sont les suivants : polyéthylène, oxyde d'éthylène/éthylèneglycol, dichlorure d'éthylène/chlorure de vinyle, styrène, alpha oléfine linéaire, acétate de vinyle et alcools.

L'éthylène est produit par craquage thermique des liquides du gaz naturel (NGL), comme l'éthane (C_2H_6), le propane (C_3H_8), ou les butanes (C_4H_{10}) ou les charges de liquides à base de pétrole, tels que les naphthes ou les gasoils. La production d'éthylène suit un procédé en deux étapes. La première étape consiste à chauffer les charges d'alimentation jusqu'à ce qu'elles se fragmentent et la deuxième, à séparer les produits issus du craquage thermique par distillation. La réaction de craquage survient à des températures élevées dans des fours tubulaires spécialement conçus pour ce procédé. La quantité d'énergie par unité d'éthylène produit varie selon chacune des charges d'alimentation (ou quantité de charges d'alimentation utilisées). Par conséquent, chaque matière première présente une intensité d'émission de gaz à effet de serre différente.

Les émissions de CH_4 issues des procédés de production d'éthylène proviennent principalement de la combustion des rejets gazeux de procédés, du brûlage par torchère du méthane contenu dans les matières traitées et les émissions fugitives des flux d'hydrocarbures volatils qui renferment du méthane. Les émissions de N_2O des procédés découlent en grande partie de la combustion des gaz combustibles issus des charges d'alimentation (Cheminfo Services, 2010).

4.12.2. Questions de méthodologie

Cheminfo a réalisé une étude de consultation pour estimer les émissions de CH_4 et de N_2O de la production d'éthylène. Au nom de la Division des gaz à effet de serre, Cheminfo Services a fait parvenir un questionnaire à quatre entreprises qui exploitaient une installation de production d'éthylène au Canada, en leur demandant de fournir des données sur leur capacité et leur production d'éthylène et sur les émissions de CH_4 et de N_2O issues de

procédés pour les années allant de 1990 à 2009. Deux entreprises exploitant trois des quatre installations ont répondu au questionnaire, ce qui représentait 90 % de la capacité d'éthylène au Canada en 2009. On a estimé les coefficients d'émission de CH₄ et de N₂O, deux GES, à l'échelle du secteur comme des moyennes pondérées à partir des données sur la production et les émissions de procédés déclarées pour les trois installations pour les années 2007 à 2009. Pour la période de 1990 à 2009, et quand il était possible de le faire, des coefficients d'émissions de GES issues de procédés propres à une installation ont été établis comme des moyennes pondérées et ont servi à estimer la production d'éthylène par installation, parce qu'il existait des différences importantes entre les coefficients d'émission calculés pour chacune des installations. Des données sur la production d'éthylène par installation de 2008 à 2011 ont été tirées de l'enquête annuelle Produits chimiques industriels et résines synthétiques de Statistique Canada.

Quand une installation déclarait directement les émissions de GES issues de procédés, ces données étaient utilisées aux fins de l'inventaire. Quand les données n'étaient pas disponibles, on procédait à une estimation de ces émissions fondée sur la production (non déclarée) d'éthylène (une répartition était faite pour chaque installation n'ayant pas soumis de déclaration, en proportion de sa capacité) et des coefficients d'émission correspondants étaient établis. On a calculé la production non déclarée en soustrayant la somme de la production déclarée de la production totale nationale. Les données sur la production nationale d'éthylène sont tirées du CPI Product Profile de Camford pour la période de 1990 à 1995 et des données sur la production pour les années 2007 à 2009 ont été fournies par les entreprises. Pour la période 2008–2011, les données de production proviennent des micro-données de l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels et résines synthétiques. Il convient de noter que les coefficients d'émission appliqués doivent rester confidentiels, parce qu'ils ont été calculés à partir de données commerciales sensibles.

Équation 4-8 :

$$\begin{aligned} & \text{Émission de CH}_4 / \text{N}_2\text{O}(t) \\ &= \sum_y (\text{production non déclarée répartie} \times \text{coefficient émissions de CH}_4 / \text{N}_2\text{O}) + \text{Émission déclarées} \end{aligned}$$

où :

y	=	les entreprises
production non déclarée répartie (kt)	=	production d'éthylène non déclarée restante x capacité d'éthylène d'une entreprise donnée/capacité d'éthylène totale non déclarée
production d'éthylène non déclarée restante (kt)	=	production totale – échantillon déclaré total

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

Une évaluation de niveau 1 du degré d'incertitude a été effectuée pour la catégorie Production d'éthylène (Cheminfo Services, 2010), conformément à la section « Propagation of error method for combining uncertainties » des lignes directrices du GIEC – version révisée de 1996, selon lesquelles cette méthode peut s'appliquer aux situations où les incertitudes qui entachent la variable contributive sont inférieures à ± 30 %.

Dans le cadre de cette étude (Cheminfo Services, 2010), on a demandé aux répondants de fournir leur meilleure estimation de l'incertitude associée à chaque variable déclarée. Très peu de répondants ont présenté une estimation de l'incertitude de leurs données. C'est pourquoi un ensemble de valeurs d'incertitude par défaut (fondées sur la connaissance de l'industrie de Cheminfo Services) a été utilisé aux fins de l'analyse. Quand aucune estimation de l'incertitude n'était fournie, les degrés d'incertitude suivants ont été appliqués par défaut :

- données sur la capacité : ± 5 %;
- données sur la production déclarée : ± 2 %;
- fractions de la proportion de la capacité utilisées pour la répartition des données nationales sur la production : ± 10 %;
- émissions de CH₄ issues des procédés déclarées : ± 20 %;
- émissions de N₂O issues des procédés déclarées : ± 30 %.

Les degrés d'incertitude des émissions de CH₄ pour l'ensemble de la série chronologique ont varié de ± 8 % à ± 12 % et les degrés d'incertitude associés aux estimations des émissions de N₂O ont varié de ± 12 % à ± 21 %.

4.12.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

Cette catégorie clé du secteur des procédés industriels a fait l'objet de contrôles de la qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (annexe 6). Ces vérifications étaient conformes aux Procédures de CQ pour inventaire général de niveau 1 qui figurent dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000).

4.12.5. Recalculs par catégorie

Aucun recalcul n'a été effectué pour les émissions de CH₄ et de N₂O de la catégorie Production d'éthylène.

4.12.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie.

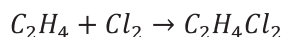
4.13. Production pétrochimique – Production de dichlorure d'éthylène (catégorie 2.B.5.3 du CUPR)

4.13.1. Description de la catégorie de source

Le dichlorure d'éthylène (DCE, $C_2H_4Cl_2$), qui s'appelle maintenant le 1,2-dichloroéthane, est un hydrocarbure chloré intermédiaire dérivé de l'éthylène, qui est produit en grandes quantités et utilisé dans la fabrication du chlorure de monomère de vinyle (chloroéthène) (CMV, C_2H_3Cl , $CH_2 = CHCl$), le précurseur des résines de polychlorure de vinyle. Au Canada, trois installations de production de DCE ont été exploitées pendant différentes périodes entre 1990 et 2009, mais elles ont maintenant toutes cessé leurs activités.

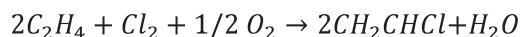
Deux procédés ont été utilisés dans la production de DCE au Canada. Le premier est la chloration directe de l'éthylène dans une réaction en phase liquide ou gazeuse en utilisant du 1,2-dibromoéthane comme catalyseur.

Chloration directe :

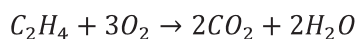


Le deuxième procédé est l'oxychloration, qui est appliqué à la charge d'éthylène en phase liquide. Les vapeurs de DCE alors produites sont condensées, dégazées, puis une portion est retirée de l'unité. Le reste de la charge est dirigée vers la section de chlorure de vinyle d'une installation où elle sera combinée à de l'acide chlorhydrique et à de l'oxygène dans un réacteur de type lit catalytique fluidisé pour produire du DCE brut. Le DCE brut des deux flux est ensuite soumis au procédé de craquage dans un réacteur pour former du chlorure de vinyle et l'acide chlorhydrique récupéré en sous produits est redirigé vers l'unité de chloration.

Réaction équilibrée DCE/CMV :



Réaction d'oxydation des charges d'alimentation :



En ce qui concerne les émissions, les gaz d'échappement qui contiennent des hydrocarbures chlorés sont brûlés à l'intérieur de l'installation avant d'être rejetés, le carbone présent dans ces gaz d'échappement est donc transformé en CO_2 . Les émissions de CO_2 issues des procédés utilisés pour la production de DCE découlent de la réaction secondaire de l'oxydation des charges

d'alimentation. Les émissions de CH_4 issues de procédés sont vraisemblablement produites par la distillation des hydrocarbures légers et ne sont pas capturées par un système de récupération des gaz de torche. Ces émissions sont rejetées dans l'atmosphère (Cheminfo Services, 2010).

4.13.2. Questions de méthodologie

La Division des gaz à effet de serre a retenu les services de Cheminfo Services Inc. pour estimer les émissions de CH_4 de la production de DCE de 1990 à 2009. Les installations de production de DCE ayant cessé leurs activités et aucune réponse à un questionnaire ne pouvant être fournie concernant les données historiques, on a appliqué une méthode de calcul de niveau 1 (production annuelle x coefficient d'émission par défaut de la méthode de niveau 1 du GIEC) pour établir des estimations des émissions de CH_4 issues de procédés pour la période de 1990 à 2006. Les données sur la production annuelle de DCE sont tirées du Canadian C2+ Petrochemical Report, obtenu dans le cadre de l'étude de Cheminfo Services (2010). Selon l'étude, la dernière installation a cessé ses activités en 2006. Les coefficients par défaut d'émissions de CH_4 issues des procédés de production de DCE, tels qu'ils sont appliqués, sont tirés du tableau 2 10 des lignes directrices du GIEC – version révisée de 1996, sous la rubrique « dichloroéthylène » (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Le Canadian C2+ Petrochemical Report a été préparé et publié par un consultant indépendant qui fournit de l'information commerciale à l'industrie chimique canadienne. On trouve dans ce rapport des bilans des quantités restantes d'éthylène et de ses dérivés à partir des statistiques sur la production totale, l'élimination et le commerce extérieur canadien. Aux fins de l'estimation des émissions à l'échelle provinciale, Cheminfo Services a réparti la production annuelle de DCE par installation en proportion de la capacité de chaque installation (la production annuelle a été calculée à l'aide des données sur la capacité de production déclarée par les entreprises dans le cadre de l'étude menée par Cheminfo en 2010).

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

Une évaluation de niveau 1 du degré d'incertitude a été effectuée pour la catégorie Production d'éthylène (Cheminfo Services, 2010), conformément à la section « Propagation of error method for combining uncertainties » des lignes directrices du GIEC - version révisée de 1996, selon lesquelles cette méthode peut s'appliquer aux situations où les incertitudes qui entachent la variable contributive sont inférieures à $\pm 30\%$.

Cheminfo Services (2010) n'ayant pu obtenir d'estimations de l'incertitude propre à chaque installation, un ensemble de degrés d'incertitude par défaut (fondés sur la connaissance de l'industrie de Cheminfo Services) a été utilisé aux fins de l'analyse. On a

estimé à ± 21 % le degré d'incertitude associé à cette catégorie dans son ensemble pour la série chronologique (Cheminfo Services, 2010).

4.13.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

Cette catégorie clé du secteur des procédés industriels a fait l'objet de contrôles de la qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (annexe 6). Ces vérifications étaient conformes aux Procédures de CQ pour inventaire général de niveau 1 qui figurent dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000). Aucun problème d'importance n'a été décelé lors des contrôles de qualité de niveau 1.

4.13.5. Recalculs par catégorie

Les émissions de CH_4 de la Production de dichloroéthylène n'ont pas fait l'objet d'un nouveau calcul.

4.13.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration particulière n'est prévue pour le moment pour cette catégorie, étant donné que la production de DCE a cessé au Canada.

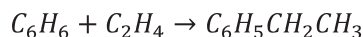
4.14. Production pétrochimique – Production de styrène (catégorie 2.B.5.4 du CUPR)

4.14.1. Description de la catégorie de source

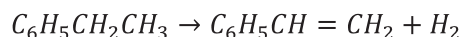
Le styrène est un hydrocarbure cyclique liquide, monomère précurseur du polystyrène et de plusieurs copolymères, tels que les résines ABS, le caoutchouc de styrène-butadiène (SBR), le latex de styrène-butadiène et la résine de styrène-acrylonitrile (SAN). Ces matières entrent dans la fabrication de caoutchoucs, de plastiques, de produits isolants, de fibre de verre, de conduits, de pièces d'automobiles et de bateaux, de contenants alimentaires et de sous-tapis. Au Canada, trois installations produisent du styrène depuis 1990, mais une installation a cessé ses activités en 1998.

Le styrène est une substance chimique organique intermédiaire qui est produite par un procédé en deux étapes dans une même installation. La première étape est l'alkylation du benzène (C_6H_6) avec l'éthylène (C_2H_4) qui produit de l'éthylbenzène, un intermédiaire chimique. La deuxième étape est la déshydrogénation catalytique de l'éthylbenzène qui produit du styrène, tel qu'illustré ci-dessous :

Réaction d'éthylbenzène :



Réaction de styrène :



Le styrène est produit dans de multiples réacteurs de déshydrogénation séquentiels fonctionnant sous vide pour accroître la conversion et la sélectivité vers le styrène. On fait intervenir de la vapeur dans la réaction de déshydrogénation pour induire l'énergie nécessaire à la réaction, diluer les réactifs et éliminer toute accumulation de coke provenant du catalyseur. Parmi les sous produits de la réaction figurent les rejets gazeux des procédés, le benzène (recyclé) et le toluène, le condensat de vapeur et les goudrons, qui seront séparés du flux de produits.

Les émissions de CO_2 issues de procédés peuvent provenir de la combustion des rejets gazeux des procédés (gaz combustibles) sous forme de combustible ou du brûlage par torchère de flux de procédés surpressurisés. Du méthane (CH_4) pourrait être présent ainsi que des réactifs de procédé, de l'éthylène et du benzène, lesquels seraient émis si ces flux de procédés ou récupérés n'étaient évacués. Les émissions fugitives de ces flux contiendraient également du méthane (Cheminfo Services, 2010).

4.14.2. Questions de méthodologie

La Division des gaz à effet de serre a retenu les services de Cheminfo Services Inc. pour estimer les émissions de CH_4 découlant de la production de styrène pour la période de 1990 à 2009. Un questionnaire a été envoyé à deux installations en exploitation, mais aucune des deux n'a fourni d'estimation de ses émissions. Cette information n'étant pas disponible, on a donc utilisé une méthode de calcul de niveau 1 (soit le coefficient d'émission par défaut de niveau 1 du GIEC pour la production annuelle *) pour établir des estimations des émissions de CH_4 issues de procédés. Les données sur la production annuelle de styrène sont tirées du Canadian C2+ Petrochemical Report. Ce rapport a été préparé et publié par un consultant indépendant qui fournit de l'information commerciale à l'industrie chimique canadienne. On trouve dans ce rapport des bilans des quantités restantes d'éthylène et de ses dérivés à partir des statistiques sur la production totale, l'élimination et le commerce extérieur canadien. Aux fins de l'estimation des émissions à l'échelle provinciale, Cheminfo Services a réparti la production annuelle de styrène par installation en proportion de la capacité de chaque installation (la production annuelle a été calculée à l'aide des données sur la capacité de production déclarée par les entreprises dans le cadre de l'étude menée par Cheminfo en 2010). Le coefficient d'émission de CH_4 par défaut pour le styrène (4 kg/t) est tiré du tableau 2 10 des lignes directrices du GIEC de 1996 (GIEC/OCDE/AIE, 1997). La production de styrène ne figurant pas dans la sec-

tion des produits pétrochimiques de ces lignes directrices, aucun coefficient d'émission plus récent n'a pu être appliqué. Aucune donnée n'a pu être trouvée sur la production de styrène en 2011; on a donc supposé que les valeurs de 2010 (qu'on avait présu- mées égales aux valeurs de 2009) seraient applicables à 2011. Les estimations des émissions de CH₄ de 2011 ont été calculées en conséquence.

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

Cheminfo Services (2010) a réalisé une évaluation de l'incertitude de niveau 1 pour la catégorie Production de styrène, conformément à la section « Propagation of error method for combining uncertainties » des lignes directrices du GIEC – version révisée de 1996, selon lesquelles cette méthode peut s'appliquer aux situations où les incertitudes qui entachent la variable contributive sont inférieures à ±30 %.

Cheminfo Services (2010) n'ayant pu obtenir d'estimations de l'incertitude propre à chaque installation, un ensemble de degrés d'incertitude par défaut (fondés sur la connaissance de l'industrie de Cheminfo Services) a été utilisé aux fins de l'analyse. On a estimé à ±21 % le degré d'incertitude associé à cette catégorie dans son ensemble pour la série chronologique (Cheminfo Services, 2010).

4.14.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

La catégorie Production de styrène a fait l'objet de contrôles de la qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (annexe 6). Ces vérifications étaient conformes aux Procédures de CQ pour inventaire général de niveau 1 qui figurent dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000). Aucun problème d'importance n'a été décelé lors des contrôles de qualité de niveau 1.

4.14.5. Recalculs par catégorie

Les émissions de CH₄ de la Production de styrène n'ont pas fait l'objet d'un nouveau calcul.

4.14.6. Améliorations prévues par catégorie

Facility-specific data will be included in the micro data of Statistics Canada's Industrial Chemical and Synthetic Resin Survey and will be available starting 2012.

4.15. Production pétrochimique – Production de méthanol (catégorie 2.B.5.5 du CUPR)

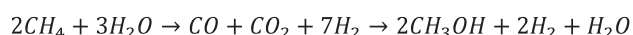
4.15.1. Description de la catégorie de source

Le méthanol (CH₃OH) est un alcool liquide volatil hautement inflammable à la température ambiante. Il est principalement utilisé comme composant de base dans la fabrication du formaldéhyde, le précurseur clé des résines thermodurcies industrielles et divers produits. De 1990 à 2006, trois installations produisaient du méthanol au Canada, mais elles avaient toutes cessé leurs activités en 2001, 2005 et 2006, respectivement. C'est donc en 2006 que la production de méthanol a pris fin au Canada.

Deux procédés sont utilisés pour produire du méthanol : 1) le reformage classique; 2) le procédé combiné d'oxydation classique et partielle.

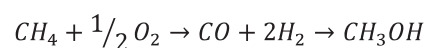
Le reformage classique est un procédé à deux étapes qui consiste à faire réagir un gaz de synthèse (gaz synthétique) contenant de l'hydrogène (H₂), du monoxyde de carbone (CO) et du dioxyde de carbone (CO₂) avec un catalyseur de cuivre, d'oxyde de zinc ou d'alumine, puis de séparer le produit de l'eau et d'autres sous produits.

Réaction globale :

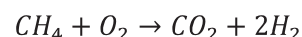


Le procédé de reformage combiné comprend une étape de plus que le reformage classique, celle de l'oxydation partielle catalytique, qui permet d'obtenir un meilleur rapport CO - H₂ dans le gaz de synthèse. La réaction d'oxydation partielle catalytique produit moins d'hydrogène que les réactions de reformage classique et élimine l'hydrogène récupéré comme sous produit.

Réaction d'oxydation partielle :



Réaction secondaire d'oxydation des charges d'alimentation :



Les émissions de GES (CO₂, CH₄ et N₂O) issues des procédés proviennent principalement des gaz d'échappement des procédés séparés du méthanol et brûlés sur place pour la récupération d'énergie. Les rejets gazeux des procédés contiennent un surplus CO, de CO₂ et d'hydrocarbures légers. Du CH₄ peut également être rejeté par l'évacuation des gaz de procédés contenant du CH₄ par le train de distillation de méthanol et les réservoirs de stockage de méthanol, et des émissions fugitives peuvent provenir d'équipements qui fuient. (Cheminfo Services, 2010).

4.15.2. Questions de méthodologie

Cheminfo Services a mené une étude de consultation pour estimer les émissions de CH₄ découlant de la production de méthanol. Un questionnaire a été envoyé à d'anciens employés des installations mentionnées précédemment, qui avaient toujours accès aux registres des entreprises, et on leur a demandé de fournir des données sur la capacité de production de méthanol, la production et les émissions de GES des procédés pour la période de 1990 à 2009. Fondé sur ces données confidentielles, un coefficient d'émissions des procédés a été établi à l'échelle du secteur comme une moyenne pondérée d'après les données déclarées sur les émissions de CH₄. Ce coefficient confidentiel a été calculé en divisant l'ensemble de données sur les émissions de CH₄ des procédés par l'ensemble de données sur la production obtenues pour la période de 2004 à 2006. Les coefficients confidentiels d'émissions de procédés pour le secteur ont été utilisés, au besoin, pour estimer les émissions de CH₄ de 1990 à 2006 (la production de méthanol ayant cessé en 2006).

Quand les données sur les émissions de CH₄ ont été directement fournies par les anciens employés des installations de production de méthanol, elles ont été utilisées aux fins du présent rapport. Si aucune donnée n'était déclarée, on procédait à une estimation en multipliant la valeur de la production « non déclarée » de méthanol par le coefficient d'émission moyen pour le secteur. On a calculé la valeur de la production « non déclarée » de méthanol d'une installation en multipliant sa part de capacité de production (en %) par la différence entre la production totale nationale de méthanol et la somme de toutes les valeurs déclarées de production de méthanol. Les valeurs de la production nationale de méthanol ont été tirées du CPI Product Profile de Camford pour 1990-1999 et on a estimé ces valeurs pour 2000-2006 à partir de l'utilisation présumée de la capacité (Cheminfo Services, 2010).

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

Cheminfo Services (2010) a réalisé une évaluation de l'incertitude de niveau 1 pour la catégorie Production de styrène, conformément à la section « Propagation of error method for combining uncertainties » des lignes directrices du GIEC - version révisée de 1996, selon lesquelles cette méthode peut s'appliquer aux situations où les incertitudes qui entachent la variable contributive sont inférieures à ± 30 %.

Cheminfo Services (2010) n'ayant pu obtenir d'estimations de l'incertitude propre à chaque installation, un ensemble de degrés d'incertitude par défaut (fondés sur la connaissance de l'industrie de Cheminfo Services) a été utilisé aux fins de l'analyse :

- données sur la production nationale : ± 5 %;
- données sur la production déclarée : ± 2 %;

- données sur la capacité de l'installation : ± 5 %;
- fraction de la production totale non rapportée d'un secteur : ± 10 %;
- émissions de CH₄ issues des procédés déclarées : ± 20 %;
- émissions de N₂O issues des procédés déclarées : ± 30 %.

L'incertitude associée à cette catégorie dans son ensemble pour la série chronologique a varié de 0 % (les années sans production) à ± 20 % pour les émissions de CH₄ et de 0 % (les années sans production) à ± 30 % pour les émissions de N₂O.

4.15.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

Cette catégorie a fait l'objet de contrôles de la qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (annexe 6). Ces vérifications étaient conformes aux Procédures de CQ pour inventaire général de niveau 1 qui figurent dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000). Aucun problème d'importance n'a été décelé lors des contrôles de qualité de niveau 1.

4.15.5. Recalculs par catégorie

Les émissions de CH₄ de Production de méthanol n'ont pas fait l'objet d'un nouveau calcul.

4.15.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie, puisqu'il ne se produit plus de méthanol au Canada.

4.16. Sidérurgie (catégorie 2.C.1 du CUPR)

4.16.1. Description de la catégorie de source

Le fer brut (gueuse de fer) s'obtient par la réduction, dans un haut fourneau, des minerais d'oxyde de fer; le carbone du coke ou d'autres matières carbonées agit alors comme agent réducteur. Dans la plupart des fours de fusion, la réduction est facilitée par l'utilisation de flux carbonatés (GIEC, 2000). La majorité de l'acier à l'échelle mondiale est fabriqué dans des fours électriques à arc (FEA) ou des fours à oxygène de base. L'acier à faible teneur en carbone est produit dans des fours à oxygène de base, où un mélange de gueuse de fonte et de déchets de fer est refondu en présence d'oxygène pur, qui oxyde le carbone dissous en CO ou en CO₂. L'acier ordinaire et l'acier allié sont produits dans des FEA, des cuves à chemisage réfractaire qui utilisent le chauffage électrique par des électrodes graphites qui sont consommées durant le procédé (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Les usines qui produisent

de la gueuse de fonte à partir du minerai de fer au moyen du procédé de haut fourneau et à partir de l'acier au moyen du procédé de four à oxygène de base, sont désignées comme des usines intégrées. Il y a quatre usines sidérurgiques intégrées au Canada, toutes situées en Ontario. Cependant, une usine intégrée canadienne utilise aussi le procédé de FEA pour une partie de l'acier qu'elle produit. L'annexe 3.2 fournit d'autres détails sur les technologies utilisées au Canada pour la production sidérurgique ainsi que sur leurs profils d'émissions.

La production totale d'acier brut au Canada de 1980 à 2008 a varié de 11 871 000 à 16 595 000 tonnes. En raison du ralentissement économique, la production d'acier brut au Canada a diminué à 9 286 000 tonnes en 2009. La production a rebondi à 13 009 000 tonnes en 2010, et l'industrie a maintenu des niveaux de production comparables en 2011 et en 2012. Lors de la production de gueuse de fonte, le carbone joue le double rôle de combustible et d'agent réducteur. Les émissions résultant de la combustion de combustibles comme les gaz de cokerie ne sont pas déclarées dans cette catégorie, mais plutôt dans la catégorie industrielle qui convient dans le secteur Énergie. Les émissions de CO₂ résultant de l'oxydation du carbone, qui a lieu lorsque le minerai de fer est réduit en gueuse de fonte, sont comprises dans cette catégorie. Sont aussi incluses les émissions produites durant la production d'acier, qui sont nettement moindres. Elles résultent de l'oxydation du carbone en fer brut et de la consommation des électrodes. Le CO₂ supplémentaire rejeté par le flux de calcaire dans le haut fourneau est indiqué à la rubrique Utilisation de calcaire et de dolomite (section 4.4.1).

4.16.2. Questions de méthodologie

Un nouvel ensemble de paramètres d'émissions, représentatifs de la situation canadienne, p. ex., le coefficient d'émission du coke, la teneur en carbone de la gueuse de fonte et la teneur en carbone de la gueuse de fonte entrant dans le procédé de fabrication d'acier, a servi à établir des estimations pour la période de 1990 à 2012. La méthodologie utilisée pour la catégorie Sidérurgie est conforme au niveau 2 du GIEC, tel que décrit dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000), avec l'ajout d'un terme pour tenir compte des émissions produites par la transformation de l'acier par un convertisseur basique à oxygène dans un four électrique à arc (à l'étape de la métallurgie en poche). Le devenir du carbone est suivi tout au long du processus de production, et les émissions de la production de fer et de la production d'acier sont calculées séparément. L'équation suivante a servi à estimer les émissions de la production de gueuse de fonte :

Équation 4-9 :

$$\begin{aligned} \text{Émissions}_{\text{gueuse de fonte}} &= (\text{Coefficient d'émission}_{\text{réducteur}} \times \text{masse de réducteur}) \\ &+ (\text{masse de carbone dans le minerai} \\ &- \text{masse de carbone dans la gueuse de fonte}) \times \left(\frac{44}{12}\right) \end{aligned}$$

où :

Émission _{gueuse de fonte}	= émissions provenant de la production de gueuse de fonte, en kt
Coefficient d'émission _{réducteur}	= coefficients d'émission (t CO ₂ /t coke utilisé) pour des années spécifiques tirés de l'étude de Cheminfo Services, 2010
Masse de réducteur	= masse de coke métallurgique utilisé dans le procédé, en kt
Masse de carbone dans le minerai	= zéro, d'après le GIEC (2000), en kt
Masse de carbone dans la gueuse de fonte	= production globale de gueuse, kt x teneur en carbone de la gueuse de fonte, %
44/12	= rapport entre le poids moléculaire du CO ₂ et le poids moléculaire du carbone

Selon un rapport de Cheminfo (Cheminfo Services, 2010), la grande majorité des émissions de CO₂ issues de procédés proviennent du carbone apporté par le coke métallurgique utilisé pour réduire le minerai de fer en gueuse de fonte (95 % de fer et 5 % de carbone) dans les hauts fourneaux au cours de la production de fer dans les usines sidérurgiques intégrées. Une petite partie des émissions de CO₂ issues de procédés découle des agents réducteurs de carbone secondaires ajoutés dans les hauts fourneaux, notamment le gaz naturel, le mazout ou le charbon pulvérisé. Le carbone peut aussi être ajouté à la fabrication de l'acier sous forme d'injection de gaz naturel, mais il s'agit d'une source négligeable de carbone comparativement à celui qui est ajouté dans les hauts fourneaux. Aux fins des estimations des émissions de cette catégorie, on a posé l'hypothèse que l'agent réducteur utilisé dans l'industrie canadienne était du coke métallurgique dans 100 % des cas. Le minerai a une teneur en carbone presque nulle (GIEC, 2000). Les émissions de GES dues à l'utilisation d'agents réducteurs autres que le coke métallurgique sont estimées dans la catégorie industrielle qui convient dans le secteur de l'énergie. Cela est attribuable au fait que les données sur l'utilisation de ces agents réducteurs, fournies par Statistique Canada, sont indiquées aux lignes sur la consommation d'énergie dans le BDEEC.

Les données pour l'utilisation de coke métallurgique sont tirées du BDEEC (Statistique Canada, n° 57-003); celles sur la production totale de gueuse de fonte au Canada proviennent également de Statistique Canada (pour 1990-2003 : n° 41-001, pour 2004-2012 : n° 41-019). Les coefficients d'émission pour l'utilisation

de coke sont propres aux années; ils sont tirés de l'étude menée par Cheminfo Services en 2010. Dans le cadre de cette étude, Cheminfo Services a fait parvenir un questionnaire à quatre aciéries intégrées au Canada pour connaître leur consommation de coke et l'estimation de leurs émissions pour les années 1990–2009. Les coefficients d'émission correspondent à un ratio des émissions de CO₂ par rapport à l'utilisation du coke. Aucune valeur de teneur en carbone du coke propre au Canada n'est disponible pour 2012; on a donc utilisé la valeur de 2009 (comme il s'agit d'un produit calciné, on ne s'attend pas à ce que la teneur en carbone du coke varie beaucoup). Les teneurs en carbone du coke ont ensuite été appliquées à l'ensemble de données sur l'utilisation du coke fourni par Statistique Canada. Pour ce qui est de la teneur en carbone de la gueuse de fonte, une valeur de la teneur moyenne pour l'industrie a été fournie par l'Association canadienne des producteurs d'acier (ACPA)¹¹, valeur qui doit restée confidentielle.

Les émissions attribuables à la production d'acier ont été estimées à l'aide de l'équation suivante :

Équation 4–10 :

$$\begin{aligned}
 & (\% \text{ de carbone dans le fer chargé dans les fours sidérurgiques} * \text{ charge}) \\
 & + ((\% \text{ de carbone dans la charge de mitrilles d'acier destinée aux fours sidérurgiques} \\
 & * \text{ mitrilles d'acier}) \\
 & - (\% \text{ de carbone dans les convertisseurs basiques à oxygène (CBO) pour la production d'acier} \\
 & * \text{ production d'acier dans les CBO}) \\
 & - (\% \text{ de carbone dans les fours électriques à arc (FEA)} \\
 & * \text{ production d'acier dans les FEA})] * \frac{44}{12} \\
 & + (\text{Coefficient d'émission pour les FEA} * \text{acier produit par les FEA}) \\
 & + (\text{Coefficient d'émission pour la métallurgie en poche par CBO} \\
 & * \text{acier produit par CBO})
 \end{aligned}$$

D'après l'Équation 4–10, une partie de la quantité d'émissions de CO₂ associées aux procédés de production d'acier est estimée en fonction de la différence entre la quantité de carbone dans le fer et les mitrilles d'acier servant à la fabrication de l'acier et la quantité de carbone qui se trouve dans l'acier produit par CBO et FEA. Il faut souligner que la quantité de gueuse de fonte chargée dans les hauts fourneaux des aciéries (utilisée dans l'Équation 4–10) n'est pas égale à la production totale de gueuse de fonte (utilisée dans l'Équation 4–9). Dans le procédé de production d'acier, des émissions sont également produites par la consommation d'électrodes dans les FEA et dans la métallurgie secondaire en poche. Ces émissions sont prises en compte dans les deux derniers termes de l'équation.

Les données sur la gueuse de fonte totale chargée dans les fours sidérurgiques, sur la production totale d'acier et sur la quantité d'acier produite dans les FEA proviennent de Statistique Canada (pour 1990–2003 : n° 41-001, pour 2004–2012 : n° 41-019). Les valeurs de la teneur en carbone et des coefficients d'émission mentionnés dans l'Équation 4–10 ont été fournies par l'ACPA¹².

Les émissions totales du secteur de la sidérurgie sont la somme de l'Équation 4–9 et de l'Équation 4–10 ci-dessus.

Les données sur l'utilisation de coke métallurgique à l'échelle provinciale ou territoriale provenant du BDEEC (Statistique Canada, no 57-003) ont servi à déterminer le pourcentage de la consommation totale de réducteur imputable à chaque province et territoire. Les émissions de CO₂ à l'échelle provinciale ou territoriale ont ensuite été estimées en multipliant le pourcentage obtenu par l'estimation des émissions nationales.

À signaler que les données du BDEEC (Statistique Canada, n° 57-003) publiées pour une année donnée sont préliminaires et sujettes à révision dans les publications ultérieures.

La méthode décrite ci-dessus ne tient pas compte des émissions additionnelles de CO₂ dues à l'utilisation de calcaire comme fondant dans les hauts fourneaux, car les émissions relatives à la consommation de calcaire sont incluses dans le sous secteur Utilisation de calcaire et de dolomite.

L'utilisation de coke de pétrole dans les électrodes FAE a également été déclarée par Statistique Canada avec toutes les autres utilisations de coke de pétrole à des fins non énergétiques. Pour éviter une double comptabilisation des données, on soustrait donc les émissions de CO₂ attribuables à la consommation des électrodes lors du procédé de production de l'acier dans les FAE des émissions totales non attribuables au secteur de l'énergie. On suppose qu'aucune électrode importée n'est utilisée pour produire de l'acier dans les FAE au Canada. S'il y avait importation d'électrodes, il faudrait soustraire la portion de CO₂ générée par les électrodes importées des émissions dues à leur consommation avant de les soustraire des émissions totales non attribuables au secteur de l'énergie.

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

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie Sidérurgie. On y a tenu compte des incertitudes associées à tous les paramètres utilisés dans les équations ci-dessus, comme les données sur l'utilisation de coke métallurgique, le coefficient d'émission du coke, les données sur la production de gueuse de fonte et d'acier et la teneur en carbone de la gueuse de fonte et de l'acier. L'évaluation a aussi tenu compte de l'erreur associée au taux d'absence de réponse aux enquêtes de Statistique Canada. L'incertitude associée à la catégorie dans son ensemble pour la série chronologique se situe autour de $\pm 5,4\%$.

La provenance des données et la méthodologie utilisée sont cohérentes sur toute la série chronologique.

¹¹ Chan K. 2009. Communication personnelle (courriel de K. Chan à Maryse Pagé, DGES, date du 21 juillet 2009). Association canadienne des producteurs d'acier.

¹² Chan K. 2009. Communication personnelle (courriel de L. Chan à Maryse Pagé, DGES, date du 21 juillet 2009). Association canadienne des producteurs d'acier.

4.16.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

La sidérurgie est une catégorie clé qui a fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (annexe 6). Les contrôles sont conformes aux Procédures de CQ pour inventaire général de niveau 1 qui figurent dans les recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Aucun problème d'importance n'a été décelé lors des contrôles de qualité de niveau 1.

4.16.5. Recalculs par catégorie

Aucun recalcul n'a été effectué pour les émissions de CO₂ attribuables à la sidérurgie.

4.16.6. Améliorations prévues par catégorie

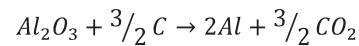
Comme il en a été mentionné précédemment, une petite partie des émissions de CO₂ issues de procédés associés à la sidérurgie découle de l'utilisation d'agents réducteurs autres que le coke métallurgique. Une fraction du charbon, indiquée à la ligne non énergétique du BDEEC, est utilisée en sidérurgie et est actuellement déclarée dans le sous secteur Autres procédés et procédés indifférenciés. Il est planifié d'affecter les émissions ci haut mentionnées à la catégorie Sidérurgie. L'affectation des émissions de CO₂ associées à l'utilisation d'autres agents réducteurs (autres que le coke et le charbon) au secteur de l'énergie ne changera pas. Cela est dû au format des données du BDEEC, qui présentent l'utilisation de combustibles de manière regroupée.

4.17. Production d'aluminium (catégorie 2.C.3 du CUPR)

4.17.1. Description de la catégorie de source

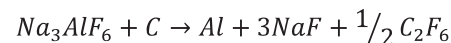
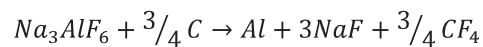
L'aluminium de première fusion est produit en deux étapes. La première étape consiste à moudre, purifier et calciner le minerai de bauxite afin d'obtenir de l'alumine (Al₂O₃). Puis, à la seconde étape, on réduit l'alumine électriquement en aluminium dans de grosses cuves par un procédé de fusion au moyen d'anodes de carbone. La cuve proprement dite (un contenant en acier de faible profondeur) forme la cathode, tandis que des plaquettes de carbone suspendues servent d'anode. À l'intérieur de la cuve, l'alumine est dissoute dans un bain de cryolite (Na₃AlF₆). Le passage d'un courant par la résistance de la cellule a un effet calorifique qui maintient le contenu à l'état liquide. De l'aluminium en fusion se forme à la cathode et s'accumule au fond de la cuve.

À mesure que l'anode est consommée, du CO₂ se forme par la réaction suivante, sous réserve qu'il y ait suffisamment d'alumine à la surface de l'anode :



Bien que la majeure partie du CO₂ se forme à partir de la réaction électrolytique de l'anode de carbone avec l'alumine (voir ci-dessus), d'autres sources, notamment la cuisson des anodes précuites, peuvent contribuer à une partie (généralement inférieure à 10 %) des émissions totales de CO₂ ne provenant pas du secteur de l'énergie. Les émissions provenant de la combustion de combustibles fossiles utilisés dans la production des anodes précuites sont traitées dans la section Énergie, mais celles découlant spécifiquement de la combustion des matières volatiles émises au cours de l'opération de cuisson et celles qui découlent de la combustion de matériau de garniture de four à cuisson sont comptabilisées dans la section Procédés industriels (GIEC, 2006).

En plus des émissions de CO₂, la fusion primaire de l'aluminium est une source importante de tétrafluorure de carbone (CF₄) et d'hexafluorure de carbone (C₂F₆). Des gaz PFC se forment au cours d'un phénomène qu'on appelle l'effet d'anode ou événement anode, quand les niveaux d'alumine sont trop faibles. Théoriquement, en cas d'effet d'anode, la résistance de la cellule augmente subitement (en l'espace d'un cinquantième de seconde). De ce fait, la tension augmente, tout comme la température, ce qui force les sels de fluor fondus dans la cellule à se combiner chimiquement à l'anode en carbone (Université Laval, 1994). Durant l'effet d'anode, des réactions concurrentes qui produisent du CF₄, et du C₂F₆, montrées plus bas, surviennent.



On peut contrôler les émissions de PFC en utilisant des systèmes informatisés d'alimentation en alumine. Des capteurs mesurent la concentration d'alumine et en injectent automatiquement une plus grande quantité dans la cuve lorsque les niveaux baissent. De cette façon, il est possible de contrôler l'effet d'anode. On peut programmer les ordinateurs de manière à ce qu'ils détectent le déclenchement des effets d'anode et avertissent le système de prendre des mesures de neutralisation. Les systèmes d'alimentation de type « ponctuel » par opposition aux systèmes « à coupure centrale » tendent également à réduire les émissions (Øye et Huglen, 1990).

En plus du CO₂, du CF₄ et du C₂F₆, une faible quantité de SF₆ est également émise de par son utilisation comme gaz de couverture dans certaines alumineries qui produisent des alliages à forte teneur en magnésium aluminium¹³.

Les alumineries se caractérisent par le type de technologie employé pour la fabrication de l'anode. En général, les émissions des alumineries plus anciennes, qui utilisent la technologie

¹³ Chaput P., 2007. Communication personnelle (courriel de Chaput P. à A. Au, DGES, daté du 12 octobre 2007). Association de l'aluminium du Canada.

Søderberg, sont plus élevées que celles des usines plus récentes qui utilisent surtout des anodes précuites. L'industrie canadienne de l'aluminium a modernisé ses usines afin de dynamiser sa production. Dans certains cas, il a fallu se débarrasser d'anciennes chaînes de production et en installer de nouvelles pour répondre à l'augmentation de la demande.

Même si la production d'aluminium consomme d'énormes quantités d'énergie électrique, actuellement estimées à 13,5 kWh/kg d'aluminium (AIA, 1993), les émissions de GES imputables à cette consommation ne sont pas forcément élevées dans un contexte canadien. La totalité des usines d'aluminium de première fusion du Canada sont situées au Québec et en Colombie Britannique, où la quasi totalité (95 %) de l'électricité est produite par des centrales hydroélectriques, dont on pense qu'elles émettent des quantités négligeables de GES par rapport aux centrales classiques à combustibles fossiles.

4.17.2. Questions de méthodologie

Depuis l'année 2011, les alumineries canadiennes, exploitées au Québec et en Colombie Britannique, déclarent leurs émissions de GES en vertu des protocoles méthodologiques et des règles de déclaration de la Western Climate Initiative¹⁴ (initiative de l'Ouest sur le climat). Ces règles ont été reprises dans la réglementation de ces provinces sur la déclaration des GES. Conformément à un protocole d'entente conclu en 2012 entre Environnement Canada et l'Association de l'aluminium du Canada (AAC), Environnement Canada reçoit les mêmes ensembles de données que ceux fournis par les entreprises membres de l'AAC dans les provinces. Les estimations relatives aux procédés du CO₂, des PFC et du SF₆ sont

des estimations de niveau 3 à l'échelle des usines utilisant des paramètres¹⁵ propres aux usines.

Jusqu'au RIN de 2012 (années 1990 à 2010), les estimations des émissions imputables aux procédés de production d'aluminium ont été directement fournies par l'AAC. En plus des estimations des émissions propres à chaque aluminerie, des installations par l'entremise de l'AAC ont fourni des données sur les méthodes utilisées par les producteurs d'aluminium pour calculer les émissions de CO₂, de PFC et de SF₆ ainsi que des données sur la production propre à chaque installation pour l'ensemble de la série chronologique. Les méthodes d'estimation peuvent être de niveau 3, de niveau 2 ou de niveau 1, telles qu'elles sont décrites ci-dessous, selon la disponibilité des données; c'est surtout une méthode de niveau 3 qui a servi à estimer les émissions des années récentes. Par exemple, Alcan, le plus grand producteur canadien d'aluminium (maintenant Rio Tinto Aluminium), a déclaré que ses émissions de 2008 avaient été calculées au moyen de paramètres propres à l'usine (Alcan, 2010). Pour les années

antérieures et lorsque des données propres à l'usine n'étaient pas disponibles, les entreprises ont utilisé par défaut l'entente cadre du Québec (voir ci-dessous) ou les CE de l'International Aluminium Institute (IAI) (Alcan, 2010). La méthodologie appliquée pour les émissions de PFC et de CO₂ est fondée sur l'Entente particulière de réductions volontaires des gaz à effet de serre au Québec conclue entre le gouvernement du Québec et l'AAC (AAC, 2002a).

Calcul des émissions de CO₂ :

En général, les équations qu'utilisent les alumineries pour estimer les émissions de CO₂ imputables à la réaction de l'anode en carbone avec l'alumine sont les suivantes (AAC, 2002b) :

Équation 4-11 : Pour la consommation de l'anode précuite :

$$\text{Émissions CO}_2(t) = \left[\frac{CC \times PM \times (100 - \%S_a - \%Cendres_a - \%Imp_a)}{100} \right] \times \left[\frac{44}{12} \right]$$

où :

CC	=	consommation de l'anode cuite par tonne d'aluminium (t C/t Al)
PM	=	production totale d'aluminium (t)
S _a	=	teneur en soufre des anodes cuites (% en poids)
Cendres _a	=	teneur en cendres des anodes cuites (% en poids)
Imp _a	=	fluor et autres impuretés (% en poids)*
44/12	=	rapport entre le poids moléculaire du CO ₂ et le poids moléculaire du carbone

*Le pourcentage en poids de fluor et d'autres impuretés n'est pas forcément un paramètre dont tiennent compte toutes les alumineries.

Équation 4-12 : Pour la consommation de l'anode Søderberg

$$\begin{aligned} \text{Émission CO}_2(t) &= \left[(CP \times PM) - \left(\frac{MSB \times PM}{1000} \right) \right. \\ &\quad - \left(\frac{\%BTL}{100} \times CP \times PM \times \frac{\%S_p + \%Cendres_p + \%H_2}{100} \right) \\ &\quad \left. - \left(\frac{(100 - \%TL)}{100} \times CP \times PM \times \frac{(\%S_c + \%Cendres_c)}{100} \right) \right] \times \left[\frac{44}{12} \right] \end{aligned}$$

où :

CP	=	consommation de pâte (t pâte/t Al)
PM	=	production totale d'aluminium (t)
MSB	=	émissions de matière soluble dans le benzène (kg/t Al)
TL	=	teneur en liant (% en poids)
Sp	=	teneur en cendres du brai (% en poids)
Cendres _p	=	teneur en hydrogène du brai (% en poids)
H ₂	=	teneur en hydrogène du brai (% en poids)
Sc	=	teneur en soufre du coke calciné (% en poids)
Cendres _c	=	teneur en cendres du coke calciné (% en poids)
44/12	=	rapport entre le poids moléculaire du CO ₂ et le poids moléculaire du carbone

14 <http://www.westernclimateinitiative.org/>.

15 <http://www.env.gov.bc.ca/cas/mitigation/ggrcta/reporting-regulation/amendedquantificationmethods.html>.

L'utilisation des équations ci dessus parallèlement aux données précises d'une installation est considérée comme une méthode de niveau 3. Une méthode de niveau 2 consiste à appliquer à ces équations certaines données chiffrées combinées à des valeurs industrielles types. Le Tableau 4-5 présente les valeurs de niveau 2 caractéristiques de l'industrie qui peuvent être appliquées par les installations.

Lorsqu'il n'existe pas de données sur les procédés en dehors de la production d'aluminium, on peut utiliser les coefficients d'émission pour une méthode de niveau 1 (voir ci dessous). Ces facteurs dérogent légèrement des facteurs par défaut du GIEC parce que ces derniers reflètent les émissions de 1990 et risquent d'entraîner des erreurs majeures si on les applique à la production actuelle. Les coefficients ci dessous reflètent les progrès considérables réalisés entre 1990 et 2001 (AAC, 2002b et IAI, 2006) :

Søderberg : CE = 1,7 t CO₂/t Al produit;

Précuite : CE = 1,6 t CO₂/t Al produit.

Pour calculer les émissions de CO₂ résultant de la cuisson d'anodes (combustion des matières volatiles du brai et combustion de matériau de garniture de four à cuisson), on utilise les équations suivantes (AAC, 2002a) :

Équation 4-13 : Combustion de matières volatiles du brai

$$\text{Émissions CO}_2 (t) = (PAB - PAC - PH - DG) \times \left(\frac{44}{12}\right)$$

où :

PAB	=	poids de l'anode brute (t)
PAC	=	production d'anodes cuites (t)
PH	=	poids de l'hydrogène du brai (t) = %H ₂ /100 * TB/100 * PAB
H ₂	=	teneur en hydrogène du brai (% en poids)
CP	=	teneur moyenne en brai de l'anode brute (% en poids)
DG	=	déchets de goudron recueillis (t)
44/12	=	rapport entre le poids moléculaire du CO ₂ et le poids moléculaire du carbone

Équation 4-14 : Coke de garniture

$$\text{Émissions CO}_2 (t) = \left[CCG \times PAC \times \frac{(100 S_{cg} \text{Cendres}_{cg})}{100} \right] \times \left[\frac{44}{12} \right]$$

où :

CCG	=	consommation de coke de garniture (t de coke/t d'anodes cuites)
PAC	=	production d'anodes cuites (t)
S _{cg}	=	teneur en soufre du coke de garniture (% en poids)
cendres _{cg}	=	teneur en cendres du coke de garniture (% en poids)
44/12	=	rapport entre le poids moléculaire du CO ₂ et le poids moléculaire du carbone

Comme dans le cas de la consommation d'anodes, l'utilisation de l'Équation 4-13 et de l'Équation 4-14 avec des données réelles

Tableau 4-5 Valeur par défaut des paramètres de niveau 2 pour l'estimation des émissions de CO₂ dues à la consommation d'anodes

Paramètre	Valeurs industrielles types	Source
Consommation d'anodes précuites :		
Teneur en soufre des anodes cuites (% en poids) – S _a	2 %	IAI 2006
Teneur en cendres des anodes cuites (% en poids) – Cendres _a	0,4 %	IAI 2006
Fluor et autres impuretés (% en poids) – Imp _a	0,4 %	AAC 2002b
Pour la consommation de l'anode Søderberg :		
Émissions de matières solubles dans le benzène (kg/t Al) – MSB	SGH : 4,0 kg/ t Al SGV : 0,5 kg/ t Al *	IAI 2006
Teneur moyenne en liant de la pâte (% en poids) – TL	Pâte sèche : 24 % Pâte humide : 27 %	IAI 2006
Teneur en soufre du brai (% en poids) – Sp	0,6 %	IAI 2006
Teneur en cendres du brai (% en poids) – Cendresp	0,2 %	IAI 2006
Teneur en hydrogène du brai (% en poids) – H ₂	3,3 %	IAI 2006
Teneur en soufre du coke calciné (% en poids) – Sc	1,9 %	IAI 2006
Teneur en cendres du coke calciné (% en poids) – Cendresc	0,2 %	IAI 2006

* SGV = Søderberg à goujon vertical et SGH = Søderberg à goujon horizontal.

d'alumineries est considérée comme une méthode de niveau 3. Une méthode de niveau 2 consiste à appliquer, à ces équations, certaines données chiffrées combinées à des valeurs industrielles types. Le Tableau 4–6 présente les valeurs de niveau 2 particulières à cette industrie que les alumineries peuvent utiliser pour estimer les émissions de CO₂ provenant de la cuisson des anodes.

D'après une communication avec des représentants de l'industrie canadienne de l'aluminium¹⁶, l'une des trois sociétés alumières a élaboré ses estimations d'émissions de CO₂ provenant des procédés uniquement à partir de valeurs spécifiques à chaque aluminerie (niveau 3), tandis que les deux autres ont utilisé, dans leurs estimations pour certaines années du début de la série chronologique, les paramètres par défaut indiqués au Tableau 4–5 et au Tableau 4–6 ci-dessus.

À signaler que l'utilisation de coke de pétrole dans les anodes pour la production d'aluminium a également été déclarée par Statistique Canada avec toutes les autres utilisations de coke de pétrole à des fins non énergétiques. Pour éviter le dédoublement des calculs, les émissions de CO₂ imputables à la consommation des anodes dans le procédé de fusion de l'aluminium ont donc été soustraites des émissions totales non énergétiques imputables à la consommation de coke de pétrole.

Calcul des émissions de PFC :

Le CF₄ et le C₂F₆ émis durant l'effet d'anode peuvent être calculés par les alumineries au moyen de l'équation de pente ou de l'équation de Pechiney (méthode de surtension), selon la technologie de l'aluminerie (AAC, 2002a) :

Équation 4–15 : for Slope MetÉquation de pente

$$\text{Émissions PFC (t d'eq. CO}_2\text{)} = \frac{\text{pente} \times \text{FEA} \times \text{DEA} \times \text{PM} \times \text{PRP}}{1000}$$

où :

Pente	=	pente (pour le CF ₄ ou le C ₂ F ₆) de la relation d'émission ([kg PFC/t Al]/[EA minutes/jour cellule])
FEA	=	nombre d'effets d'anode par jour cellule (EA/jour cellule)
DEA	=	durée de l'effet d'anode (en minutes)
PM	=	production totale d'aluminium (t)
PRP	=	potentiel de réchauffement planétaire pour le CF ₄ ou le C ₂ F ₆

Équation 4–16 : Méthode de surtension de Pechiney

$$\text{Émissions PFC (t d'eq. CO}_2\text{)} = \frac{\text{coefficient de surtension} \times \text{SEA/EC} \times \text{PRP} \times \text{PM}}{1000}$$

où :

coefficient de surtension	=	([kg PFC/t Al]/[mV/jour cellule])
SEA	=	surtension d'effet d'anode (mV/jour cellule)
EC	=	efficacité du courant du procédé de production d'aluminium, exprimée sous forme de pourcentage
PRP	=	potentiel de réchauffement planétaire pour le CF ₄ ou le C ₂ F ₆
PM	=	production totale d'aluminium (t)

L'utilisation des équations ci dessus, parallèlement aux données sur les procédés effectifs pour estimer les émissions de PFC, est considérée comme une méthode de niveau 3. La technique d'estimation est considérée comme étant de niveau 2 lorsque les coefficients par défaut illustrés au Tableau 4–7 (IAI, 2006) sont utilisés avec les paramètres d'exploitation propres à chaque fondrie. Dans une approche de niveau 2, on estime d'abord les émis-

16 Chaput P. et Dubois C., 2007. Communication personnelle (courriels de P. Chaput et C. Dubois à A. Au, DGES, datés du 12 octobre 2007). Association de l'aluminium du Canada et Alcoa.

Tableau 4–6 Valeur par défaut des paramètres de niveau 2 pour l'estimation des émissions de CO₂ dues à la cuisson d'anodes

Paramètre	Valeurs industrielles types	Source
Combustion de matières volatiles du brai :		
Teneur en hydrogène du brai (% en poids) – H ₂	0,5 %	IAI 2006
Déchets de goudron recueillis (t) – DG	Pour les fours Riedhammer seulement; les autres ont des valeurs négligeables	IAI 2006
Coke de garniture :		
Consommation de coke de garniture (t de coke/t d'anodes cuites) – CCG	0,015 t/ t	IAI 2006
Teneur en soufre du coke de garniture (% en poids) – S _{cg}	2 %	IAI 2006
Teneur en cendres du coke de garniture (% en poids) – Cendres _{pc}	2,5 %	IAI 2006

Tableau 4-7 Coefficients par défaut de pente et de surtension, approche de niveau 2 (IAI, 2006)

Type de cellule	Coefficients de surtension du CF ₄ ([kg PFC/t Al] / [AE minutes/jour cellule])	Coefficients de surtension du CF ₄ ([kg PFC/t Al]/[mV/jour cellule])	Fraction de poids CF ₄ / C ₂ F ₆
Anode précuite du centre de la cellule	0,143	1,16	0,121
Anode précuite du côté de la cellule	0,272	3,65	0,252
Søderberg – Goujon vertical	0,092	SO	0,053
Søderberg – Goujon horizontal	0,099	SO	0,085

Note : SO = sans objet

Tableau 4-8 Coefficients d'émission pour les PFC

Type de cellule	Coefficients d'émission (kg PFC/t Al)	
	CF ₄	C ₂ F ₆
Anode précuite du centre de la cellule	0,4	0,04
Anode précuite du côté de la cellule	1,6	0,4
Søderberg – Goujon vertical	0,8	0,04
Søderberg – Goujon horizontal	0,4	0,03

sions de CF₄ à partir des coefficients de pente ou de surtension, au moyen de l'Équation 4-15 et de l'Équation 4-16. On calcule ensuite les émissions de C₂F₆ en multipliant les estimations de CF₄ par la fraction de poids CF₄/C₂F₆.

Lorsqu'elles ne disposent que de statistiques sur la production (c. à d. qu'elles ne disposent d'aucune donnée sur la fréquence de l'effet d'anode, sur sa durée ou sa surtension, les alumineries peuvent alors utiliser les coefficients d'émission de niveau 1 qui figurent au Tableau 4-8 (IAI, 2006).

D'après des renseignements récents fournis par l'industrie canadienne de l'aluminium¹⁷, une des trois sociétés alumières a élaboré ses estimations d'émissions de PFC associées aux procédés uniquement à partir de valeurs spécifiques à chaque aluminerie (niveau 3), tandis que les deux autres ont utilisé, dans leurs estimations pour les premières années de la série chronologique, les paramètres par défaut indiqués au Tableau 4-7 et au Tableau 4-8 ci dessus.

Calcul des émissions de SF₆ :

D'après les documents méthodologiques fournis par l'AAC, les émissions de SF₆ équivalent à la consommation dans l'industrie de l'aluminium. Cette méthode est conforme aux lignes directrices du GIEC – version révisée 1996 (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

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

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de la production d'aluminium (pour les estimations des émissions de CO₂, de PFC et de SF₆). On y a tenu compte des incertitudes associées à tous les paramètres utilisés dans les équations ci dessus. La section Méthodologie de l'*Aluminum Sector Greenhouse Gases Protocol*, publié par l'IAI (IAI, 2006), a été la principale source de valeurs d'incertitude liées aux paramètres. Les valeurs d'incertitudes associées aux estimations des émissions de CO₂, de PFC et de SF₆ étaient de $\pm 7\%$, $\pm 9\%$ et $\pm 3\%$, respectivement. Pour les estimations de CO₂ et de PFC, il convient de noter que l'évaluation de l'incertitude n'a été effectuée que pour une année de la série chronologique (2006 pour le CO₂ et 2007 pour les PFC). On pense que les incertitudes liées aux estimations des récentes années devraient être similaires, tandis que celles des estimations des rapports qui remontent à plus longue date devraient être légèrement plus élevées. Pour l'estimation des émissions de SF₆, on a présumé que l'incertitude était la même que pour la catégorie du moulage du magnésium, puisque la méthode utilisée pour obtenir les estimations des émissions de SF₆ est la même pour la production d'aluminium et le moulage du magnésium.

On a toujours eu recours à l'AAC comme source de données sur les estimations mentionnées dans cet inventaire sur toute la série chronologique. La méthode appliquée par les alumineries peut être de niveau 3, de niveau 2 ou de niveau 1, selon les données disponibles. Toutefois, depuis quelques années, toutes les alumineries utilisent une méthode de niveau 3 pour estimer leurs émissions.

17 – Chaput P., 2007. Communication personnelle (courriel de P. Chaput à A. Au, DGES, daté du 12 octobre 2007). Association de l'aluminium du Canada.

4.17.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

Les émissions de CO₂ et de PFC attribuables à la production d'aluminium étaient des catégories principales qui ont fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (annexe 6). Les contrôles effectués étaient conformes aux Procédures de CQ pour inventaire général de niveau 1 qui figurent dans les recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Aucun problème d'importance n'a été décelé lors des contrôles de qualité de niveau 1.

4.17.5. Recalculs par catégorie

La valeur de production de 2011 pour l'usine de Kimitat a été mise à jour.

4.17.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie.

4.18. Production et moulage de magnésium (catégories 2.C.4.2 et 2.C.5.1 du CUPR)

4.18.1. Description de la catégorie de source

La production et le moulage de magnésium émettent du SF₆, qui est utilisé comme gaz de couverture pour prévenir l'oxydation des métaux en fusion. Même s'il est émis en quantités relativement faibles, le SF₆ est un GES extrêmement puissant avec un PRP de 23 900 sur 100 ans. Le SF₆ n'est pas fabriqué au Canada, mais uniquement importé.

Au cours de la période 1990-2006, il y avait deux grands producteurs de magnésium au Canada : Norsk Hydro et Timminco Metals. Norsk Hydro a fermé ses portes pendant le premier trimestre de 2007. Un autre producteur, Métallurgie Magnola, a existé entre 2000 et 2003, mais a cessé ses activités en avril 2003. Entre 1990 et 2004, Norsk Hydro a investi dans des projets de recherche et développement afin de trouver un produit de remplacement au SF₆, et d'éliminer, à terme, l'utilisation du SF₆ comme gaz de couverture dans son usine¹⁸. Cette recherche et l'utilisation de mélanges de gaz de remplacement ont permis de réduire considérablement les émissions de SF₆ entre le milieu et la fin des années 1990. Pendant la période 2005-2007, les

émissions de SF₆ de Norsk Hydro ont sensiblement diminué à la suite du ralentissement progressif de la production et de la fermeture de l'usine (en 2007). Timminco a également cessé ses activités en août 2008.

Il y avait 11 usines de moulage de magnésium en service durant la période 1990-2004 (Cheminfo Services, 2005b). Seules quelques unes ont utilisé du SF₆ chaque année durant cette période. Certaines fonderies se sont mises à utiliser du SF₆ vers le milieu ou la fin des années 1990, alors que d'autres l'ont remplacé par le SO₂. Deux usines ont cessé leurs activités de moulage ces dernières années. De 2005 à 2008, seules sept usines étaient en service et utilisaient encore du SF₆. Deux entreprises ont cessé leurs activités de moulage du magnésium à différentes périodes de 2009 (l'une en juin et l'autre en décembre). En 2010, une autre usine a déménagé aux États-Unis.

4.18.2. Questions de méthodologie

Les données relatives aux émissions de SF₆ imputables à la production de magnésium entre 1999 et 2007 ont été directement déclarées par les entreprises (Norsk Hydro, Timminco Metals et Métallurgie Magnola Inc.) en application d'un programme de déclaration obligatoire des émissions appelé Inventaire national des rejets de polluants (INRP). Les estimations des émissions utilisées dans ce rapport proviennent de la base de données en ligne de l'INRP (http://www.ec.gc.ca/pdb/querysite/query_f.cfm). Les producteurs ont fourni volontairement les données des années antérieures (1990-1998), par téléphone, à la section des GES. Étant donné que Timminco n'a déclaré aucune donnée pour 2008, la valeur de ses émissions de SF₆ pour 2008 a été estimée à partir des données de 2007 et des données pour un certain nombre de mois pendant lesquels ses installations étaient en opération en 2008 (soit sept mois). À partir de 2009, il n'était plus nécessaire de recueillir de données, puisque plus aucune installation ne produisait du magnésium au Canada.

En 2006, on a contacté les représentants de Norsk Hydro et de Timminco afin de mieux comprendre la méthode utilisée pour estimer les émissions de SF₆. Les deux sociétés ont déclaré avoir utilisé la méthode par défaut du GIEC (Émissions de SF₆ = Consommation de SF₆), précisée dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux (GIEC, 2000). Elles avaient cependant utilisé différentes méthodes pour estimer leur consommation de SF₆. Norsk Hydro a confirmé avoir utilisé la méthode de différence de poids¹⁹. Cette méthode est basée sur la mesure du poids des bonbonnes de gaz utilisées à l'usine au moment de leur achat et au moment où elles sont retournées aux fournisseurs après l'utilisation. Timminco a déclaré avoir utilisé la méthode de comptabilisation, selon laquelle on comptabilise les

18 Laperrière J. 2004. Communication personnelle (courriel de J. Laperrière à A. Au, DGES, daté du 27 octobre, 2004). Norsk Hydro.

19 Laperrière J. 2004. Communication personnelle (courriel de J. Laperrière à A. Au, DGES, daté du 27 octobre, 2004). Norsk Hydro.

achats livrés et les changements dans l'inventaire du SF₆ utilisé²⁰. Les achats doivent correspondre aux volumes réels reçus pour la période en question et, par conséquent, les inventaires de début et de fin d'année doivent être pris en considération.

La technique utilisée pour estimer les émissions imputables à la production de magnésium est considérée comme une méthode de niveau 3, car elle repose sur la déclaration des données relatives aux émissions par chaque usine.

Pour calculer les émissions de SF₆ des fonderies, les Lignes directrices de 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC/OCDE/AIE, 1997) proposent une équation générale qui présume que la totalité de SF₆ utilisé comme gaz de couverture est rejetée dans l'atmosphère. Pour estimer les émissions de SF₆ pour la période 1990-2004 à partir de cette équation, on a tenté, dans le cadre d'une étude réalisée en 2005 (Cheminfo Services, 2005b), de recueillir des données sur la consommation de SF₆ par les usines de moulage. Deux usines ont affirmé ne pas conserver d'archives sur leur consommation passée de SF₆. C'est pourquoi, pour estimer la consommation de SF₆ pour l'ensemble de la série chronologique, on a utilisé les résultats d'une étude préalable (Cheminfo Services, 2002) parallèlement aux données provenant de l'étude de Cheminfo Services (2005b) et quelques hypothèses. On a présumé que la consommation des fonderies qui ne disposaient de données sur le SF₆ que pour une seule année, était demeurée constante pendant les autres années d'exploitation. On a procédé à l'interpolation linéaire entre deux points de données pour estimer la consommation de SF₆ des fonderies qui disposaient de données pluriannuelles durant les autres années.

Pour 2005-2007, des données sur la consommation ont été fournies sur une base volontaire par les sept usines de moulage en service. Elles ont servi à calculer les émissions. Pour 2008, des données ont également été fournies sur une base volontaire par six des sept usines de moulage en service. En ce qui concerne la septième installation, on a présumé que sa consommation de SF₆ en 2008 n'avait pas changé par rapport à 2007. Cependant, des données ont pu être recueillies pour 2009 auprès des sept entreprises. Deux d'entre elles, qui ont cessé leurs activités de moulage du magnésium en 2009, n'étaient pas en mesure de déclarer leur utilisation de SF₆ en 2009, mais ont fourni des hypothèses raisonnables qui pouvaient servir à estimer l'utilisation de SF₆ pour 2009. Les cinq autres installations ont fourni des données sur l'utilisation de SF₆ pour 2009. Elles n'ont fourni aucune donnée pour 2010 ou 2011. Les données de consommation de SF₆ déclarées pour 2009 ont donc été utilisées pour 2010 et 2011.

La technique utilisée pour estimer les émissions imputables au moulage de magnésium pour 1990-2004 et 2008-2009 est considérée comme une méthode modifiée de niveau 3, car elle repose

sur la déclaration des données relatives aux émissions par chaque usine. La méthode utilisée est considérée comme étant de niveau 3 pour les années 2005-2007.

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

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de moulage du magnésium. On y a pris en compte l'incertitude associée aux données sur le SF₆ déclarées par chaque installation. Dans l'ensemble, le degré d'incertitude pour cette catégorie a été estimé à $\pm 4,0\%$. Il convient de noter que l'évaluation de l'incertitude ne portait que sur une année de la série chronologique (2007). Ainsi, on présume que l'estimation des émissions des années plus récentes (après 2005) présenterait un degré d'incertitude similaire, tandis que l'estimation des émissions qui remontent à des années plus lointaines afficherait un degré d'incertitude légèrement plus élevé.

La dernière usine de production de magnésium ayant fermé ses portes en août 2008, il s'est révélé difficile d'obtenir les données nécessaires à l'évaluation de l'incertitude de niveau 1 pour la catégorie de production de magnésium. Par conséquent, comme la même méthode d'estimation des émissions (émissions = consommation de SF₆) a été utilisée pour les catégories de moulage du magnésium et de production de magnésium, on a présumé que les deux catégories présenteraient un degré d'incertitude ($\pm 4,0\%$) semblable.

La provenance des données reste cohérente tout au long de la série chronologique. La méthodologie, qui établit une équivalence entre la consommation de SF₆ comme gaz de couverture par les fonderies de magnésium et les émissions de SF₆, est appliquée à toute la série chronologique moyennant certaines hypothèses pour certaines années, comme on l'a vu dans la section sur la méthodologie.

4.18.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

La production de magnésium et le moulage du magnésium font tous deux l'objet de contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (annexe 6). Les contrôles étaient conformes aux procédures de CQ générales de niveau 1 pour les inventaires qui figurent dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux (GIEC, 2000). Aucun problème d'importance n'a été décelé lors des contrôles de qualité de niveau 1.

²⁰ Katan R. 2006. Communication personnelle (courriels de R. Katan à A. Au, DGES, datés du 16 au 22 mars 2006). Timminco.

4.18.5. Recalculs par catégorie

De nouveaux calculs ont été effectués dans la sous catégorie de moulage du magnésium pour tenir compte de nouveaux renseignements concernant le transfert des activités d'une usine aux États-Unis en 2010 (ayant une incidence sur les émissions de 2010 et de 2011) et pour tenir compte de l'extrapolation (en fonction du PIB) des estimations d'une autre usine pour 2010 et 2011 à partir de l'estimation de 2009.

4.18.6. Améliorations prévues par catégorie

On s'efforcera d'obtenir des données à jour sur la consommation de SF₆ dans le moulage du magnésium.

4.19. Production d'halocarbures (catégorie 2.E du CUPR)

4.19.1. Description de la catégorie de source

Le chlorodifluorométhane (HCFC-22 ou CHClF₂) est le produit de la réaction du chloroforme (CHCl₃) avec le fluorure d'hydrogène (HF), en présence de pentachlorure d'antimoine (SbCl₅), qui agit comme catalyseur. La fabrication du HCFC-22 génère un sous produit, le trifluorométhane (HFC-23 ou CHF₃) (GIEC, 2002).

Cette réaction se fait dans un réacteur à débit continu, généralement à haute pression (jusqu'à 500 lb/po²) et à des températures de l'ordre de 45 °C à 200 °C. Bien qu'il s'agisse d'une réaction exothermique, on ajoute de la chaleur pour accroître le débit des vapeurs qui sortent du réacteur. Le flux de vapeur contient du HCFC-22 (CHClF₂), du HFCF-21 (CHCl₂F), du HFC-23 (CHF₃), du HCl, un excédent de CHCl₃, du HF et du catalyseur entraîné. Le traitement subséquent du flux de vapeur comporte plusieurs étapes de séparation visant à éliminer ou récupérer les sous produits et à purifier le HCFC-22. Le chloroforme inaltéré, le catalyseur entraîné, et les intermédiaires sous fluorés (le HCFC-21, par exemple) contenus dans le flux de vapeur sont condensés et ramenés dans le réacteur. Le principal point d'émission de HFC-23 est l'évent du condenseur, où le HFC-23 est rejeté dans l'atmosphère après avoir été séparé du HCFC-22 (GIEC, 2002).

Deux producteurs de HCFC-22 (Dupont Canada et Allied Signal) avaient des activités au Canada au cours de la décennie 1980 et au début de la décennie suivante. Ils ont cessé de produire du HCFC-22 entre 1990 et 1993. D'après les registres de données transférés de la Section de l'utilisation des produits et de l'application de contrôles (SUPAC) d'Environnement Canada à la Division des GES, Dupont Canada a produit du HCFC-22 en 1989, mais aucune quantité après 1990. Allied Signal n'a soumis à la

SUPAC que ses données sur la production pour la période 1990 1992, parce qu'elle a cessé cette activité en 1993²¹.

Le HCFC-22 peut servir de frigorigène, de composant de mélange pour le gonflement de mousse et de charge d'alimentation pour la fabrication de polymères synthétiques (GIEC, 2002). Toutefois, à cause de ses capacités d'appauvrissement de l'ozone, les pays industrialisés ont programmé l'élimination du HCFC 22 au cours des années à venir. Au Canada, la fabrication et l'importation d'équipement contenant du HCFC 22 ont cessé le 1er janvier 2010 (HRAI, 2008).

4.19.2. Questions de méthodologie

Pour estimer les émissions de HFC-23 associées à la production de HCFC-22, on a multiplié la production totale de HCFC 22 par le facteur d'émission de niveau 1 du GIEC, soit 0,04 t HFC 23/t HCFC 22 produite (GIEC/OCDE/AIE, 1997). On a supposé que la destruction (par oxydation thermique) ou la transformation du HFC 23 ne se pratiquait pas au Canada. La SUPAC a recueilli des données de production pour 1990 1992 auprès des producteurs de HCFC¹⁹²².

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

On n'a pas mesuré l'incertitude relative aux estimations des émissions de HFC-23. Cependant, on croit que les données sur la production soumises par les producteurs de HCFC-22 étaient raisonnablement précises. La principale source d'incertitude pourrait être le facteur d'émission par défaut de niveau 1, car la corrélation entre la quantité des émissions de HFC-23 et la cadence de production du HCFC-22 peut varier selon l'infrastructure de l'usine et les conditions d'exploitation (GIEC, 2002).

4.19.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

Des vérifications informelles (portant notamment sur la transcription des données, les calculs et les conversions d'unités) ont été effectuées sur la catégorie de la production de HCFC 22. Aucun problème d'importance n'a été décelé.

4.19.5. Recalculs par catégorie

Aucun recalcul n'a été effectué à l'égard de cette catégorie.

21 Bovet Y. 2007. Communication personnelle (courriel de Y. Bovet. à A. Au, DGE, daté du 8 novembre 2007). Environnement Canada, SUPAC.

22 Bovet Y. et Y. Guilbault. 2004 2006. Communications personnelles (courriels de Y. Bovet et de Y. Guilbault à A. Au, DGE, de 2004 à 2006), SUPAC.

4.19.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie.

4.20. Consommation d'halocarbures (catégorie 2.F du CUPR)

Les hydrofluorocarbures (HFC) et, dans une mesure très limitée, les perfluorocarbures (PFC) servent de produits de remplacement des substances appauvrissant la couche d'ozone qui font l'objet d'une élimination aux termes du Protocole de Montréal. Les principaux champs d'utilisation des HFC et des PFC sont la réfrigération et la climatisation, l'extinction des incendies, les aérosols, le dégraissage aux solvants, l'injection de mousse et d'autres applications (notamment la fabrication de semi-conducteurs dans le cas des PFC).

Avant que l'interdiction de produire et d'utiliser des CFC n'entre en vigueur en 1996 dans la foulée du Protocole de Montréal, on produisait et utilisait très peu de HFC. Les seuls HFC produits étaient le HFC-152a, une composante du mélange frigorigène R 500, et le HFC-23, un sous produit de la production de HCFC-22 (voir la section précédente). Ainsi, les émissions imputables à la consommation de HFC sont jugées négligeables pour la période 1990-1994. La production de HFC-134a a débuté en 1991, et on produit aujourd'hui divers autres HFC (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Tous les HFC consommés au Canada sont importés en vrac ou sous forme de produits (comme les réfrigérateurs). Il n'y a pas de production connue de HFC au Canada.

Les PFC servent surtout d'agents réfrigérants dans des segments de marché spécialisés et dans le domaine des essais de sécurité électronique. Cependant, les émissions attribuables à la consommation de PFC sont mineures par rapport aux émissions de PFC imputables à la production d'aluminium (voir la section sur la production d'aluminium). Comme les HFC, les PFC consommés au Canada sont importés en vrac ou sous forme de produits. Il n'y a aucune installation de fabrication de PFC connue au Canada.

4.20.1. Questions de méthodologie

Les estimations des émissions de HFC en 1995 reposent sur les données recueillies dans le cadre de l'Enquête préliminaire sur les HFC réalisée par la SUPAC d'Environnement Canada en 1996. Environnement Canada a revu et corrigé les enquêtes ultérieures pour obtenir des données plus détaillées sur les activités. Les enquêtes sur les HFC menées en 1998, 1999, 2001 et 2005 sont la source des données sur les activités qui ont servi à estimer les émissions pour la période 1996-2000 et pour 2004 (courriels de Y.

Bovet et Y. Guilbault, 2004-2006)²³. Dans certains cas, on a mené une enquête pour recueillir des données sur deux années. Les données sur les ventes de HFC pour 2001-2003 ont été recueillies en 2005 auprès des principaux importateurs de HFC au Canada (Cheminfo Services, 2005c). Ces données ont été ventilées par segment du marché pour pouvoir déterminer la quantité totale utilisée dans chaque type d'application.

Les données sur l'importation et la vente de HFC pour 2005-2010²⁴ ont été déclarées à la Division des GES sur une base volontaire. Au cours de ce processus de déclaration, la Division des GES a envoyé des demandes de données aux principaux importateurs de HFC en vrac ainsi qu'aux entreprises qui importent ou exportent des produits contenant des HFC. Pour 2009, la liste de distribution pour la collecte de données a été élargie, depuis que la Division a pris conscience de la présence d'autres joueurs sur le marché (soit des importateurs de HFC en vrac ou des importateurs/exportateurs d'articles contenant des HFC) en examinant les données d'importation de HFC recueillies par Agence des services frontaliers du Canada (ASFC)²⁵.

Pour 2011, aucune donnée sur les HFC n'a été recueillie sur une base volontaire, car on prévoyait que de telles données pourraient être obtenues plus tard dans le cadre d'une initiative entreprise aux termes de l'article 71 de la LCPE (rapports environnementaux obligatoires). Cette initiative, qui est en cours, permettrait de recueillir des données sur l'importation et la distribution de HFC en vrac de 2008 à 2012. En ce qui concerne les émissions de HFC de 2011 et de 2012, une ligne de tendance a été utilisée pour extrapoler les valeurs de consommation pour ces deux années, à partir de la tendance observée au cours de ces années. L'estimation des émissions de HFC pour les années 2011 et 2012 a été effectuée en utilisant la méthodologie appliquée pour la période de 1995 à 2010.

Quant aux données sur les importations et les exportations de produits contenant des HFC, lorsqu'on ne pouvait obtenir de données auprès des entreprises, on a présumé que les quantités non déclarées étaient les mêmes que celles des années les plus récentes pour lesquelles des données étaient disponibles, ou on a fait une extrapolation linéaire des données. Par exemple, pour l'année 1995, aucune donnée n'était disponible sur les quantités de HFC dans les produits importés et exportés, à l'exception des véhicules importés et exportés. Ainsi, on a présumé que les

23 Bovet Y. et Y. Guilbault. 2004-2006. Communications personnelles (courriels de Y. Bovet et de Y. Guilbault à A. Au, DGE, de 2004 à 2006). SUPAC.

24 Sauf pour 2010, les données recueillies par la Division des GES sur les HFC en vrac portaient uniquement sur les « ventes ». Cependant, comme le Canada ne produit pas de HFC actuellement et que les exportations sont minimes, les valeurs des importations devraient théoriquement se rapprocher de celles des ventes. En fait, les valeurs des importations ont été ajoutées aux données recueillies pour 2010 afin de vérifier les valeurs des ventes.

25 Il convient de noter que les données sur les HFC de l'ASFC ne peuvent être utilisées aux fins de l'inventaire des GES, puisque ces données sont recueillies et classées selon trois types : HFC 134a, HFC 152a et autres. De plus, les données ne sont pas présentées par type d'utilisation. Cependant, les données propres à chaque entreprise compilées par l'ASFC servent à élargir la liste de distribution pour la collecte de données sur les HFC effectuée par la Division des GES et à contre vérifier les données fournies à la Division.

quantités de HFC de 1995 contenues dans les produits importés et exportés étaient nulles. Pour 1999–2003, ces quantités sont le résultat d'une extrapolation linéaire à partir des données disponibles pour 1998 et 2004. Dans le même ordre d'idée, la liste de distribution pour la collecte de données sur les articles contenant des HFC a été élargie pour les données de 2009, et utilisée pour la collecte de données de 2010.

Faute de données détaillées sur les HFC en 1995, on n'a pu utiliser la méthode d'estimation de niveau 2 du GIEC. En revanche, on s'est servi d'une méthode de niveau 1 modifiée pour obtenir une estimation représentative des émissions effectives de HFC en 1995 pour les groupes suivants : aérosols, mousses, fabrication d'appareils de climatisation, entretien des systèmes de climatisation, réfrigération, systèmes d'extinction par saturation. Pour estimer les émissions de HFC à l'échelle nationale en 1996–2008, on a utilisé une méthode de niveau 2 du GIEC. Une description plus détaillée des méthodes de niveaux 1 et 2 utilisées est donnée dans les sous sections qui suivent.

Une fois estimées, les émissions de HFC à l'échelle nationale ont été réparties par province et territoire selon des variables substitutives, telles que le nombre de ménages et le produit brut pour les secteurs de l'hébergement et des services de restauration, de la réfrigération commerciale et de la réfrigération résidentielle. Des renseignements détaillés sur les variables substitutives et les hypothèses utilisées peuvent être fournis sur demande.

La méthode de niveau 2 du GIEC a servi à estimer les émissions imputables à la consommation de PFC durant les années 1995–2011. La description détaillée de cette méthode est donnée dans les sous sections qui suivent. Les données sur les activités de la période 1995–2000 proviennent des enquêtes sur les PFC menées en 1998 et 2001 par Environnement Canada. Comme il n'existait pas de données pour la période 2001–2004, les émissions ont été estimées, dans l'ensemble, en partant de l'hypothèse que les quantités utilisées dans diverses applications étaient demeurées constantes depuis 2000. La Division des GES a recueilli des données sur les PFC pour la période de 2003–2007 auprès des grands distributeurs de PFC en 2008 et 2009. Leurs données ont alors été intégrées aux données existantes sur la consommation de PFC. Les données des grands distributeurs sur la consommation de PFC en 2008 et 2009 ont été recueillies en 2009 et 2010. Il n'y a pas eu de collecte de données sur la consommation de PFC en 2010 et en 2011; à la place, on a fait une extrapolation à partir de celles de 2009 en utilisant les données de production brute de 2009 et 2010 des secteurs économiques concernés. Ces données sur la consommation de PFC ont servi à estimer les émissions. La médiocre réponse des entreprises consommatrices de PFC à la collecte de données a conduit à recueillir celles-ci auprès des grands distributeurs de PFC.

4.20.1.1. Estimations des émissions de HFC pour 1995

Les sous sections qui suivent contiennent des explications sur les coefficients d'émission et les hypothèses utilisés pour élaborer les estimations des émissions de HFC de 1995 pour les groupes suivants : climatisation MOE, entretien de l'équipement de climatisation, réfrigération, injection de mousse, aérosols importés et systèmes d'extinction par saturation.

Fabrication d'appareils de climatisation

Pour estimer les émissions provenant des systèmes de climatisation et de leurs fabricants, les lignes directrices révisées du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997) proposent un taux de perte de 2 % à 5 %. Pour le Canada, on a présumé un taux de 4 %.

Entretien de l'équipement de climatisation

Puisqu'on a présumé que la majeure partie de l'utilisation de HFC dans le domaine de la climatisation était principalement imputable au remplacement des pertes en cours de fonctionnement, un taux de perte de 100 % a été appliqué.

Réfrigération

On a présumé que la totalité des systèmes de réfrigération au Canada appartiennent à la catégorie secteur commercial et industriel, étant donné qu'il s'agit de la source d'émission dominante. On a présumé en outre que les HFC déclarés dans la catégorie des systèmes de réfrigération représentent la quantité utilisée pour le chargement initial et le rechargement ultérieur des équipements. Cependant :

Équation 4–17 :

$$HFC(\text{réfrig}) = \text{charge} + \text{perte de fonctionnement}$$

Selon le GIEC, les pertes de fonctionnement sont d'environ 0,17 (charge) (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Si l'on suppose que la charge totale reste constante à court terme :

$$HFC(\text{réfrig}) = \text{charge} + 0,17 (\text{charge}) = 1,17 (\text{charge})$$

ou

$$\text{Charge} = \frac{HFC(\text{réfrig})}{1,17}$$

Si l'on présume que les fuites à l'assemblage sont minimales:

$$\text{Émission} = \text{perte de fonctionnement} = 0,17(\text{charge})$$

Ainsi,

Équation 4-18 :

$$Émission = 0,17 \times \left(\frac{HFC(\text{réfrig})}{1,17} \right)$$

Injection de mousse

Pour 1995, on a supposé que tout le gonflement de mousse était du type à alvéoles ouvertes. Ainsi, un coefficient d'émission de 100 % a été appliqué.

Produits aérosols

Dans le cas des aérosols, le guide des bonnes pratiques du GIEC (GIEC, 2000) propose un FE par défaut de 50 % de la charge initiale par an. On a supposé que la production de 1994 équivalait à 50 % de celle de 1995. Par conséquent, les émissions survenues en 1995 d'aérosols fabriqués en 1994 équivalaient à environ 25 % de la consommation de 1995. On a donc appliqué un facteur de 80 % à la consommation de 1995 pour estimer les émissions de HFC attribuables aux aérosols en 1995.

Extinction des incendies – Systèmes d'extinction par saturation

Pour 1995, on a supposé que tout l'équipement d'extinction des incendies dans lequel des HFC avaient été introduits consistait en des systèmes d'extinction par saturation. On a donc appliqué un facteur de 35 % (GIEC/OCDE/AIE, 1997) pour en estimer les émissions de HFC.

4.20.1.2. Estimations des émissions de HFC de 1996 à 2011 et de PFC de 1995 à 2009

Les sous sections qui suivent contiennent des explications sur les coefficients d'émission et les hypothèses utilisés pour élaborer les estimations des émissions de HFC pour 1996–2011 et de PFC pour 1995–2009.

Assemblage des systèmes de réfrigération et de climatisation

On a utilisé l'équation ci dessous, qui se trouve dans les lignes directrices révisées du GIEC de 1996 (GIEC/OCDE/AIE, 1997) pour estimer les émissions durant l'assemblage de systèmes de réfrigération résidentiels et commerciaux et de systèmes de climatisation fixes et mobiles :

Équation 4-19 :

$$E_{\text{assemblage}} = \text{Charge}_t \times k$$

où :

$E_{\text{assemblage}, t}$	=	quantité d'émissions t au cours de la fabrication et de l'assemblage du système durant l'année
Charge_t	=	quantité de réfrigérant t chargé dans les nouveaux systèmes durant l'année
k	=	pertes à l'assemblage en pourcentage de la quantité chargée

La valeur de k a été choisie parmi une plage de valeurs fournies pour chaque catégorie d'équipement dans les lignes directrices révisées du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997) (Tableau 4-9).

Fuites annuelles

L'équation qui suit, provenant des lignes directrices du GIEC (GIEC/OCDE/AIE 1997), a servi à calculer les émissions de HFC et de PFC imputables aux fuites :

Équation 4-20 :

$$E_{\text{fonctionnement}, t} = \text{Stock}_t \times x$$

où :

$E_{\text{fonctionnement}, t}$	=	quantité t de HFC/PFC émise durant le fonctionnement du système au cours de l'année
Stock_t	=	quantité t de HFC/PFC stockée dans les systèmes existants au cours de l'année
x	=	taux annuel de fuite en pourcentage de la charge totale de HFC/PFC en stock

Tableau 4-9 Pourcentage des pertes d'assemblage de la quantité chargée (k) pour diverses applications

Aux fins de l'estimation des HFC		Aux fins de l'estimation des PFC	
Type d'application	Valeur de k (%)	Type d'application	Valeur de k (%)
Réfrigération résidentielle	2,0	Réfrigération (y compris à températures ultrabasses)	3,5
Réfrigération commerciale	3,5	Climatiseurs stationnaires	3,5
Climatiseurs stationnaires	3,5	Climatiseurs mobiles	4,5
Climatiseurs mobiles	4,5		

L’expression « Stock t » comprend la quantité de HFC ou de PFC contenue dans l’équipement fabriqué au Canada, celle dans l’équipement importé et la quantité de HFC utilisée pour l’entretien de l’équipement et exclut la quantité de HFC/PFC dans l’équipement exporté. On a présumé qu’aucune fuite ne survient l’année de fabrication. Les lignes directrices du GIEC, version révisée de 1996 (GIEC/OCDE/AIE, 1997) proposent une plage de valeurs pour le taux annuel de fuite (x) pour chacune des catégories d’équipements. Le taux annuel de fuite retenu pour chaque catégorie est illustré au Tableau 4–10.

Élimination des systèmes

On a présumé qu’il n’y avait pas eu d’émissions de HFC ni de PFC dues à l’élimination de systèmes de réfrigération et de climatisation fixes entre 1995 et 2009, étant donné que ces systèmes ont une durée de vie de à 15 ans (valeur par défaut du GIEC) et que l’utilisation des HFC n’a débuté qu’en 1995. En ce qui concerne l’élimination de systèmes de climatisation mobiles ayant une durée de vie légèrement plus courte, soit de 12 ans, (valeur moyenne par défaut du GIEC), étant donné qu’aucune technologie de récupération et de recyclage n’était en place, on a présumé que la quantité totale des substances contenues dans les systèmes fabriqués en 1995 serait émise en 2008. Il s’agit d’une hypothèse prudente, car le rejet de HFC est actuellement interdit en vertu de divers règlements au Canada.

Injection de mousse

On s’est servi de la méthode de niveau 2 du GIEC figurant dans les lignes directrices du GIEC (GIEC/ OCDE/AIE, 1997) pour estimer les émissions de HFC (1996-2011) et de PFC (1995-2009) imputables à l’injection de mousse. Les mousses sont regroupées en deux grandes catégories : les mousses à alvéoles ouvertes et les mousses à alvéoles fermées.

Injection de mousse à alvéoles ouvertes

Lors de la production de mousses à alvéoles ouvertes, la totalité des HFC utilisés sont rejetés (GIEC/OCDE/AIE, 1997). On ne connaît aucun cas d’utilisation de PFC dans l’injection de mousse à alvéoles ouvertes. Les catégories de mousses à alvéoles ouvertes qui rejettent des HFC sont les suivantes:

- rembourrage - automobiles;
- rembourrage - autres;
- emballage - aliments;
- emballage - autres;
- autres utilisations des mousses.

Injection de mousse à alvéoles fermées

Au cours de la production de mousses à alvéoles fermées, environ 10 % des HFC et des PFC utilisés sont rejetés (GIEC/OCDE/AIE, 1997). La quantité résiduelle est piégée dans la mousse et rejetée lentement pendant environ 20 ans. L’équation de niveau 2 du GIEC (voir ci-dessous) a servi à calculer les émissions des mousses à alvéoles fermées:

Équation 4–21 :

$$E_{mousse,t} = 10\% \times Qt_{fabrication,t} + 4,5\% \times Charge\ initiale$$

où:

- $E_{mousse,t}$ = Émissions t provenant des mousses à alvéoles fermées au cours de l’année
- $Qt_{fabrication,t}$ = Quantité t de HFC/PFC utilisée dans la fabrication de mousse à alvéoles fermées au cours de l’année
- Charge initiale = charge initiale d’agent soufflé dans la mousse

On trouvera ci dessous les catégories de mousses à alvéoles fermées qui rejettent des HFC :

- isolation thermique maisons et édifices;
- isolation thermique tuyaux;
- isolation thermique réfrigérateurs et congélateurs;
- isolation thermique autres.

Extincteurs

La méthode de niveau 2 du GIEC des lignes directrices du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997) a servi à calculer les émissions de HFC des extincteurs portatifs et des systèmes d’extinction par saturation à compter de 1996. On ne connaît aucun cas d’utilisation de PFC dans le matériel d’extinction d’incendie.

Tableau 4–10 Taux annuels de fuite (x) pour diverses applications

Aux fins de l'estimation des HFC		Aux fins de l'estimation des PFC	
Type d'application	Valeur de x (%)	Type d'application	Valeur de x (%)
Réfrigération résidentielle	1	Réfrigération (y compris à températures ultrabasses)	17
Réfrigération commerciale	17	Climatiseurs stationnaires	17
Climatiseurs stationnaires	17	Climatiseurs mobiles	30
Climatiseurs mobiles	15		

Extincteurs portatifs

La méthode de niveau 2 du GIEC des lignes directrices du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997) a servi à estimer les émissions à 60 % de la quantité de HFC utilisée dans les équipements nouvellement installés.

Systèmes d'extinction par saturation

La méthode de niveau 2 du GIEC des lignes directrices du GIEC (GIEC/OCDE/AIE 1997) a servi à estimer les émissions des systèmes d'extinction par saturation à 35 % de la quantité de HFC utilisée dans les nouveaux systèmes d'extinction installés.

Aérosols/aérosols doseurs

La méthode de niveau 2 du GIEC présentée dans les lignes directrices du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997) a servi à calculer les émissions de HFC des aérosols à partir de 1996. L'estimation des émissions pour l'année en cours équivaut à la moitié de la quantité de HFC utilisée dans les aérosols, plus la moitié de celle utilisée dans les aérosols l'année précédente. La quantité de HFC utilisée chaque année équivaut à la quantité de HFC utilisée dans la production d'aérosols et à la quantité de HFC qui se trouve dans les aérosols importés, à l'exclusion de celle qui se trouve dans les aérosols exportés.

Étant donné que les enquêtes sur les PFC d'Environnement Canada n'ont recueilli aucune donnée sur la quantité de PFC utilisée dans les aérosols, on a présumé que les émissions de PFC imputables à leur utilisation dans les aérosols étaient négligeables.

Solvants

La méthode de niveau 2 du GIEC des lignes directrices du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997) a servi à estimer les émissions de HFC et de PFC imputables aux solvants. L'estimation des émissions de l'année en cours équivaut à la moitié de la quantité de HFC et de PFC utilisés comme solvants l'année courante plus la moitié de la quantité de HFC et de PFC utilisés comme solvants l'année précédente. La quantité de HFC et de PFC utilisée chaque année équivaut à la quantité de HFC et de PFC produits et importés comme solvants et exclut la quantité de HFC et de PFC exportés comme solvants. Les HFC et les PFC utilisés comme solvants comprennent les catégories suivantes :

- industries électroniques;
- solvants de laboratoire;
- nettoyage général.

Fabrication de semi conducteurs

Les PFC font l'objet de deux grandes utilisations dans l'industrie de fabrication des semi conducteurs : la gravure au plasma des plaquettes de silicium et le nettoyage au plasma des chambres de métallisation sous vide.

IC'est la méthode de niveau 2b du GIEC illustrée ci dessous qui a servi à estimer les émissions de PFC imputables à l'industrie de fabrication des semi conducteurs :

Équation 4-22 :

$$E_{SC} = E_{FC} + E_{CF4}$$

où :

- E_{SC} = émissions totales de PFC imputables à la fabrication des semi conducteurs
- E_{FC} = émissions résultant de l'utilisation des PFC (Équation 4-23)
- E_{CF4} = CF_4 émis comme produit dérivé au cours de l'utilisation des PFC (Équation 4-24)

Équation 4-23 :

$$E_{FC} = (1 - h) \times \sum [FC_{i,p} \times (1 - C_{i,p}) \times (a_{i,p} \times d_{i,p})]$$

où :

- h = fraction de fluorocarbure qui reste dans le contenant d'expédition (talon) après usage
- p = type de procédé (gravure au plasma ou nettoyage au plasma de la chambre de métallisation sous vide)
- $FC_{i,p}$ = quantité de fluorocarbure i injecté dans le type de procédé p
- $C_{i,p}$ = taux d'utilisation (fraction détruite ou transformée) pour chaque fluorocarbure i et type de procédé p
- $a_{i,p}$ = fraction du volume gazeux i injecté dans le procédé p avec des dispositifs antipollution
- $d_{i,p}$ = fraction de fluorocarbure i détruite dans le procédé p par les dispositifs antipollution

Équation 4-24 :

$$E_{CF4} = (1 - h) \times \sum_{p=1}^n [B_{i,p} \times FC_{i,p} \times (1 - a_{i,p} \times d_{i,p})]$$

où :

- $B_{i,p}$ = fraction de gaz i transformé en CF_4 pour chaque type de procédé p

et où les autres termes sont définis comme ci dessus.

On trouvera au Tableau 4-11 (GIEC, 2000) des valeurs par défaut des variables utilisées dans les équations.

Étant donné qu'il n'existe aucune donnée sur les dispositifs antipollution de ces procédés, on a présumé que $a_{i,p}$ équivaut à 0 et que $d_{i,p}$ équivaut à 1. Par ailleurs, on a présumé que h équivaut à 0,1, comme le suggère le GIEC (2000).

Tableau 4–11 Taux d'émission des PFC¹

Procédé	Fractions des émissions par défaut du GIEC			
	CF ₄	C ₂ F ₆	C ₃ F ₈	c-C ₄ F ₈
(1-C) Gravure au plasma	0,7	0,4	0,4	0,3
(1-C) Chambre de métallisation sous vide	0,8	0,7	0,4	AD
B Gravure au plasma	SO	0,1	AD	SO
B Chambre de métallisation sous vide	SO	0,1	0,2	SO

Notes :

1. Niveau 2b du GIEC (2000) Tableau 3-15.

SO = sans objet.

AD = absence de données.

Autres sources

Des émissions minimales de PFC ont été relevées dans l'industrie électronique, notamment dans le cadre d'applications émettrices, comme les essais de fiabilité (liquides inertes), les agents réfrigérants (refroidissement par évaporation directe des appareils électriques et électroniques et agents réfrigérants indirects dans les appareils électroniques en circuit fermé) et le nettoyage de précision (GIEC, 2000). Ces émissions peuvent être classées en deux types de sources : les *sources diffuses* et les *sources ponctuelles*.

Parmi les *sources diffuses*, on peut citer :

- les essais en environnement électrique;
- les essais de fuites grossières;
- les essais de chocs thermiques.

Les utilisations non identifiées et diverses de PFC déclarées dans l'enquête sur les PFC ont également été considérées dans les *sources diffuses*. Selon la méthode de niveau 2 du GIEC, 50 % des PFC utilisés aux fins décrites ci-dessus sont rejetés la première année et le reste l'année suivante.

Parmi les *sources ponctuelles* se trouve l'utilisation de PFC comme isolant électronique et comme agent réfrigérant diélectrique pour le transfert thermique dans l'industrie électronique. On applique les coefficients d'émission de la méthode de niveau 2 du GIEC (GIEC, 2000) aux données sur l'utilisation des PFC qui proviennent de l'enquête sur les PFC pour estimer les émissions de PFC de sources ponctuelles, de la façon suivante :

Équation 4–25 :

$$E_{\text{ponctuelles},t} = (k \times Qt_t) + (x \times Stock_t) + (d \times Qt_t)$$

où :

$E_{\text{ponctuelles},t}$ = émissions de sources ponctuelles

Qt_t = quantité t de PFC vendue pour l'utilisation ou la fabrication de sources ponctuelles au cours de l'année

$Stock_t$ = quantité t de PFC en stock au cours de l'année

k = coefficient d'émission imputable à la fabrication (1 % des ventes annuelles)

x = taux de fuite (2 % du stock)

d = coefficient d'émission imputable à l'élimination (5 % des ventes annuelles)

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

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de la consommation de HFC. On y a tenu compte des incertitudes associées à toutes les sous catégories, par ex, la réfrigération résidentielle et commerciale, les systèmes de climatisation fixes et mobiles, etc. Les incertitudes inhérentes aux données d'activité (Cheminfo, 2005c) et les coefficients d'émission (ministère de l'Environnement du Japon, 2009) ont servi à déterminer l'incertitude pour chaque sous catégorie. Il convient de souligner que l'incertitude qui entache une catégorie peut fluctuer au cours de la série chronologique, puisqu'elle dépend de l'ampleur de l'estimation des émissions de chaque sous catégorie, qui varie d'une année à l'autre. Dans l'ensemble, au cours de la série chronologique, le degré d'incertitude de la catégorie de la consommation de HFC s'est situé entre ± 34 % et ± 50 %.

Le maintien de la consommation de HFC à un niveau constant entre 2010 et 2011 devrait entraîner une augmentation de l'incertitude liée à cette catégorie. Compte tenu de l'interdiction, en 2010, de produire et d'importer du matériel contenant des

HCFC, on prévoit que l'augmentation soudaine de l'utilisation de HFC (en remplacement des HCFC) s'atténuera en 2011 et par la suite.

On a également effectué une évaluation de niveau 1 de l'incertitude de la catégorie de la consommation de PFC. De la même manière que pour les HFC, les incertitudes inhérentes aux données d'activité (GIEC, 2006) et les coefficients d'émission (ministère de l'Environnement du Japon, 2009) ont été pris en compte dans l'évaluation de la consommation de PFC. Dans son ensemble, pour l'entière série chronologique, le degré d'incertitude associé à cette catégorie a varié de $\pm 10\%$ à $\pm 24\%$.

4.20.3. AQ/CQ et vérification par catégorie

La consommation d'halocarbures entraînant des émissions de HFC a été une catégorie clé qui a fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AC/CQ (annexe 6). Les contrôles étaient conformes aux Procédures de CQ pour inventaire général de niveau 1 des recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Des erreurs de transcription (pour les estimations de 1999-2008) ont été décelées lors de ces contrôles.

4.20.4. Recalculs par catégorie

Les données de 2011 sur l'utilisation des HFC, qui ont été gardées constantes aux valeurs de 2010, ont été extrapolées selon la tendance des valeurs de 2008 à 2010.

4.20.5. Améliorations prévues par catégorie

Environnement Canada, en 2012 et au début de 2013, a réalisé un contrat de recherche sur les coefficients d'émission associés aux systèmes de réfrigération et de climatisation au Canada, à tous les stades de leur cycle de vie. Cette étude a permis d'établir des valeurs de coefficient d'émission plus concrètes (et moins élevées) adaptées au contexte canadien. Les nouveaux coefficients d'émission font l'objet de vérification par l'organisme responsable de l'inventaire. Une fois qu'ils seront confirmés pour la mise en œuvre, ils seront utilisés pour l'établissement des estimations du RIN de 2015.

Comme il était indiqué précédemment, l'organisme responsable de l'inventaire collabore également avec le groupe responsable de la réglementation d'EC afin de recueillir des données complètes sur l'importation et la distribution de HFC de 2005 à 2012. On prévoit que ces données permettront de mettre à jour les estimations de 2011 et de 2012 et d'améliorer certaines données historiques.

4.21. Production et consommation de SF₆ (catégories 2.E et 2.F du CUPR)

4.21.1. Description de la catégorie de source

Outre la production et le moulage de magnésium, les équipements électriques que l'on trouve dans les services publics et les semi conducteurs sont des sources connues d'émissions de SF₆. Les services publics utilisent le SF₆ comme agent d'isolation et d'extinction dans les équipements électriques à haute tension, comme les appareillages de connexion, les disjoncteurs automates et les sous stations isolées au gaz.

Actuellement, le Canada ne produit pas de SF₆; il est donc entièrement importé. Entre 1990 et 1996, plus de 95 % des importations provenaient des États Unis; ce pourcentage a toutefois baissé ces dernières années, les importations d'Allemagne ayant augmenté (Cheminfo Services, 2002).

4.21.2. Questions de méthodologie

Pour les émissions de SF₆ des équipements électriques

On a eu recours à une méthode modifiée de niveau 3 pour estimer les émissions de SF₆ imputables aux équipements électriques des services publics pour certaines années (soit de 2006 à 2011) de la série chronologique, au lieu de la méthode descendante utilisée précédemment, en presumant que tout le SF₆ acheté auprès des distributeurs de gaz remplaçait le SF₆ perdu par fuite. Les estimations des émissions de SF₆ par province pour 2006 à 2011 ont été fournies par l'Association canadienne de l'électricité (ACÉ), qui représente les compagnies d'électricité au Canada, à l'exception de celles de la province de Québec, et d'Hydro Québec (H-Q). Les données sur les émissions soumises par l'ACÉ et H-Q ont été préparées conformément au *Protocole d'estimation et de déclaration des émissions de SF₆ pour les services d'électricité* (« le protocole ») (Environnement Canada et l'Association canadienne de l'Électricité 2008). L'estimation des émissions nationales de SF₆ pour les années de 2006 à 2011 correspond à la somme des estimations de toutes les provinces. Le protocole est le fruit d'une collaboration entre la Division des GES, l'ACÉ et H-Q. Il est également partie intégrante du protocole d'entente entre la Division des GES et l'ACÉ, et de l'entente de soumission volontaire de données d'Hydro-Québec.

En bref, le protocole explique comment la méthode de niveau 3 modifiée (propre à un pays) a été établie à partir de la méthode de niveau 3 fondée sur le cycle de vie du GIEC. On y décrit également les différentes options qui permettent d'estimer les

émissions d'après le cycle de vie de l'équipement (soit la quantité totale de SF₆ utilisé pour remplir l'équipement), l'élimination de l'équipement et les émissions dues à des défaillances (soit la capacité nominale moins la quantité récupérée pour les émissions liées à l'élimination ou simplement la capacité nominale pour les émissions attribuables à des défaillances de l'équipement). Les mesures de suivi du SF₆ consommé pour le remplissage sont : utilisation d'un débitmètre massique, d'un appareil de pesage et dénombrement des bouteilles. Veuillez vous reporter au protocole (disponible sur demande à l'adresse suivante : <http://www.ec.gc.ca/Publications/default.asp?lang=Fr&xml=5926D759-36A6-467C-AE05-077C5E6C12A2>) pour un complément d'information sur la méthodologie, l'incertitude des données, le contrôle de la qualité des données, la vérification des données par un tiers, le transfert d'information et les données fournies à la Division des GES, les documents et l'archivage, les nouveaux renseignements ou les mises à jour des données et les examens du protocole ainsi que les modifications qui y sont apportées. On trouve aussi à l'annexe 3.2 une description plus détaillée de la méthodologie.

L'ACÉ et H-Q n'ont pu fournir d'estimations pour les années 1990 à 2005, parce que ce n'est qu'en 2006 qu'on a commencé à appliquer une méthode d'inventariage systématique des quantités de SF₆. Par conséquent, le recours au protocole n'était pas possible. La section 7.3.2.2 des Recommandations en matière de bonnes pratiques du GIEC, 2000, propose quatre approches pour ce genre de situation : 1 - chevauchement, 2 - méthode de substitution, 3 - interpolation et 4 - extrapolation des tendances. On a évalué l'applicabilité de chacune de ces techniques dans cette situation particulière. Les méthodes de substitution et d'extrapolation des tendances ne peuvent être envisagées, parce que, selon les recommandations du GIEC (2000), leur utilisation N'EST PAS considérée comme une bonne pratique à long terme. L'interpolation ne pourrait non plus être utilisée, parce que les données pour les années intermittentes sont nécessaires. On a jugé que, dans la situation qui nous occupe, la méthode du chevauchement était la plus appropriée pour les raisons suivantes :

- il a été possible d'évaluer le chevauchement entre un ou plusieurs ensembles d'estimations d'émissions annuelles; (dans le cas qui nous occupe, le chevauchement a été évalué pour quatre ensembles d'estimations annuelles – 2006, 2007, 2008 et 2009.)
- il existait une relation cohérente et proportionnelle entre les estimations établies à l'aide de l'« ancienne » méthode (soit celle utilisée pour les rapports précédents) et la méthode de niveau 3 modifiée. (Dans le présent cas, la méthode de niveau 3 modifiée a donné des estimations des émissions nationales qui présentaient de manière continue une différence d'environ 10 à 20 % de celles établies selon l'ancienne méthode)

L'estimation des émissions aux échelles provinciales et territoriales est fondée sur les estimations des émissions nationales (obtenues au moyen de la méthode de chevauchement) et du

pourcentage des parts provinciales (selon les données déclarées de 2006-2009).

Pour les émissions de SF₆ attribuables à la fabrication de semi-conducteurs

La méthode utilisée pour estimer les émissions SF₆ dues à la fabrication de semi conducteurs est semblable à celle qui sert à calculer les émissions de PFC. Toutefois, comme l'utilisation de SF₆ dans le procédé n'émet aucun sous produit de CF₄, l'Équation 4–24 est inutile. Par conséquent,

Équation 4–26 :

$$\text{Émissions SF}_6 = (1 - h) \times [FC \times (1 - C) \times (1 - a \times d)]$$

où :

- h = fraction de SF₆ qui reste dans le contenant d'expédition (talon) après usage (%)
- FC = quantité t de SF₆ utilisée dans le procédé (ou ventes)
- C = taux d'utilisation (fraction détruite ou transformée) (%)
- a = fraction du volume de gaz injectée dans le procédé avec des dispositifs antipollution
- d = fraction de SF₆ détruite lors du procédé par les dispositifs antipollution

La valeur de h fournie et confirmée par deux grands distributeurs de SF₆, Air Liquide et Praxair, s'élevait à 12 %²⁶. On a utilisé la valeur par défaut du GIEC de 0,5 pour (1 – C). Comme on a présumé qu'aucun dispositif antipollution n'était utilisé par cette industrie, les valeurs attribuées à « a » et à « d » étaient respectivement de zéro et de un. Il s'agit d'une méthode de niveau 2. Il faut souligner que des efforts ont été faits, pendant la préparation de cet inventaire, pour obtenir des valeurs « a » et « d » propres au pays (1 – C). Toutefois, étant donné la faible quantité de données recueillies, il n'a pas été possible d'établir des valeurs de paramètres propres au Canada.

Comme les principaux fournisseurs canadiens de gaz n'ont fourni de données sur les ventes que pour la période 1995 2000 dans le cadre d'une étude réalisée en 2005 (Cheminfo Services, 2005a), on a présumé que la quantité vendue chaque année entre 1990 et 1994 était la même qu'en 1995. On a aussi présumé que les ventes annuelles entre 2001 et 2003 représentaient la valeur moyenne enregistrée entre 1995 et 2000. Pour estimer les quantités totales de SF₆ vendues aux fabricants de semi conducteurs entre 2004 et 2009, on a multiplié les quantités de SF₆ importées (données acquises auprès de Statistique Canada) par le pourcentage de répartition des ventes aux fabricants de semi conducteur. Aucune donnée sur les ventes de SF₆ n'a été recueillie pour

26 Rahal H. et Tardif A. 2006. Communications personnelles (courriels de H. Rahal et A. Tardif à A. Au, DGES, datés du 22 novembre 2006 et du 13 novembre 2006, respectivement). Praxair et Air Liquide.

les années 2010 et 2011. On a donc utilisé celles de 2009 pour déterminer la quantité de SF₆ consommée par les fabricants de semi conducteurs. Comme nous l'avons expliqué précédemment, les données sur les ventes par segment de marché fournies par certains des principaux distributeurs de SF₆ ont servi à établir le pourcentage de ventes attribué à chaque utilisateur/type de marché. Il convient de mentionner que des efforts ont été faits pour obtenir des données sur la consommation de SF₆ directement auprès des manufacturiers, mais le taux de réponse a été très bas et le peu de données recueillies ne permettrait pas d'améliorer la méthode d'estimation actuelle.

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

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie du SF₆ des équipements électriques. Il convient de noter que l'évaluation de l'incertitude ne prenait en compte que les données de 2007 du rapport précédent. Par conséquent, l'estimation des émissions dans le présent rapport présenterait un degré d'incertitude plus bas. Dans son ensemble, l'incertitude pour cette catégorie a été estimée à $\pm 32,0$ %.

On a également effectué une évaluation de niveau 1 de l'incertitude pour la catégorie de la fabrication de semi conducteurs. Bien que l'évaluation ait tenu compte des incertitudes associées aux paramètres de l'Équation 4-24, il convient de souligner que ces incertitudes, pour la plupart, étaient basées sur des valeurs hypothétiques puisqu'aucune donnée n'était disponible. Dans son ensemble, l'incertitude pour cette catégorie a été estimée à ± 45 %. La valeur de l'incertitude s'applique à toutes les années de la série chronologique.

Selon les années, les sources des données et la méthodologie employée pour estimer les émissions de SF₆ des équipements électriques pourrait varier, comme nous l'avons expliqué dans la section précédente. Quant aux émissions de SF₆ attribuables à la fabrication de semi conducteurs, les sources de données et la méthode utilisée ont été cohérentes tout au long de la série chronologique.

4.21.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

La consommation de SF₆ dans les équipements électriques est une catégorie importante qui a fait l'objet de contrôles de la qualité de niveau 1, tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (annexe 6). Les contrôles effectués étaient conformes aux procédures de CQ générales de niveau 1 pour les inventaires qui figurent dans les recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Aucun problème d'importance n'a été décelé.

Des vérifications informelles (portant notamment sur la transcription des données, les calculs et les conversions d'unités) ont été effectuées pour la catégorie de la fabrication de semi conducteurs. Aucun problème d'importance n'a été décelé.

4.21.5. Recalculs par catégorie

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie.

4.21.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est prévue pour la catégorie des émissions de SF₆ attribuables à l'équipement électrique.

4.22. Autres procédés et procédés indifférenciés (catégorie 2.G du CUPR)

4.22.1. Description de la catégorie de source

La catégorie Autres procédés et procédés indifférenciés comprend les émissions de l'utilisation des combustibles fossiles à des fins non énergétiques, qui ne sont comptabilisées dans aucun autre sous-secteur des procédés industriels. Voici des exemples de combustibles utilisés à des fins non énergétiques : la consommation de liquides du gaz naturel (LGN) et de produits de raffinerie comme charges d'alimentation dans l'industrie des produits chimiques ainsi que l'utilisation de lubrifiants telles la graisse et l'huile moteur dans les transports et les applications industrielles, l'utilisation étant définie comme la consommation « à proximité de la production » de combustible, p. ex. la combustion de l'huile moteur dans la chambre de combustion du moteur (exclut l'incinération des huiles usées, qui est affectée au secteur des déchets). Toutes ces activités entraînent un niveau variable d'oxydation du combustible, ce qui génère des émissions de CO₂. Cette catégorie comprend également les émissions attribuables à l'utilisation d'hydrocarbures (p. ex. le charbon) comme agents réducteurs dans la fusion des métaux communs et de solvants à base de pétrole, de nettoyeurs et de diluants pour peintures.

L'utilisation des combustibles fossiles comme matière première ou à des fins non énergétiques est déclarée de manière regroupée par Statistique Canada (n° 57-003) à la rubrique Utilisations non énergétiques pour chaque combustible en particulier. Lorsque les émissions de CO₂ qui résultent de l'utilisation de combustibles à des fins non énergétiques sont attribuées à une autre catégorie du secteur des procédés industriels (comme c'est le cas de la production de l'ammoniac, de la sidérurgie, et de l'aluminium), ces émissions sont alors soustraites du total des

émissions non énergétiques pour éviter toute double comptabilisation.

4.22.2. Questions de méthodologie

Les coefficients d’émission découlant de l’utilisation de combustibles à des fins non énergétiques ont été calculés d’après les taux d’émission potentiels de CO₂ et les pourcentages par défaut pour le secteur de l’énergie en 1996, fournis par le GIEC, du carbone stocké dans les produits (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Les coefficients d’émission potentiels totaux de CO₂ proviennent des coefficients d’émission du carbone qui figurent dans l’étude de Jaques (1992), McCann (2000) et CIEEDAC (2006), qui sont des CE fondés sur les unités naturelles de combustible; le GIEC fournit les CE fondés sur des unités d’énergie.

Le Tableau 4–12 montre les types de combustibles utilisés à des fins non énergétiques par l’industrie canadienne, qui sont

Tableau 4–12 Types de combustibles utilisés à des fins non énergétiques dans l’inventaire canadien des GES

Combustibles GAZEUX	Combustibles SOLIDES	Combustibles LIQUIDES
Gaz naturel	Bitumineux canadien	Produits pétroliers raffinés
	Subbitumineux	Coke de pétrole
	Lignite	Charges d'alimentation à base de pétrole
	Anthracite	Liquides du gaz naturel
	Bitume étranger	Propane
		Butane
		Éthane

compris dans le modèle d’estimation pour la catégorie Autres procédés et procédés indifférenciés.

Les données sur les quantités de combustibles utilisés à des fins non énergétiques sont présentées dans le BDEEC (Statistique Canada, n° 57-003). À noter que les données du BDEEC pour une année donnée sont préliminaires et sujettes à révision dans les publications ultérieures. Pour estimer les émissions de CO₂ de ce sous secteur, ces données ont été multipliées par les taux d’émission présentés à l’annexe 3.

Cette technique est considérée comme une méthode de niveau 1, car elle repose sur l’utilisation des données sur la consommation nationale et sur les coefficients d’émission nationaux moyens. Les questions de méthodologie au sujet du calcul des émissions de CO₂ imputables à l’utilisation des combustibles fossiles à des fins non énergétiques ne sont pas abordées expressément dans les recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Cependant, et tel qu’il est mentionné précédemment, les lignes directrices du GIEC de 1996 fournissent une méthode pour estimer l’utilisation

de combustibles à des fins non énergétiques, en fonction de la quantité de carbone stocké dans les produits résultant du procédé. Les émissions de CO₂ sont tirées des données sur les quantités de carbone résiduel libéré durant le procédé de production (carbone résiduel = carbone total moins les quantités stockées dans le produit).

4.22.3. Degré d’incertitude et cohérence de la série chronologique

On a également effectué une évaluation de niveau 1 de l’incertitude pour le sous-secteur des autres procédés et procédés indifférenciés, en prenant en compte les incertitudes associées aux données d’activité et aux coefficients d’émission (ICF Consulting, 2004). Dans son ensemble, l’incertitude pour cette catégorie a été estimée à ± 21 %. Il convient de noter que l’évaluation de l’incertitude ne portait que sur une année de la série chronologique (2007).

Les données sur les combustibles utilisés à des fins non énergétiques pour la série chronologique de 1996 à 2003 ont été mises à jour dans ce RIN, ce qui a corrigé l’incohérence qui existait dans la série chronologique (1996-2003 et 2004-2011) du dernier RIN.

4.22.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

La catégorie des autres procédés et procédés indifférenciés est une catégorie clé qui a fait l’objet de vérifications du CQ de niveau 1, telles qu’établies dans le plan d’AQ et de CQ (annexe 6). Les contrôles effectués étaient conformes aux Procédures de CQ pour inventaire général de niveau 1 qui figurent dans les recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Aucun problème d’importance n’a été décelé.

4.22.5. Recalculs par catégorie

Les nouvelles valeurs provenant du BDEEC ont entraîné le recalcul des émissions de 1996 à 2003. De plus, pour des raisons d’uniformité, les CE pour les combustibles solides utilisés à des fins non énergétiques ont été rendus équivalents aux CE des combustibles correspondants dans le secteur de l’énergie, ce qui a entraîné de nouveaux calculs pour l’ensemble de la série chronologique.

4.22.6. Améliorations prévues par catégorie

En prévision de l’adoption des lignes directrices du GIEC de 2006 dans le RIN de 2015, il est question de passer à une méthodologie d’estimation basée sur la production pour les sources faisant partie de la catégorie Autres procédés et procédés indifférenciés.

Chapitre 5

Utilisation de solvants et autres produits (secteur 3 du CUPR)

5.1. Aperçu

Bien que les *Lignes directrices révisées du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* – Version révisée 1996 (GIEC/OCDE/AIE, 1997) mentionnent que les solvants et composés connexes peuvent être des sources importantes d'émissions de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), le secteur Utilisation de solvants et autres produits ne rend compte que des émissions directes de gaz à effet de serre (GES). L'annexe 10 du RIN donne des détails sur les émissions de COVNM et d'autres GES émis de façon indirecte.

Ce secteur comprend plus particulièrement les émissions dues à l'utilisation de N₂O comme anesthésique et agent propulseur. Les émissions découlant de l'utilisation de solvants dans le nettoyage à sec, l'imprimerie, le dégraissage des métaux et diverses applications industrielles ainsi que l'usage domestique ne sont pas estimées parce que, selon les *Lignes directrices révisées du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* – Version révisée 1996, ce genre d'utilisation ne génère pas de quantités notables de GES (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Les émissions de CO₂ attribuables à la production de solvants sont incluses à la section des procédés industriels.

Comme le montre le Tableau 5–1, les émissions de GES du secteur Utilisation de solvants et autres produits représentaient 0,25 Mt d'éq. CO₂ dans l'inventaire national des GES de 2011, comparativement à 0,18 Mt d'éq. CO₂ en 1990. Ces émissions

représentaient 0,04 % du total des émissions canadiennes de GES en 2011. Les tendances des émissions, que ce soit à long terme ou à court terme, étaient surtout en fonction de la demande nationale de N₂O comme anesthésique ou agent propulseur.

Presque tout le N₂O vendu au Canada est utilisé comme anesthésique. Sa deuxième principale application est comme agent propulseur dans les produits sous pression et les aérosols, et tout particulièrement dans les contenants de crème fouettée sous pression. La demande de N₂O au Canada pour la fabrication de ce produit alimentaire est relativement stable depuis 1995 (Cheminfo, 2006).

Même s'il ne s'agit pas d'une catégorie clé, la présente catégorie, qui constitue un secteur en soi, a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 pour assurer l'exactitude des estimations. On trouvera ci-dessous, dans les sections 5.1.4 et 5.1.3, des détails complémentaires sur l'AQ/CQ et le degré d'incertitude.

5.1.1. Description de la catégorie de source

L'oxyde de diazote (N₂O) est un gaz liquéfié transparent et incolore, oxydant, à l'odeur légèrement sucrée, qui est stable et inerte à la température ambiante. Au cours d'une réaction à basse pression et basse température qui décompose le nitrate d'ammonium (NH₄NO₃), on obtient de la vapeur d'eau (H₂O) et du N₂O. La vapeur est extraite par condensation, et le N₂O « brut » est purifié, comprimé, séché et liquéfié en vue de l'entreposage et de la distribution. La société Nitrous Oxide of Canada (NOC), établie à Maitland (Ontario), seul producteur connu de N₂O comprimé pour la vente commerciale au Canada, fournit du N₂O à deux des trois principaux distributeurs de ce gaz, qui occupent l'essentiel du marché commercial au Canada. Ces sociétés vendent des bouteilles de N₂O à un nombre relativement important de sous-distributeurs. On estime qu'il pourrait y avoir au Canada entre 9 000 et 12 000 clients utilisateurs finaux de N₂O, qui sont notamment des cabinets dentaires, des cliniques, des hôpitaux et des laboratoires (Cheminfo Services, 2006).

Le N₂O sert à un nombre limité d'applications, l'utilisation comme anesthésique représentant la plus grande partie de sa consommation au Canada, suivie par l'utilisation comme agent pro-

Tableau 5–1 Solvent and Other Product Use Sector GHG Emission Summary, Selected Years

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Utilisation de solvants et autres produits - TOTAL	179	450	378	342	260	242	247	310
Utilisation de N ₂ O comme anesthésique	151	384	319	289	220	204	209	262
Utilisation de N ₂ O comme propulseur	27	66	59	53	40	38	38	48

Note : Les chiffres étant arrondis, la somme des utilisations comme anesthésique et comme propulseur peut ne pas correspondre au total.

pulseur dans les produits alimentaires. Le N₂O peut également servir à d'autres fins : production d'azote de sodium¹ (produit chimique employé pour gonfler les coussins de sécurité des automobiles), spectrométrie d'absorption atomique et fabrication de semi conducteurs. Selon les distributeurs interrogés au cours de la récente étude, environ 82 % de leur volume de ventes de N₂O sert aux applications dentaires et médicales, 15 % à son emploi comme agent propulseur dans la transformation des aliments et seulement 3 % aux autres utilisations (Cheminfo Services, 2006).

Il importe de noter que, parmi toutes les applications possibles du N₂O, seules les deux plus importantes sont des sources d'émissions. Quand le N₂O sert d'anesthésique, on considère qu'aucun gaz n'est pas métabolisé (GIEC, 2006). En d'autres termes, le N₂O utilisé quitte rapidement le corps du patient dans l'air exhalé (émission) étant donné sa faible solubilité dans le sang et divers tissus. Quand le N₂O sert d'agent propulseur, on estime seulement les émissions dues à son emploi dans les contenants de crème fouettée, car les quantités de N₂O employées dans d'autres produits alimentaires ou non alimentaires sont considérées comme négligeables par l'industrie alimentaire, le producteur de gaz et les distributeurs. Quand la crème sort du contenant, le gaz subit une dilatation et donne à la crème son apparence mousseuse. Étant donné qu'il n'y a aucune réaction chimique dans ce procédé, le N₂O est entièrement rejeté dans l'atmosphère (Cheminfo Services, 2006).

5.1.2. Questions de méthodologie

Les estimations des émissions de N₂O de ce secteur s'appuient sur les données des ventes, conformément à l'approche basée sur la consommation présentée dans les *Lignes directrices révisées du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Comme il était pratiquement impossible de recueillir des données auprès de tous les utilisateurs finaux de N₂O, on a supposé que les ventes intérieures correspondaient à la consommation intérieure.

On a tenté de recueillir des données sur les ventes, au lieu des données sur les achats et la consommation, pour toutes les années. Le seul producteur canadien de N₂O et les trois grands distributeurs de ce gaz au Canada ont été interrogés dans le cadre d'une étude récente (Cheminfo Services, 2006), ce qui a permis d'estimer les volumes des ventes par type d'utilisation finale, de 1990 à 2005. Interrogée sur sa production annuelle et ses ventes au Canada, la société NOC n'a été en mesure de fournir que des estimations grossières de ses données antérieures. Elle a cependant fourni ses données de production, d'importation, d'exportation et de ventes au Canada pour l'année 2012.

Les données sur les importations de N₂O pour 2012 n'étaient pas

disponibles, puisque Statistique Canada a décidé d'intégrer cette information à un grand ensemble de données sur les activités d'importation visant aussi d'autres substances. Elles ont donc été évaluées d'après une ligne de tendance fondée sur les importations de N₂O de 2008 à 2011. Les ventes intérieures du seul producteur canadien, ainsi que les données sur les importations de N₂O établies à partir de la tendance, ont été utilisées pour estimer les ventes intérieures (ou la consommation) de N₂O en 2012. Les données sur les ventes par segment de marché et l'information qualitative recueillie auprès du producteur et des distributeurs ont servi à établir le profil des ventes par application (Cheminfo, 2006). On a présumé que le profil des ventes pour 2006-2012 a été le même que pour 2005, ce qui a été confirmé en 2006 (Cheminfo 2006). Pour calculer les quantités de N₂O vendues pour servir comme anesthésique et comme agent propulseur, on a multiplié le total des ventes intérieures par le pourcentage de chacune de ces applications d'après le profil des ventes.

Pour estimer les émissions attribuables à l'emploi du N₂O comme anesthésique au niveau national, on a considéré que toute (100 %) la quantité utilisée comme analgésique a été émise, tel qu'expliqué précédemment dans la section qui décrit la catégorie source. Il s'agit du taux d'émission recommandé dans les *Lignes directrices révisées du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée 1996*.

Pour estimer les émissions attribuables à l'utilisation de N₂O dans les produits alimentaires (c.-à-d., les contenants de crème fouettée) au niveau national, on a supposé que 100 % de la quantité utilisée pour la fabrication de crème fouettée était rejetée, tel qu'expliqué dans la description de la catégorie de source. Cette même hypothèse est retenue par l'APE des États-Unis.

La somme des estimations des émissions de l'utilisation du N₂O comme anesthésique et agent propulseur correspond au total national des émissions du secteur Utilisation de solvants et autres produits.

On a divisé les estimations nationales des émissions par la population totale du pays pour obtenir un coefficient d'émission par personne. On a ensuite multiplié ce coefficient par la population de chaque province et territoire pour estimer les émissions aux niveaux provincial et territorial. Les chiffres annuels sur la population de la période 1990 à 2012 proviennent de Statistique Canada (2013).

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

Une évaluation de niveau 1 du degré d'incertitude sur les estimations des émissions du secteur Utilisation de solvants a été faite. Il tient compte des incertitudes dues aux ventes nationales, aux importations, aux profils de ventes et aux coefficients

¹ Le N₂O a été employé par la société ICI Chemicals, de 1990 à 1997, comme réactif pour la production d'azote de sodium. Il a toutefois été remplacé par une autre matière première en 1998.

d'émissions. L'incertitude attribuable à tout le secteur se situe autour de $\pm 19\%$. Il faut cependant noter que l'évaluation n'a été faite que pour une seule année de la série chronologique (2007). Cependant, on s'attend à ce que l'incertitude de ce secteur ne varie pas beaucoup d'une année à l'autre, puisque les sources de données et les méthodes utilisées sont demeurées les mêmes.

5.1.4. AQ/CQ et vérification

Le secteur est considéré comme une catégorie clé et a fait l'objet, pour le présent rapport, de contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (Annexe 6). Les contrôles effectués sont conformes aux Procédures de CQ pour inventaire général de niveau 1 qui figurent dans les *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques* (GIEC, 2000). Aucun problème d'importance n'a été décelé lors des contrôles de la qualité de ce niveau.

5.1.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour la présente catégorie.

5.1.6. Améliorations prévues

Comme Statistique Canada a cessé de fournir les données portant exclusivement sur les importations de N_2O , les données sur les activités du secteur, soit les quantités importées/distribuées, seront examinées en vue de trouver de nouvelles sources de données. Un relevé réalisé auprès des entreprises importatrices/distributrices de N_2O au Canada sera probablement le moyen privilégié par Environnement Canada pour acquérir des données.

Chapitre 6

Agriculture (secteur 4 du CUPR)

6.1. Aperçu

Parmi les sources d'émissions du secteur de l'agriculture figurent les catégories de la fermentation entérique (CH_4) et de la gestion des fumiers (N_2O et CH_4) dues à la production animale et les catégories des sols agricoles (N_2O) et du brûlage des résidus de récolte dans les champs (CH_4 et N_2O) dues à la production de cultures. Les émissions et les absorptions de dioxyde de carbone par les terres agricoles sont déclarées dans le secteur Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (ATCATF), dans la catégorie des terres cultivées (Chapitre 7).

Le secteur de l'agriculture canadien est dominé par la production de bovins de boucherie (non laitiers), de porcs, de céréales et d'oléagineux. La production de volaille et l'industrie laitière y occupent également une place importante. Les élevages de moutons sont très localisés et petits comparativement à la production de bovins, de porcs, de vaches laitières et de volaille. D'autres élevages d'animaux de plus petite envergure, comme les bisons¹, les lamas, les alpagas, les chevaux et les chèvres, sont également destinés au marché commercial.

Les pratiques agricoles varient selon la région au Canada, pour des raisons historiques et climatiques. Environ 75 % des bovins de boucherie et plus de 90 % du blé, de l'orge et du canola sont produits dans une écozone semi aride à sub humide des Prairies. En revanche, environ 75 % des bovins laitiers, 60 % des porcs et de la volaille, 95 % du maïs et 90 % du soja sont produits dans une écozone humide des plaines à forêts mixtes de l'Est du Canada.

En 1990, le Canada comptait 10,5 millions de bovins non laitiers, 1,4 million de bovins laitiers, 10 millions de porcs et 100 millions de volailles. En 2005, les cheptels de bovins de boucherie et de porcs ont atteint un sommet avec 15 millions d'animaux chacun, mais depuis, ce chiffre est passé à 12 et à 13 millions de bêtes, respectivement. Depuis 1990, la population de volaille augmente,

atteignant 140 millions de têtes. Depuis 1990 également, le cheptel des vaches laitières diminue progressivement et comptait moins de 1 million de têtes en 2012.

Depuis 1990, les pratiques culturales ont changé au Canada; la production de canola est passée de 3 Mt à 13 Mt, celles du maïs, de 7 Mt à 16 Mt et du soja, de 1,3 Mt à 5 Mt, tandis que la production de blé a baissé, passant de 32 Mt à 25 Mt. L'utilisation d'engrais azotés synthétiques a fait un bond de 1,2 Mt en 1990 à 2,3 Mt en 2012, et la superficie en jachère a diminué de 5,4 millions d'hectares (Mha) et celle des régions où l'on utilise des pratiques de conservation du sol a augmenté de 12,9 Mha.

Ces changements ont donc eu des effets sur les émissions totales de gaz à effet de serre (GES) du secteur de l'agriculture canadien, qui sont passées de 47 Mt d'éq. CO_2 en 1990 à 56 Mt d'éq. CO_2 en 2012 (Tableau 6-1). Il s'agit d'une hausse de 19 % depuis 1990, qui est principalement attribuable à la croissance des cheptels de bovins de boucherie et de porcs (13 % et 25 %, respectivement), ainsi qu'à l'utilisation accrue d'engrais azotés synthétiques (93 %).

Les émissions de CH_4 attribuables au bétail sont passées de 19 Mt d'éq. CO_2 en 1990 à 20 Mt d'éq. CO_2 en 2012, et les estimations moyennes se situent dans une plage d'incertitude de -16 à +20 %. Sur l'ensemble de la série chronologique de 1990 à 2012, on estime que la moyenne des émissions de CH_4 a augmenté de 1,6 Mt d'éq. CO_2 , soit de 9 %. La hausse des émissions observée se situe dans une plage d'incertitude de 4 à 12 %. Les émissions de N_2O attribuables aux sols agricoles et au bétail sont passées de 28 Mt d'éq. CO_2 en 1990 à 35 Mt d'éq. CO_2 en 2012: les estimations moyennes se situant dans une plage d'incertitude de -36 à +52 %. Sur l'ensemble de la série chronologique, les émissions moyennes de N_2O ont connu une hausse de 7,1 Mt d'éq. CO_2 , soit de 25 %.

Les émissions du secteur de l'agriculture ont atteint un sommet en 2005 et, jusqu'à 2008, les émissions totales sont demeurées relativement inchangées, puisque l'augmentation des émissions dues à l'utilisation accrue d'engrais azotés et à la décomposition des résidus de récolte a été compensée par la réduction des émissions de la production animale attribuable à la baisse des principales populations d'animaux d'élevage (Tableau 6-1), fermentation entérique et gestion des fumiers). Depuis 2008, les émissions des engrais ont continué d'augmenter. De 2005 à 2011, les cheptels de bétail ont connu une baisse qui n'a cependant pas été observée en 2012; les émissions attribuables aux cultures et aux résidus de culture, en 2012, ont été en deçà des valeurs maximales de 2008, mais étaient légèrement en hausse par rapport à 2011. En raison de ces changements à court terme, les émissions totales du secteur de l'agriculture en 2012 ont été inférieures de moins de 3 Mt d'éq. CO_2 par rapport aux sommets des années 2005 à 2008.

Les nouveaux calculs donnent une valeur de 1,7 % dans le présent rapport, avec une augmentation des émissions de moins

¹ Au Canada, la catégorie de bisons du GIEC représente les élevages du bison d'Amérique (Bison bison) qui sont destinés à la boucherie, et dont les méthodes de production s'apparentent à celles des bovins de boucherie.

Tableau 6-1 Évolution à court et à long terme des émissions de GES du secteur de l'agriculture¹

Catégorie de source de GES		Émissions de GES (kt d'éq. CO ₂)							
		1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Agriculture - TOTAL		47 000	56 000	58 000	58 000	56 000	55 000	53 000	56 000
Fermentation entérique		16 000	20 000	22 000	20 000	19 000	18 000	17 000	18 000
—CH ₄	Bovins laitiers	3 100	2 800	2 700	2 600	2 500	2 600	2 600	2 600
	Bovins de boucherie ²	12 000	16 000	18 000	16 000	15 000	15 000	14 000	14 000
	Autres ³	610	910	1 100	960	920	900	890	890
Gestion des fumiers		5 700	7 000	7 500	6 900	6 600	6 500	6 300	6 400
—CH ₄	Bovins laitiers	660	600	580	560	550	560	560	560
	Bovins de boucherie ²	670	760	840	760	730	700	670	670
	Porcs	660	1 400	1 600	1 400	1 300	1 300	1 300	1 300
	Volailles	130	150	160	150	150	150	150	150
	Autres ⁴	20	30	40	40	30	30	30	30
—N ₂ O	Tous les types d'animaux	3 200	4 000	4 300	4 000	3 800	3 700	3 600	3 600
Sols agricoles (N ₂ O)		25 000	29 000	29 000	31 000	30 000	30 000	29 000	32 000
Sources directes		14 000	15 000	15 000	17 000	16 000	17 000	16 000	17 000
	Engrais azotés synthétiques	5 900	7 700	7 100	8 600	8 600	8 800	9 100	10 000
	Fumiers épandus comme engrais	1 800	2 100	2 200	2 000	1 900	1 900	1 800	1 800
	Décomposition des résidus de récolte	4 800	4 800	5 200	6 200	5 600	5 800	5 000	5 300
	Travail des sols organiques	60	60	60	60	60	60	60	60
	Méthodes de conservation du sol ⁵	-300	-740	-880	-1 100	-1 000	-1 000	-1 100	-1 300
	Jachère	1 400	1 100	820	730	620	540	500	490
	Irrigation	280	330	330	360	340	360	370	400
Fumiers des pâturages, grands parcs et enclos		2 200	3 100	3 400	3 100	2 900	2 800	2 600	2 700
Sources indirectes		8 700	10 000	10 000	11 000	11 000	11 000	11 000	12 000
Brûlage des résidus de récolte (CH ₄ & N ₂ O)		210	120	40	40	40	30	30	30

Notes :

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

2. Les « bovins de boucherie » incluent les génisses laitières.

3. Dans « Autres », Fermentation entérique, sont inclus : bisons, chèvres, chevaux, agneaux, lamas/alpagas, moutons et porcs.

4. Dans « Autres », Gestion des fumiers, sont inclus : bisons, chèvres, chevaux, agneaux, lamas/alpagas et moutons.

5. Les valeurs négatives indiquent une réduction des émissions de N₂O grâce à l'adoption de méthodes de conservation du sol.

de 0,2 Mt d'éq. CO₂ en 1990 et une baisse de 0,9 Mt d'éq. CO₂ en 2011, faisant reculer de 2 % la tendance des émissions indiquée dans le RIN de 2013, qui passe de 15 à 13 %. Les nouveaux calculs ont été nécessaires en raison d'un certain nombre de changements apportés aux données d'activités fondés sur le *Recensement de l'agriculture* de 2011, à la suite de la révision par Statistique Canada des estimations des populations animales et de celle par Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) des surfaces cultivées ainsi que de l'amélioration des données sur le climat à l'échelle de l'écodistrict (Tableau 6-2).

Les émissions de la fixation de l'azote biologique par l'association légumineuses rhizobium sont considérées comme inexistantes. Cette décision est étayée par la conclusion de Rochette et Janzen (2005) selon laquelle rien ne prouve que des quantités mesurables de N₂O soient émises durant le processus de fixation de l'azote. Il n'y a aucune production de riz au Canada; les émissions de CH₄ issues de la riziculture y sont donc inexistantes. Le brûlage dirigé des savanes n'est pas une pratique au Canada. Enfin, les émissions de GES imputables à la combustion de

combustibles à la ferme sont incluses dans le secteur de l'énergie (Chapitre 3).

Pour chaque catégorie de source d'émissions, on trouve dans le présent chapitre une introduction et une brève description des questions de méthodologie, du degré d'incertitude et de la cohérence des séries chronologiques, des procédures d'assurance et de contrôle de la qualité (AQ/CQ) et de vérification, des recalculs et des améliorations prévues. La méthodologie détaillée et les sources des données d'activité de l'inventaire sont décrites à l'annexe 3.3.

6.2. Fermentation entérique (catégorie 4.A du CUPR)

6.2.1. Description de la catégorie de source

Au Canada, l'élevage d'animaux varie d'une région à l'autre. Dans l'Ouest du Canada, la production bovine domine, combinant des

Tableau 6–2 Corrections et améliorations apportées au rapport de 2014 du Canada

Correction ou amélioration	Années touchées
1. Correction par Statistique Canada des données des enquêtes semestrielles sur le bétail en fonction des valeurs du recensement de 2011.	2006–2011
2. Nouveau calcul et re-nivellement des surfaces cultivées pour intégrer les valeurs du recensement de 2011.	Série chronologique entière
3. Améliorations de l'estimation du rapport des précipitations/évapotranspiration potentielle (P/EP) utilisé dans le calcul des coefficients d'émission de N ₂ O pour les écodistricts sans données climatiques à long terme, au moyen d'une analyse du plus proche voisin par opposition aux moyennes provinciales.	Série chronologique entière
4. Correction des populations de lamas et d'alpagas, par interpolation à partir d'une valeur nulle pour certaines provinces qui n'ont déclaré aucune population dans le <i>Recensement de l'agriculture</i> de 1991.	1992–1995
5. Légères modifications du nombre de chiffres significatifs dans les valeurs d'interpolation arrondies de la population animale dans les écodistricts pendant les années intercensitaires.	1990, 1992–1995, 1997–2000, 2001–2005, 2007–2010
6. Modifications de la répartition des animaux entre les écodistricts, fondées sur les données du <i>Recensement de l'agriculture</i> de 2011 et correction du nombre de populations avicoles par écodistrict, avec interpolation linéaire entre les recensements de 2006 et de 2011.	2007–2011
7. Correction des erreurs de transcription de données sur la texture du sol pour certains écodistricts en 2011.	2011

systèmes d'élevage intensif où une densité élevée d'animaux sont engraisés dans des parcs d'engraissement, et des systèmes de pâturage de faible densité de type ranch pour des exploitations de naissance. La majorité de la production laitière se fait dans l'Est du Canada dans des installations présentant un niveau de production élevé et une grande densité d'animaux. L'Est du Canada est aussi associé à des installations de production porcine intensive ayant une grande densité d'animaux. Au cours des 20 dernières années, la production porcine s'est déplacée dans l'Ouest du Canada. D'autres animaux d'élevage produisent du CH₄ par fermentation entérique, tels que les bisons, les chèvres, les chevaux, les lamas/alpagas et les moutons; cependant, les populations de ces animaux sont généralement faibles.

Le méthane (CH₄) est produit durant le processus normal de digestion des herbivores, soit la fermentation entérique. Les micro-organismes décomposent les glucides et les protéines en molécules simples qui sont absorbées dans le tractus gastro-intestinal, le CH₄ étant un sous produit de la fermentation. Ce processus aboutit à une accumulation de CH₄ dans le rumen, qui est ensuite rejeté par éructation et expiration. Une partie du CH₄ est rejetée ultérieurement durant le processus de digestion sous forme de flatulences, mais cette portion représente moins de 5 % des émissions totales. Les ruminants, dont les bovins, sont les animaux qui génèrent le plus de CH₄.

6.2.2. Questions de méthodologie

La diversité des systèmes d'élevage et les différences régionales sur le plan des installations de production compliquent l'estimation des émissions. Pour chaque catégorie et sous catégorie d'animaux, les émissions de CH₄ sont calculées par province

en multipliant la population animale de la catégorie ou sous catégorie d'animaux donnée par son coefficient d'émission propre.

Pour les bovins, les coefficients d'émission de CH₄ sont estimés au moyen de la méthode d'estimation de niveau 2 du GIEC, selon les équations fournies par les *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques* (GIEC, 2000). Une étude nationale de Boadi et al. (2004) a ventilé les sous-catégories de bovins en stades de production de moins d'un an, par province, et établi leur état physiologique, leur régime alimentaire, leur classe d'âge, leur sexe, leur poids, leur taux de gain de poids, leur niveau d'activité et leur environnement de production. Ces données ont été intégrées aux équations de niveau 2 du GIEC pour établir des coefficients d'émission pour chaque sous-catégorie d'animaux en prenant en compte les pratiques de production provinciales. Les données décrivant chacun des stades de production ont été obtenues par consultation de spécialistes des bovins de boucherie et des bovins laitiers dans tout le pays.

L'augmentation de la production laitière des troupeaux de bovins laitiers au cours de la période de 1990 à 2011 s'est traduite par un accroissement de 17 % du coefficient d'émission de CH₄ pour cette catégorie d'animaux. La hausse de la production laitière fait croître la quantité d'énergie nécessaire à la lactation (ENI) et la consommation d'aliments. Chez les bovins de boucherie, les changements du poids corporel à la maturité influent sur l'énergie nécessaire au maintien et à la croissance (EN_m et EN_g) ont donc des effets sur la consommation d'aliments. De 1990 à 2003, les races de gros bovins étaient populaires, ce qui a eu pour effet d'augmenter de 7 % les coefficients d'émission, qui ont depuis baissé de 5 % (Tableau A3-17 de l'annexe 3.3).

Pour les espèces non bovines, les émissions de CH₄ imputables à la fermentation entérique continuent d'être estimées à l'aide de la méthode de niveau 1 du GIEC. La volaille est exclue des estimations de la fermentation entérique, étant donné qu'il n'y a pas de coefficient d'émission disponible.

Les données d'activité, qui consistent en populations d'animaux pour chaque catégorie et sous catégorie, par province, ont été obtenues de Statistique Canada (Tableau A3-11, de l'annexe A3.3, de l'annexe 3.3). Elles sont basées sur le *Recensement de l'agriculture*, qui est effectué tous les cinq ans et mis à jour annuellement au moyen de sondages semestriels ou trimestriels sur les bovins, les porcs et les moutons.

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

Une analyse de l'incertitude à l'aide de la technique de Monte-Carlo a été réalisée sur la méthode utilisée pour estimer les émissions de méthane de sources agricoles. Cette analyse tenait compte du niveau d'incertitude dans les paramètres définis dans Boadi et al. (2004) qui sont utilisés dans les équations de la méthode de niveau 2 du GIEC. On trouvera les détails de cette analyse à l'annexe 3.3, section A3.3.2.3. Les distributions des incertitudes pour les paramètres concernés ont été tirées de Karimi-Zindashty et al. (2012), mais certains paramètres supplémentaires et mises à jour ont été inclus dans cette analyse.

Les plages d'incertitude des émissions de CH₄ attribuables à la fermentation entérique étaient semblables en 1990 et en 2012, et la moyenne des estimations se situe dans une plage d'incertitude de -17 à +22 % (Tableau 6-3). Sur l'ensemble de la série chronologique de 1990 à 2012, on estime que la moyenne des

émissions a augmenté de 1,5 Mt d'éq. CO₂, soit une hausse de 9 %. L'augmentation se situe dans une plage d'incertitude de 4 à 14 %.

L'incertitude relative aux émissions était principalement due au calcul du coefficient d'émission. La plage d'incertitude entourant le calcul des coefficients d'émission de niveau 2 était la plus élevée (43 %) dans le cas des bovins de boucherie. Les calculs de l'incertitude relative aux émissions et aux coefficients d'émission étaient les plus sensibles à l'utilisation des paramètres par défaut du GIEC dans la méthodologie de calcul de niveau 2, en particulier le taux de conversion du méthane (Y_m) et le coefficient associé à l'estimation de l'énergie nette de maintien (Cf) (Karimi-Zindashty et al., 2012). L'incertitude quant aux estimations de la moyenne nationale des populations de bétail pour toutes les catégories d'animaux était faible (moins de 6 %), y compris l'incertitude relative aux populations des catégories mineures de bétail, car les estimations des populations sont fondées sur le dernier recensement (2011).

La méthode et les paramètres utilisés pour le calcul des coefficients d'émission sont conformes dans l'ensemble de la série chronologique (1990-2012), à l'exception de la production laitière pour les bovins laitiers. La série chronologique de la production laitière de 1990 à 1998 est estimative. Il existe au Canada deux ensembles de données sur la production de lait : i) des registres publiables représentant les données de production pour les animaux d'élite génétique du cheptel canadien de 1990 à maintenant et ii) des registres de gestion qui présentent une estimation plus exacte de la production du cheptel laitier canadien de 1999 à maintenant. La production laitière réelle de la totalité du cheptel canadien de 1990 à 1998 a été estimée à partir du rapport moyen entre les données publiables et les données de gestion de 1999 à 2007.

Tableau 6-3 Degré d'incertitude des estimations des émissions de CH₄ dues à la fermentation entérique

Catégorie d'animaux	Source de l'incertitude	Valeur moyenne ¹	Prob. de 2,5% ²	Prob. de 97,5%
Bovins laitiers	Cheptel (1000 têtes)	955	905 (-5,2%)	1 005 (+5,2%)
	Coefficient d'émission de niveau 2 (kg/tête/an)	128	108 (-16%)	155 (+21%)
	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)	2,6	2,1 (-17%)	3,1 (22%)
Bovins non laitiers	Cheptel (1000 têtes)	11 913	11 700 (-1,8%)	12 138 (+1,9%)
	Coefficient d'émission de niveau 2 (kg/tête/an)	56,4	46,1 (-19%)	70,1 (+22%)
	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)	14,1	11,4 (-19%)	17,6 (+25%)
Autres animaux	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)	0,89	0,74 (-18%)	1,1 (+17%)
Émissions totales Total Emissions	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)	1990 16,1	13,4 (-17%)	19,6 (+22%)
		2012 17,6	14,6 (-17%)	21,4 (+22%)
	Tendance 1990-2012	1,5 (9%)	0,72 (+4%)	2,2 (+14%)

Notes :

1. Valeur moyenne tirée de la base de données, à l'exception des données sous « Tendance », qui représentent la différence entre 1990 et 2012.

2. Les valeurs entre parenthèses représentent le pourcentage d'incertitude de la moyenne, à l'exception des données sous « Tendance », où les valeurs entre parenthèses représentent la variation en pourcentage entre 1990 et 2012..

Le poids des taureaux est demeuré inchangé dans le présent rapport étant donné les incohérences constatées dans le poids d'abattage national et les moyennes régionales, selon un examen des données publiées sur le site Web d'AAC.

6.2.4. AQ/CQ et vérification

La fermentation entérique, en tant que catégorie clé, a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (Annexe 6), d'une manière conforme aux *Recommandations en matière de bonnes pratiques du GIEC* (GIEC, 2000). De plus, les données sur les activités, les méthodes et les changements sont illustrés et archivés sur supports papier et électronique. Les coefficients d'émission de niveau 2 du GIEC au sujet des bovins, tirés de Boadi et al. (2004), ont été révisés par des experts indépendants (McAllister et Basarab, 2004).

Les contrôles de la qualité de niveau 2 qui ont été réalisés à l'interne en 2010 et en 2011 comprenaient une révision complète et un remaniement de la méthode de calcul, des données d'entrée ainsi qu'un examen et une compilation des études canadiennes sur la fermentation entérique (MacDonald et Liang, 2011). Cet examen donne à penser que l'estimation des émissions de la fermentation entérique ne présente aucun biais particulier. À la lumière des analyses de sensibilité réalisées dans le cadre de l'analyse des incertitudes et de la revue de la littérature, les améliorations du modèle des bovins exigent que soient élaborés des paramètres propres au pays, qui tiennent compte des effets des pratiques régionales de gestion sur les émissions, remplaçant les valeurs par défaut du GIEC utilisées dans le modèle des émissions. On trouve plus de précisions à ce sujet à l'annexe 3.3.

6.2.5. Recalculs

Les estimations des populations annuelles des grandes catégories d'animaux (bovins, porcs et moutons) sont fondées sur les enquêtes semestrielles. À la suite du Recensement de l'agriculture de 2011 (Statistique Canada, 2012), Statistique Canada a corrigé les données des enquêtes semestrielles pour la période intercensitaire en tenant compte des nouvelles données de recensement, ce qui a donné lieu à une nouvelle série chronologique pour les populations de bovins, de porcs et de moutons de 2006 à 2011. Pour 2011, les estimations du nombre de bovins ont été augmentées de 300 000 bêtes et on a retranché 800 000 porcs et 70 000 moutons des estimations de ces populations d'animaux. Ces corrections ont été prises en compte dans l'estimation des émissions de 2006 à 2011, ce qui a entraîné de nouveaux calculs pour l'estimation des émissions imputables à la fermentation entérique, dont les résultats indiquent une baisse de 0,6 Mt d'éq. CO₂ en 2011 (Tableau 6–4).

6.2.6. Améliorations prévues

En règle générale, la méthode de calcul des émissions de la fermentation entérique est solide; les améliorations dépendent surtout de la capacité de recueillir des données plus complètes sur la composition du régime alimentaire des animaux qui aideront à élaborer des paramètres propres aux diverses sous-catégories d'animaux dans les différentes régions du Canada.

À l'heure actuelle, des données sont recueillies dans le but d'établir une série chronologique qui tienne compte des changements de la digestibilité des rations alimentaires. La méthodologie est en voie d'être améliorée et documentée. De nouvelles données et méthodes seront incorporées à court terme.

Tableau 6–4 Recalculs des estimations des émissions et leur incidence sur la tendance des émissions et sur les émissions totales des sources agricoles imputables à la fermentation entérique, à la gestion des émissions de CH₄ des fumiers et à la gestion des émissions de N₂O des fumiers

Source d'émission	Année	Année de rapport	Émissions de la catégorie (Mt d'éq. CO ₂)	Tendance des émissions de la catégorie de source (% de variation) ¹	Variation des émissions (kt d'éq. CO ₂)	Variation relative des émissions de la catégorie (%)	Variation du total des émissions des sources agricoles (%)
Émissions des pâturages, grands parcs et enclos	2011	2013	2,72	23	-87	-3,2%	-0,16%
	2011	2014	2,64	19			
Émissions indirectes, volatilisation et dépôt	2011	2013	2,60	30	-7	-0,3%	-0,01%
	2011	2014	2,59	29			
Émissions indirectes, lessivage, érosion et ruissellement	1990	2013	6,67	24 (2013)	27	0,4%	0,05%
		2014	6,69				
	2011	2013	8,24	22 (2014)	-54	-0,7%	-0,10%
		2014	8,19				

Notes :

1. Les nombres entre parenthèses indiquent l'année du rapport pour laquelle la variation est calculée.

Une étude pour caractériser la variabilité des stratégies de gestion des animaux dans différentes régions du Canada, a été entreprise auprès d'experts canadiens de l'industrie du bœuf afin d'actualiser et d'améliorer le modèle de production bovine.

En collaboration avec AAC, la série chronologique de données sur le poids des carcasses sera réexaminée pour déterminer si les données déclarées sur le site Web du Ministère sont exactes.

6.3. Gestion des fumiers (catégorie 4.B du CUPR)

Au Canada, les systèmes de gestion des fumiers (SGF) habituellement utilisés dans l'élevage d'animaux sont 1) le stockage des liquides, 2) le stockage du fumier solide et du fumier sec et 3) les pâturages et enclos. Les SGF comprennent aussi, dans une moindre mesure, d'autres méthodes comme le compostage et les biodigesteurs. Aucun fumier n'est brûlé comme combustible.

Du CH_4 et du N_2O sont libérés pendant la manutention et l'entreposage des fumiers. L'ampleur des émissions dépend de la quantité de fumier manipulée. En général, les SGF à faible aération émettent beaucoup de CH_4 mais relativement peu de N_2O , alors que les systèmes bien aérés émettent beaucoup de N_2O et relativement peu de CH_4 .

Les pratiques de gestion des fumiers varient d'une région et d'une catégorie d'animaux à l'autre. Les élevages laitier, avicole et porcin ont lieu dans des installations d'élevage modernes comportant une grande densité d'animaux. Les bovins laitiers et les porcs produisent de grandes quantités de fumier liquide tandis que l'élevage avicole produit du fumier solide, et ces deux types de fumier sont répandus sur des portions de terre limitées. L'élevage de bovins dans des parcs d'engraissement génère de grands volumes de fumier sous forme sèche, tandis que les systèmes d'élevage en pâturage de faible densité pour les bovins génèrent un fumier largement dispersé dans les pâturages et les parcours. Les systèmes d'élevage pour les autres animaux, tels que les bisons, les chèvres, les chevaux, les lamas/alpagas et les moutons, consistent généralement en des pâturages ou des installations de moyenne densité produisant principalement du fumier solide.

6.3.1. Émissions de CH_4 imputables à la gestion des fumiers (catégorie 4.B (a) du CUPR)

6.3.1.1. Description de la catégorie de source

Le processus de décomposition du fumier commence peu après son excrétion. Dans des conditions bien aérées, la décomposition est un procédé d'oxydation produisant du CO_2 ; cependant, s'il y a

peu d'oxygène, le carbone est réduit, ce qui entraîne la production de CH_4 . La quantité de CH_4 produit varie en fonction des caractéristiques du fumier et du type de SGF. Les caractéristiques du fumier sont quant à elles liées aux catégories d'animaux et à leur alimentation.

6.3.1.2. Questions de méthodologie

On calcule les émissions de méthane imputables à la gestion des fumiers pour chaque catégorie et sous-catégorie d'animaux en multipliant la population par le coefficient d'émission correspondant (pour plus de détails sur la méthodologie, voir l'annexe 3.3). Les données sur les cheptels sont les mêmes que celles qui ont été utilisées pour estimer les émissions imputables à la fermentation entérique (Section A3.3.4.8 de l'annexe A3.3). Les coefficients d'émission de méthane de la gestion des fumiers sont estimés à l'aide de la méthode de niveau 2 du GIEC (GIEC, 2006).

Tous les paramètres de niveau 2 sont tirés des consultations d'experts décrites dans Boadi et al. (2004) et Marinier et al. (2004, 2005) ou des Lignes directrices de 2006 du GIEC. Pour les bovins laitiers et de boucherie, on a utilisé le modèle de production animale de niveau 2 de Boadi et al. (2004) pour calculer la consommation d'énergie brute (EB) à partir de laquelle on a estimé les solides volatils (SV) au moyen de l'équation 4.16 des Recommandations en matière de bonnes pratiques et le contenu en cendres des fumiers de Marinier et al. (2004). Pour tous les autres animaux, on a utilisé les SV de Marinier et al. (2004) sur la base de la teneur en cendres et de l'énergie digestible fournies par des consultations d'experts. Pour les porcins, les ovins et les volailles, des paramètres différents ont été utilisés selon les sous-catégories, en se basant sur la catégorie de taille pour les porcins et ovins, ainsi que pour les dindons, les poulets à griller et les poules pondeuses en ce qui concerne les volailles.

Les coefficients d'émission ont été établis à l'aide du potentiel de production maximale de CH_4 (B_0), et les facteurs de conversion de CH_4 (FCM) sont tirés des Lignes directrices de 2006 du GIEC. Les systèmes de gestion des fumiers (SGF) ont été tirés de Marinier et al. (2005) pour chaque province, en tenant compte des différences régionales dans les pratiques d'élevage et les systèmes de gestion des fumiers. On trouvera une description plus complète de l'élaboration du facteur de distribution pour les systèmes de gestion des fumiers à l'annexe 3.3, section A3.3.3.

L'augmentation des coefficients d'émission de 1990 à 2012 (Tableau A3-14 de l'annexe 3.3) indique un apport énergétique brut supérieur pour les bovins laitiers en raison d'une production laitière accrue et pour les bovins de boucherie en raison de changements quant au poids vif (Section 6.2.2).

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

L'analyse de l'incertitude des émissions de méthane de sources agricoles, faite à l'aide de la technique de Monte-Carlo, comprenait les émissions de méthane attribuables à la gestion des fumiers. Cette analyse utilisait des estimations des paramètres et des distributions d'incertitudes tirées de Marinier *et al.* (2004), ainsi que des informations provenant de Karimi-Zindashty *et al.* (2012) et des paramètres supplémentaires et mis à jour propres à l'analyse. On trouvera des détails de l'analyse à l'annexe 3.3, section A3.3.3.8.

L'estimation des émissions de CH₄ dues à la gestion des fumiers en 2012, soit 2,8 Mt d'éq. CO₂, se situe dans une plage d'incertitude de -32 % à +27 % (Tableau 6–5). L'estimation des émissions dues à la gestion des fumiers en 1990, soit 2,6 Mt d'éq. CO₂, présente une plage d'incertitude légèrement supérieure, de -33 % à +38 %, attribuable à une plus grande incertitude liée au type de systèmes de gestion des fumiers utilisé en 1990. L'estimation d'une augmentation de 7,5 % de la moyenne des émissions entre 1990 et 2012 se situe à l'intérieur d'une plage d'incertitude présentant une diminution possible de -8 % et d'une augmentation possible de 10 %.

Comme dans le cas de la fermentation entérique, la plus grande partie de l'incertitude dans l'estimation des émissions dues à la gestion des fumiers au Canada est liée au calcul du coefficient d'émission. La limite supérieure de la plage d'incertitude entourant le coefficient d'émission atteignait jusqu'à 110 % dans le cas des bovins laitiers. L'incertitude qui entache les émissions tient principalement à l'utilisation de paramètres par défaut du GIEC

dans la méthode de calcul de niveau 2, en particulier du facteur de conversion du méthane (FCM), qui a été appliqué à toutes les régions du Canada et à tous les types d'animaux, et du potentiel maximal de production de méthane (B0) (Karimi Zindashty *et al.*, 2012).

La méthode et les paramètres utilisés dans le calcul des coefficients d'émission sont conformes pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2012), à l'exception des données sur la production laitière des bovins laitiers et sur le poids des taureaux. La production laitière en Ontario et dans les provinces de l'ouest, de 1990 à 1999, ainsi que le poids des carcasses des taureaux sont estimés de la manière décrite à la section 6.2.3.

6.3.1.4. AQ/CQ et vérification

Les émissions de méthane imputables à la gestion des fumiers ont fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (Annexe 6), d'une manière conforme aux recommandations du GIEC. Les données sur les activités et les méthodes sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique. Les coefficients d'émission de CH₄ selon la méthode de niveau 2 du GIEC pour les pratiques de gestion des fumiers de toutes les catégories animales, tirés de Marinier *et al.* (2004), ont été examinés par des experts indépendants (Patni et Desjardins, 2004). Ces documents ont été archivés sur supports papier et électronique.

Les contrôles de la qualité de niveau 2 qui ont été réalisés à l'interne en 2010 et en 2011 comprenaient une révision complète et un remaniement de la méthode de calcul, des données d'entrée ainsi qu'un examen et une compilation des études cana-

Tableau 6–5 Degré d'incertitude des estimations des émissions de CH₄ dues à la gestion des fumiers³

Catégorie d'animaux	Source de l'incertitude		Valeur moyenne ¹	Prob. de 2,5% ^{2,3}	Prob. de 97,5%
Bovins laitiers	Cheptel (1000 têtes)		955	905 (-5,2 %)	1 005 (+5,2 %)
	Coefficient d'émission de niveau 2 (kg/tête/an)		27,8	11 (-60 %)	42 (+50 %)
	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)		0,56	0,22 (-61 %)	0,83 (+50 %)
Bovins non laitiers	Cheptel (1000 têtes)		11 913	11 700 (-1,8 %)	12 138 (+1,9 %)
	Coefficient d'émission de niveau 2 (kg/tête/an)		2,7	4,4 (-34 %)	4,6 (+62 %)
	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)		0,67	0,44 (-34 %)	1,1 (+65 %)
Porcs	Cheptel (1000 têtes)		12 791	11 453 (-2,7 %)	13 136 (+2,7 %)
	Coefficient d'émission de niveau 2 (kg/tête/an)		5,0	2,4 (-51 %)	7,1 (+43 %)
	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)		1,3	0,65 (-51 %)	1,9 (+44 %)
Autres animaux	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)		1,06	0,12 (-35 %)	0,21 (+15 %)
Émissions totales	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)	1990	2,6	1,7 (-33 %)	3,5 (+38 %)
	Émissions (Mt d'éq. CO ₂)	2012	2,8	1,9 (-32 %)	3,5 (+27 %)
	Tendance	1990–2012	0,20 (7,5 %)	-0,20 (-7,6 %)	0,25 (+10 %)

Notes :

1. Valeur moyenne tirée de la base de données, à l'exception des données sous « Tendance », qui représentent la différence entre 1990 et 2012.
2. Les valeurs entre parenthèses représentent le pourcentage d'incertitude de la moyenne, à l'exception des données sous « Tendance », où les valeurs entre parenthèses représentent la variation en pourcentage entre 1990 et 2012.

diennes sur la gestion des fumiers (MacDonald et Liang, 2011). Les paramètres de modélisation de niveau 2 du GIEC ne présentent aucun biais particulier attribuable à la grande variabilité des résultats de recherche et au manque de données à l'appui des recherches menées sur les installations de stockage des fumiers. Il n'existe aucune norme claire permettant de déterminer si les paramètres du GIEC conviennent à l'estimation des émissions des systèmes de gestion des fumiers dans le contexte canadien. Il est nécessaire de réaliser des études plus normalisées et détaillées au Canada pour améliorer la méthode actuelle de niveau 2. On trouve plus de précisions à ce sujet à la section A3.3.3.7 de l'annexe 3.3.

6.3.1.5. Recalculs

L'intégration des données du Recensement de l'agriculture de 2011 (Statistique Canada, 2012) relativement aux populations mentionnées à la section 6.2.5 a eu pour effet d'augmenter les émissions de 2006 à 2011, les nouveaux calculs ayant donné une valeur maximale de 31 kt d'éq. CO₂ en 2011 (Tableau 6-4). Contrairement aux émissions attribuables à la fermentation entérique, la croissance des populations de porcs s'est traduite par une augmentation nette des émissions globales de CH₄ associées à la gestion des fumiers, compte tenu du nombre appréciable de systèmes de stockage des liquides utilisés dans la production porcine.

6.3.1.6. Améliorations prévues

L'analyse du modèle de gestion des fumiers indique qu'il serait nécessaire d'améliorer les valeurs servant à déterminer la répartition des systèmes de gestion des fumiers (SGF) d'après les enquêtes sur la gestion agroenvironnementale (EGA) de Statistique Canada. Ces données, combinées à celles publiées récemment sur la gestion du bétail (Sheppard *et al.*, 2009a, 2009b, 2010, 2011a, 2011b; Sheppard et Bittman 2011, 2012) peuvent servir de base à l'élaboration d'une nouvelle série chronologique sur la gestion des fumiers à moyen terme.

Tel qu'indiqué à la section 6.2.6, des données sont recueillies dans le but d'établir une série chronologique qui tienne compte des changements de la digestibilité des rations alimentaires. Une méthode permettant d'incorporer une série chronologique de données sur l'énergie digestible utilisée dans le calcul des solides volatils pour certaines catégories d'animaux sera élaborée et utilisée à moyen terme.

6.3.2. Émissions de N₂O imputables à la gestion des fumiers (catégorie 4.B (b) du CUPR)

6.3.2.1. Description de la catégorie de source

La production de N₂O au cours du stockage et du traitement des déjections animales survient durant la nitrification et la dénitrification de l'azote que contient le fumier. La nitrification est l'oxydation de l'ammoniac (NH₄⁺) en nitrate (NO₃⁻), et la dénitrification est la réduction de NO₃⁻ en N₂O ou en N₂. Le fumier des bovins de boucherie, des moutons, des agneaux, des chèvres et des chevaux est manipulé surtout à l'aide d'un système solide en parc d'élevage, ce qui constitue le SGF émettant les plus grandes quantités de N₂O. Les émissions d'oxyde de diazote imputables aux fumiers excrétés dans les pâturages et les grands parcs par les animaux en pacage et dans les enclos sont déclarées dans une catégorie distincte (Section 6.4.2, Fumier produit sur les pâturages, dans les grands parcs et dans les enclos).

6.3.2.2. Questions de méthodologie

Pour estimer les émissions de N₂O imputables à la gestion des fumiers, on utilise la méthode de niveau 1 du GIEC. Les émissions sont calculées, pour chaque catégorie d'animaux, en multipliant la population d'une catégorie donnée par son taux d'excrétion d'azote et par le coefficient d'émission associé au système de gestion des fumiers (SGF).

Les données sur la caractérisation des animaux sont les mêmes que celles qui ont été utilisées pour les estimations relatives à la fermentation entérique (Section 6.2) et pour les émissions de CH₄ imputables à la gestion des fumiers (Section 6.3.1). Les taux moyens annuels d'excrétion d'azote des animaux domestiques proviennent des Lignes directrices 2006 du GIEC. La quantité d'azote dans le fumier perdue par lixiviation et volatilisation de NH₃ et de NO_x pendant le stockage est modifiée selon le type d'animal et le SGF en fonction des valeurs par défaut fournies dans les Lignes directrices 2006 du GIEC.

On a estimé la fraction d'azote disponible pour la conversion en N₂O en appliquant les coefficients d'émissions propres à chaque système à l'azote du fumier traité par chaque système de gestion. Les coefficients d'émission par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC pour un pays développé au climat froid servent à estimer l'azote du fumier émis sous forme de N₂O pour chaque type de SGF.

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

On a effectué une analyse de l'incertitude au moyen de la technique de Monte Carlo pour estimer les émissions de N₂O des sources agricoles (Karimi-Zindashty *et al.*, 2014). L'incertitude associée aux paramètres définis dans la méthode de niveau 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC, pour les émissions de N₂O attribuables à la gestion des fumiers, et toutes les incertitudes relatives aux SGF, aux populations d'animaux et aux caractérisations sont identiques à celles prises en compte dans l'analyse des émissions de CH₄ imputables à la fermentation entérique et à la gestion des fumiers définies aux sections 6.2.3 et 6.3.1.3. On trouve à l'annexe 3.3, section A3.3.7, des renseignements détaillés sur cette analyse.

L'estimation des émissions de N₂O attribuables à la gestion de fumier du bétail au Canada, qui est de 3,6 Mt d'éq. CO₂ pour 2012, se situe à l'intérieur de la plage d'incertitude de 2,1 Mt d'éq. CO₂ (-43 %) à 5,5 Mt d'éq. CO₂ (+51 %) (Tableau 6–6). La plus grande partie de l'incertitude est associée au coefficient d'émission de niveau 1 du GIEC (incertitude +/-100 %). L'analyse de l'incertitude initiale était limitée par la taille du modèle d'émissions de N₂O et ne visait qu'à fournir des estimations fiables de l'incertitude pour les catégories de sources d'émission et une analyse de base de la sensibilité. Une analyse complète de l'incertitude de la tendance n'a pas encore été effectuée, en raison des capacités informatiques restreintes.

On a utilisé la même méthodologie, les mêmes coefficients d'émission et les mêmes sources de données pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2012), à l'exception du poids des taureaux qui est demeuré constant, comme il a été mentionné à la section 6.2.3.

6.3.2.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (Annexe 6), d'une manière conforme aux recommandations du GIEC. Les données sur les activités, la méthodologie et les changements apportés aux méthodologies sont illustrés et archivés sur supports papier et électronique. Les méthodes et les paramètres de calcul utilisés lors de la reconstitution de la base de données des émissions de N₂O de l'agriculture ont fait l'objet d'un contrôle complet de la qualité de niveau 2.

Il y a peu de données publiées sur les émissions de N₂O dues à la gestion et au stockage des fumiers au Canada ou dans les régions où les pratiques et les conditions climatiques sont comparables à celles du Canada. Des études canadiennes plus normalisées et détaillées sont nécessaires pour améliorer la méthode actuelle.

6.3.2.5. Recalculs

L'intégration des données du *Recensement de l'agriculture* de 2011 (Statistique Canada, 2012) sur le nombre des animaux mentionnés à la section 6.2.5, a eu pour effet de diminuer les émissions de 2006 à 2011, et les nouveaux calculs indiquent une valeur maximale en baisse de 92 kt d'éq. CO₂ (Tableau 6–4) en 2011, qui s'explique par la diminution du nombre de bovins. D'autres nouveaux calculs ont révélé une différence de moins de 0,1 kt d'éq. CO₂.

6.3.2.6. Améliorations prévues

Au Canada, il existe peu de données sur les mesures directes des émissions de N₂O dues à la gestion des fumiers. Grâce aux récents progrès des techniques analytiques, on peut mesurer

Tableau 6–6 Degré d'incertitude des estimations des émissions de N₂O attribuables à la gestion des fumiers et aux sols agricoles

Source d'émission		Valeur moyenne ¹	Prob. 2,5 % ²	Prob. 97,5 %
		Mt d'éq. CO ₂		
Gestion des fumiers	Tous types d'animaux	3,6	2,1 (-43 %)	5,5 (+51 %)
Sols agricoles (N ₂ O)		31	20,2 (-36 %)	47,8 (+52 %)
Sources directes		17	12,3 (-28 %)	22,9 (+34 %)
	Engrais azotés synthétiques	10	6,4 (-35 %)	15 (+43 %)
	Fumier épandu comme engrais	1,8	1,2 (-33 %)	2,6 (+41 %)
	Décomposition des résidus de culture	5,3	3,4 (-35 %)	7,7 (+45 %)
	Travail des sols organiques	0,06	0,01 (-79 %)	0,12 (+96 %)
	Immobilisation/minéralisation azotée des sols	-0,39	-0,61 (-44 %)	0,22 (+55 %)
Fumiers des pâturages, grands parcs et enclos		2,7	1,1 (-60 %)	4,7 (+75 %)
Sources indirectes		12	4,0 (-66 %)	23 (+99 %)
	Dépôt atmosphérique	2,8	0,71 (-74 %)	5,7 (110 %)
	Lessivage et ruissellement	8,9	1,8 (-80 %)	20 (120 %)

Notes :

1. Valeur moyenne tirée de la base de données.
2. Les valeurs entre parenthèses représentent le pourcentage d'incertitude de la moyenne.

directement les émissions de N_2O de sources ponctuelles. Toutefois, il faudra sans doute plusieurs années avant que les émissions de N_2O des divers SGF au Canada puissent être mesurées et vérifiées de façon fiable.

Comme il a été mentionné à la section 6.3.1.6, des plans sont en place afin d'analyser si des améliorations pourraient être apportées aux valeurs utilisées pour la répartition des systèmes de gestion des fumiers (SGF), d'après des enquêtes sur la gestion agroenvironnementale de Statistique Canada.

Tel qu'indiqué à la section 6.2.6, des données sont recueillies dans le but d'établir une série chronologique qui tienne compte des changements de l'alimentation des animaux, et des taux d'excrétion d'azote propres au pays seront calculés et appliqués à moyen terme.

D'autres analyses de l'incertitude visant à établir l'incertitude de la tendance à moyen terme seront réalisées.

6.4. Émissions de N_2O des sols agricoles (catégorie 4.D du CUPR)

Les émissions de N_2O des sols agricoles englobent les émissions directes et indirectes de même que les émissions imputables au fumier déposé sur les pâturages, dans les grands parcs et dans les enclos. Les émissions de N_2O imputables aux apports anthropiques d'azote proviennent directement des sols auxquels l'azote est ajouté et, indirectement : i) de la volatilisation de l'azote des engrais synthétiques et des fumiers en NH_3 et NO_x et son dépôt subséquent en dehors des sites; ii) du lessivage et du ruissellement d'engrais synthétique, de fumiers et de résidus de récoltes renfermant de l'azote. Les changements de pratiques de gestion et de rotation des cultures, comme la jachère, le travail du sol et l'irrigation, peuvent également avoir une incidence sur les émissions directes de N_2O en modifiant la minéralisation subséquente d'azote organique, la nitrification et la dénitrification.

6.4.1. Émissions directes de N_2O des sols (catégorie 4.D.1 du CUPR)

Les sources directes de N_2O dans les sols sont l'épandage d'engrais azotés synthétiques et de fumier, les résidus de récolte en décomposition et la culture des histosols. De plus, le Canada déclare également trois sources d'émissions et d'absorptions propres au pays qui sont caractérisées par la décomposition de la matière organique du sol, du fait des pratiques de travail du sol, de jachère et d'irrigation. On estime de la même façon les absorptions d'émissions par ces sources à partir des données sur l'azote pour l'épandage d'engrais azotés synthétiques et de fumier et sur l'azote des résidus de récolte.

6.4.1.1. Engrais azotés synthétiques

6.4.1.1.1. Description de la catégorie de source

Les engrais synthétiques ajoutent de grandes quantités d'azote aux sols agricoles. Cet azote supplémentaire subit des transformations, notamment la nitrification et la dénitrification, qui peuvent émettre du N_2O . Les coefficients d'émissions dus à l'épandage d'engrais dépendent de nombreux facteurs, comme les types de cultures, les types de sols, le climat et d'autres conditions ambiantes (Gregorich *et al.*, 2005; Rochette *et al.*, 2008b).

6.4.1.1.2. Questions de méthodologie

Le Canada a conçu une méthode de niveau 2 propre au pays pour estimer les émissions de N_2O imputables à l'épandage d'engrais azotés synthétiques sur les sols agricoles, laquelle tient compte des régimes d'humidité et des conditions topographiques. Les émissions de N_2O sont estimées par écodistrict, puis mises à l'échelle provinciale et nationale. La quantité d'azote épandue provient des données sur les ventes annuelles d'engrais, que l'on se procure auprès des associations régionales de fabricants d'engrais et qui sont compilées à l'échelle nationale. On pose l'hypothèse que tous les engrais azotés vendus par les détaillants sont utilisés pour des cultures agricoles au Canada; la quantité d'engrais utilisé pour les forêts est considérée comme minime. On trouve à l'annexe 3.3 plus de précisions sur la méthode d'inventaire.

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

L'analyse, au moyen de la technique de Monte Carlo, de l'incertitude associée à la méthodologie utilisée pour estimer les émissions de N_2O des sources agricoles mentionnées à la section 6.3.2.3 incluait l'ensemble des émissions directes et indirectes des sols (Tableau 6-6). Pour les émissions de N_2O attribuables aux engrais, l'analyse a tenu compte du degré d'incertitude des paramètres définis dans la méthode propre à chaque pays (Rochette *et al.*, 2008b) qui a servi à établir les coefficients d'émission de N_2O , du degré d'incertitude des ventes d'engrais à l'échelle des provinces et du degré d'incertitude des surfaces cultivées et de la production à l'échelle de l'ecodistrict.

L'estimation des émissions de N_2O attribuables à l'épandage d'engrais sur les terres agricoles, qui est de 10 Mt d'éq. CO_2 pour 2012, se situe à l'intérieur d'une plage d'incertitude de 6,4 Mt d'éq. CO_2 (-35 %) à 15 Mt d'éq. CO_2 (+43 %) (Tableau 6-6). La principale source d'incertitude dans le calcul est associée aux paramètres (pente et point d'intersection) de l'équation de régression établissant un rapport entre les coefficients d'émission des précipitations et l'évapotranspiration potentielle (P/EP).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2012).

6.4.1.1.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (Annexe 6), d'une manière conforme aux recommandations du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

Tandis que Statistique Canada procède à des vérifications de CQ avant la publication de données sur la consommation d'engrais azotés synthétiques, la Division des Inventaires et rapports sur les polluants d'Environnement Canada procède à ses propres vérifications de CQ de niveau 2 au moyen de registres historiques et de consultations avec les industries agricoles régionales et provinciales.

Les émissions de N₂O imputables à l'épandage d'engrais synthétiques azotés sur les sols agricoles au Canada varient en fonction des sites, mais on note une concordance étroite entre le coefficient d'émission par défaut de 1 % du GIEC (GIEC, 2006) et le coefficient d'émission de 1,2 % fondé sur des mesures prises dans l'Est du Canada, à l'exclusion des émissions pendant la période du dégel printanier (Gregorich *et al.*, 2005).

6.4.1.1.5. Recalculs

Dans le rapport de cette année, les changements apportés aux calculs des émissions directes de N₂O attribuables à l'épandage d'engrais sur les sols agricoles comprennent i) de nouveaux calculs et un nouveau nivellement des surfaces cultivées intégrant les données du *Recensement de l'agriculture* de 2011, ce qui a modifié la répartition de l'azote des engrais entre les écodistricts; ii) des améliorations de l'estimation du rapport précipitations/évapotranspiration potentielle (P/EP) pour les écodistricts, sans données sur le climat à long terme et iii) une correction des données d'entrée de 2011 tenant compte de la texture des sols de plusieurs écodistricts.

Les nouveaux calculs indiquent une baisse de 34 kt d'éq. CO₂ des émissions totales en 1990 (Tableau 6–7); environ la moitié des nouveaux calculs ont été effectués à cause de la nouvelle répartition de l'azote des engrais entre les écodistricts selon les surfaces cultivées; l'autre moitié était due à la correction du rapport P/EP. En 2011, la faible augmentation des émissions liées à la nouvelle répartition de l'azote des engrais et les corrections du rapport P/EP ont atténué en partie la baisse des émissions attribuable à la correction des erreurs relatives à la texture des sols dans les données d'entrée de 2011, ce qui a donné une légère baisse des émissions de 22 kt d'éq. CO₂.

6.4.1.1.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions pour cette source; à moyen terme, des efforts de recherche viseront à différencier les coefficients d'émission de N₂O des sources d'azote organique et inorganique. D'autres analyses de l'incertitude pour établir le degré d'incertitude de la tendance à moyen terme seront réalisées.

6.4.1.2. Fumier épandu comme engrais

6.4.1.2.1. Description de la catégorie de source

L'épandage de fumier animal comme engrais sur les sols peut accroître le rythme de nitrification et de dénitrification et provoquer une augmentation des émissions de N₂O des sols agricoles. Les émissions de cette catégorie englobent tout le fumier géré sous forme sèche, liquide et par d'autres systèmes de gestion de déchets animaux. Le fumier déposé sur les pâturages par des animaux en pacage est comptabilisé dans la section 6.2.1, Fumier produit sur les pâturages, dans les grands parcs et dans les enclos.

6.4.1.2.2. Questions de méthodologie

Comme dans le cas des émissions dues aux engrais azotés synthétiques, la méthode qui sert à estimer les émissions de N₂O produites par le fumier appliqué aux sols agricoles est une méthode de niveau 2 du GIEC propre à chaque pays, qui tient compte des régimes d'humidité (comme l'augmentation des précipitations saisonnières à long terme et l'évapotranspiration potentielle), ainsi que des conditions topographiques. Pour calculer les émissions, on multiplie le volume d'azote du fumier épandu sur les sols agricoles par un coefficient d'émission, pour chaque écodistrict, et ces résultats sont additionnés à l'échelle provinciale et nationale. Tout le fumier traité par les SGF, à l'exception du fumier déposé sur les pâturages, dans les grands parcs et dans les enclos par les bêtes au pacage, est censé être épandu ensuite sur les sols agricoles (Section 6.4.2).

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

L'analyse de l'incertitude associée aux émissions de N₂O attribuables à l'épandage de fumier a tenu compte du degré d'incertitude des paramètres utilisés pour estimer l'azote des fumiers, dont il est fait mention à la section 6.3.2.3, et de l'incertitude définie dans la méthode propre à chaque pays (Rochette *et al.*, 2008b) qui a servi à établir les coefficients d'émission de N₂O, comme indiqué à la section 6.4.1.1.3.

L'estimation des émissions de N₂O provenant de l'épandage de fumier du bétail au Canada, qui est de 1,8 Mt d'éq. CO₂ pour

Tableau 6–7 Recalculs des estimations des émissions de N₂O et leur incidence sur la tendance des émissions, et les émissions totales des sources agricoles attribuables à l'application d'engrais, à l'épandage de fumiers et à la décomposition des résidus de récolte

Source d'émission	Année	Année de rapport	Émissions de la catégorie (Mt d'éq. CO ₂)	Variation des émissions (kt d'éq. CO ₂)	Variation relative des émissions de la catégorie (%)	Variation du total des émissions des sources agricoles (%)	Tendance des émissions de la catégorie de source (%) ¹
Engrais azotés synthétiques	1990	2013	5,88	34	0,6%	0,06%	56 (2013)
		2014	5,91				
	2011	2013	9,17	-22	-0,2%	-0,04%	55 (2014)
		2014	9,15				
Fumier épandu comme engrais	1990	2013	1,78	-0,2	0,0%	0,00%	6,2 (2013)
		2014	1,78				
	2011	2013	1,89	-61	-3,2%	-0,11%	2,8 (2014)
		2014	1,83				
Décomposition des résidus de récolte	1990	2013	4,74	29	0,6%	0,05%	6,9 (2013)
		2014	4,77				
	2011	2013	5,06	-36	-0,7%	-0,07%	5,5 (2014)
		2014	5,03				

Notes :

1. Les nombres entre parenthèses indiquent l'année du rapport pour laquelle la variation est calculée.

2012, se situe à l'intérieur d'une plage d'incertitude de 1,2 Mt d'éq. CO₂ (-33 %) à 2,6 Mt d'éq. CO₂ (+41 %) (Tableau 6–6). La principale source d'incertitude dans le calcul des émissions issues de l'épandage de fumier comprend la pente de l'équation de régression établissant le rapport P/EP, le taux d'excrétion d'azote des animaux et les corrections du coefficient d'émission tenant compte de la texture du sol (CR_{TEXTURE}) et du travail du sol (CR_{TRAVAIL DU SOL}).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990-2012).

6.4.1.2.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (Annexe 6), d'une manière conforme aux recommandations du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

6.4.1.2.5. Recalculs

Dans le rapport de cette année, des changements ont été apportés aux calculs des émissions directes de N₂O attribuables à l'épandage de fumier sur les sols agricoles à cause de l'utilisation des données sur le nombre d'animaux du *Recensement de l'agriculture* de 2011 (Statistique Canada, 2012), comme indiqué à la section 6.2.5, et de la modification des données d'entrée qui a eu une incidence sur le coefficient d'émission de N₂O de la manière décrite à la section 6.4.1.1.5

Les nouveaux calculs ont entraîné une baisse de 0,2 kt d'éq. CO₂ des émissions totales en 1990 (Tableau 6–7); la nouvelle répartition de l'azote du fumier entre les écodistricts a accru les émissions de 1,2 kt d'éq. CO₂ et la correction du rapport P/EP a fait baisser les émissions de 1 kt d'éq. CO₂. La correction des erreurs dans les données d'entrée de 2011 pour tenir compte de la texture du sol a donné lieu à une baisse plus importante des émissions de 61 kt d'éq. CO₂ au cours de cette année.

6.4.1.2.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions au sujet de cette source. D'autres analyses de l'incertitude visant à établir le degré d'incertitude de la tendance à moyen terme seront réalisées.

6.4.1.3. Fixation de l'azote biologique

6.4.1.3.1. Description de la catégorie de source

La fixation de l'azote biologique (N₂) par l'association légumineuses rhizobium n'est pas considérée comme une source d'émissions de N₂O par le Canada. La décision d'exclure cette catégorie en tant que source d'émissions est corroborée par les découvertes de Rochette et Janzen (2005), selon lesquelles rien ne prouve que des quantités mesurables de N₂O soient produites pendant le processus de fixation de l'azote. Le Canada déclare que cette source n'existe pas. Toutefois, on tient encore compte de la contribution de l'azote des légumineuses aux émissions de N₂O imputables à la décomposition des résidus de récolte (Section 6.4.1.4).

6.4.1.4. Décomposition des résidus de récolte (catégorie 4.D.4 du CUPR)

6.4.1.4.1. Description de la catégorie de source

Au moment de la récolte, une partie de la matière végétale est laissée sur le champ où elle se décompose. La matière végétale restante est une source d'azote pour les processus de nitrification et de dénitrification et peut contribuer à la production de N₂O.

6.4.1.4.2. Questions de méthodologie

Pour estimer les émissions de N₂O, on utilise la méthode de niveau 2 du GIEC; ainsi, on prend la quantité d'azote que contiennent les résidus de récolte et on la multiplie par le coefficient d'émission au niveau de l'écodistrict avant de la porter aux échelles provinciale et nationale. La quantité d'azote contenue dans les résidus de récolte des végétaux qui fixent ou non l'azote est estimée à partir des caractéristiques de culture propres au pays (Janzen *et al.*, 2003). Les coefficients d'émission sont déterminés selon la même démarche que pour l'application des engrais azotés synthétiques, selon les régimes d'humidité et les conditions topographiques.

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

L'analyse de l'incertitude associée aux émissions de N₂O attribuables à la décomposition des résidus de récolte a tenu compte de l'incertitude associée à la production végétale, ainsi que de l'incertitude définie dans la méthode propre à chaque pays (Rochette *et al.*, 2008b) qui a servi à établir les coefficients d'émission de N₂O, comme indiqué à la section 6.4.1.1.3.

L'estimation des émissions de N₂O issues de la décomposition des résidus de récolte, qui est de 5,3 Mt d'éq. CO₂ pour 2012, se situe à l'intérieur d'une plage d'incertitude de 3,4 Mt d'éq. CO₂ (-35 %) à 7,7 Mt d'éq. CO₂ (+45 %) (Tableau 6–6). Les principales sources d'incertitude dans le calcul des émissions provenant de la décomposition des résidus de cultures sont la pente de l'équation de régression établissant le rapport P/EP et les corrections du coefficient d'émission tenant compte de la texture du sol (CR_{TEXTURE}) et du travail du sol (CR_{TRAVAIL DU SOL}).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2012).

6.4.1.4.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (Annexe 6), d'une

manière conforme aux recommandations du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

6.4.1.4.5. Recalculs

Dans le rapport de cette année, des changements ont été apportés aux calculs des émissions directes de N₂O issues de la décomposition des résidus de récolte à cause de la modification des données d'entrée qui a eu une incidence sur les coefficients d'émission de N₂O, comme indiqué à la section 6.4.1.1.5.

Les nouveaux calculs ont eu pour résultat d'augmenter les émissions totales de 29 kt d'éq. CO₂ en 1990; la nouvelle répartition des cultures végétales entre les écodistricts a accru les émissions d'environ 34 kt d'éq. CO₂ et la correction du rapport P/EP a diminué les émissions d'environ 5 kt d'éq. CO₂. En 2011, la faible augmentation des émissions attribuables à la nouvelle répartition de l'azote des engrais a été partiellement atténuée par la baisse des émissions à cause des corrections du rapport P/EP et la correction des erreurs liées à la texture du sol dans les données d'entrée de 2011 a entraîné une légère baisse de 36 kt d'éq. CO₂ des émissions (Tableau 6–7).

6.4.1.4.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration des estimations des émissions de cette source n'est actuellement prévue. D'autres analyses de l'incertitude pour établir le degré d'incertitude de la tendance à moyen terme seront réalisées.

6.4.1.5. Culture des sols organiques (histosols)

6.4.1.5.1. Description de la catégorie de source

Le travail des sols organiques (histosols) pour les cultures agricoles fait généralement intervenir le drainage et l'abaissement de la nappe phréatique et l'augmentation de l'aération, ce qui accélère la décomposition de la matière organique et la minéralisation de l'azote. L'amélioration de la décomposition avec la culture d'histosols peut entraîner une augmentation de la dénitrification et de la nitrification, et ainsi augmenter la production de N₂O (Mosier *et al.* 1998).

6.4.1.5.2. Questions de méthodologie

On a utilisé la méthode de niveau 1 du GIEC (GIEC, 2000) pour estimer les émissions de N₂O imputables aux sols organiques travaillés. Pour calculer les émissions de N₂O, on multiplie la superficie des histosols travaillés par le coefficient d'émission par défaut du GIEC.

Les superficies d'histosols travaillés à l'échelle provinciale ne sont pas visées dans le *Recensement de l'agriculture*. Des consultations avec de nombreux spécialistes des sols et des cultures du Canada ont permis d'estimer à 16 kha la superficie des histosols canadiens et de déterminer que cette valeur était constante pour la période 1990—2011 (Liang *et al.*, 2004a).

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

L'analyse de l'incertitude associée aux émissions de N₂O attribuables aux sols organiques a tenu compte du degré d'incertitude des superficies de sols organiques et de celui du coefficient d'émission par défaut.

L'estimation des émissions de N₂O des sols organiques, qui est de 0,06 Mt d'éq. CO₂ pour 2012, se situe à l'intérieur d'une plage d'incertitude de 0,01 Mt d'éq. CO₂ (-79 %) à 0,12 Mt d'éq. CO₂ (+96 %) (Tableau 6–6). La principale source d'incertitude est le coefficient d'émission par défaut de niveau 1 du GIEC.

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990—2012).

6.4.1.5.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (Annexe 6), d'une manière conforme aux recommandations du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

6.4.1.5.5. Recalculs

Aucun nouveau calcul n'a été effectué aux fins des estimations de cette source d'émissions depuis deux ans.

6.4.1.5.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions imputables à cette source. D'autres analyses de l'incertitude pour établir le degré d'incertitude de la tendance à moyen terme seront réalisées.

6.4.1.6. Changements dans les émissions de N₂O dues à la réduction ou à l'élimination du travail du sol

6.4.1.6.1. Description de la catégorie de source

Il ne s'agit pas ici d'apport supplémentaire d'azote (c.-à.-d. l'engrais, les fumiers ou les résidus de récolte), mais plutôt d'un changement des coefficients d'émission de N₂O dû à l'adoption de méthodes conservatrices de travail des sols – à savoir le travail réduit du sol (TRS) et la culture sans labour (CSL).

6.4.1.6.2. Questions de méthodologie

En comparaison avec le travail classique ou intensif du sol, le semis direct sans labour et le travail réduit du sol modifient plusieurs facteurs qui influencent la production de N₂O, notamment la décomposition de la matière organique du sol, la disponibilité du carbone et de l'azote du sol, la densité apparente du sol et sa teneur en humidité (McConkey *et al.*, 1996, 2003; Liang *et al.*, 2004b). En conséquence, par rapport au travail du sol classique, les méthodes conservatrices (TRS et CSL) ont généralement fait baisser les émissions de N₂O dans les Prairies (Malhi et Lemke, 2007), mais les ont fait augmenter dans les autres régions du Canada (Rochette *et al.*, 2008a). Le résultat net pour l'ensemble du pays est donc une faible réduction des émissions. Cette réduction est déclarée séparément, sous forme d'une valeur estimative négative (Tableau 6–1).

Les variations des émissions de N₂O dus à l'adoption des méthodes conservatrices de travail des sols sont estimées grâce à des modifications des coefficients d'émission correspondant aux engrais synthétiques, à l'épandage de fumier sur les terres agricoles et à la décomposition des résidus de récolte. Cette sous-catégorie est maintenue à l'écart des catégories relatives aux engrais et à la décomposition des résidus de récolte à des fins de transparence. Cependant, cette séparation entraîne l'inscription de données d'émission négatives. Un coefficient empirique dérivé du travail du sol, que l'on définit comme le rapport entre les flux moyens de N₂O dans le cas du travail réduit du sol ou la culture sans labour (CSL) et les flux moyens de N₂O dans le cas du travail intensif (TI) du sol ($N_{2O_{CSL}}/N_{2O_{TI}}$), représente l'effet de la culture sans labour ou du travail réduit du sol sur les émissions de N₂O ($F_{TRAVAIL}$) (Annexe A3.3).

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

L'analyse de l'incertitude associée aux émissions de N₂O résultant de l'adoption de pratiques de conservation du sol a tenu compte de l'incertitude associée aux superficies faisant l'objet de

pratiques de travail du sol, des facteurs de gestion des fumiers décrits aux sections 6.3.2.3 et 6.4.1.2.3 et de l'incertitude définie dans la méthode propre à chaque pays (Rochette et al., 2008b) qui a servi à élaborer les coefficients d'émission de N₂O, comme indiqué à la section 6.4.1.1.3.

L'estimation des réductions d'émissions de N₂O résultant des pratiques de conservation du sol, qui est de 1,3 Mt d'éq. CO₂ pour 2012, se situe à l'intérieur d'une plage d'incertitude de -44 % à +55 % fondée sur la plage d'incertitude des émissions combinées des pratiques de travail du sol, d'irrigation et de jachères (Tableau 6–6). Les calculs qui se rapportent aux pratiques de travail du sol dépendent des calculs des émissions attribuables aux sols; tous les facteurs décrits précédemment dans les sections traitant du degré d'incertitude ont donc une incidence sur l'incertitude, notamment la correction du coefficient d'émission pour le travail du sol (CR_{TRAVAIL DU SOL}).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2012).

6.4.1.6.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (Annexe 6), d'une manière conforme aux recommandations du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

6.4.1.6.5. Recalculs

Le re-nivellement des surfaces cultivées en raison de l'intégration des valeurs du *Recensement de l'agriculture* de 2011, qui a modifié la répartition de l'azote des engrais entre les écodistricts, a donné lieu à de nouveaux calculs des superficies faisant l'objet de pratiques de conservation du sol pour l'ensemble de la série chronologique. De plus, après 2006, ces superficies avaient été extrapolées à partir des superficies assujetties à de telles pratiques de 2001 à 2006, lesquelles ont été modifiées à la lumière des données du recensement de 2011. Comme il est mentionné précédemment, les calculs relatifs aux pratiques de travail du sol dépendent des calculs faits pour les émissions des sols, et les nouveaux calculs sont fonction de l'ensemble des facteurs décrits précédemment dans les sections traitant des recalculs. Ces changements ont donné lieu à de nouveaux calculs qui ont indiqué une très faible baisse de 5,6 kt d'éq. CO₂ des émissions en 1990 et une augmentation marquée de 111 kt d'éq. CO₂ en 2011. Bien que la tendance de cette catégorie de sources d'émission soit grandement modifiée, les changements ont peu d'incidence sur les estimations totales des émissions des sources agricoles (Tableau 6–8).

6.4.1.6.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions imputables à cette source. Toutefois, des travaux ont été entrepris pour établir des estimations de l'incertitude du niveau et des tendances au moyen de la méthode de niveau 2 du GIEC. D'autres analyses de l'incertitude pour établir le degré d'incertitude de la tendance à moyen terme seront réalisées.

Tableau 6–8 Recalculs des estimations des émissions de N₂O et leur incidence sur la tendance des émissions, et les émissions totales des sources agricoles attribuables aux pratiques de conservation du sol, de jachère et d'irrigation

Source d'émission	Année	Année de rapport	Émissions de la catégorie (Mt d'éq. CO ₂)	Variation des émissions (kt d'éq. CO ₂)	Variation relative des émissions de la catégorie (%)	Variation du total des émissions des sources agricoles (%)	Tendance des émissions de la catégorie de source (%) ¹
Pratiques de conservation du sol	1990	2013	-0,30	-5,6	1,9 %	-0,01 %	310 (2013)
		2014	-0,30				
	2011	2013	-1,21	111	-9,2 %	0,21 %	260 (2014)
		2014	-1,10				
Jachère	1990	2013	1,36	20	1,5 %	0,04 %	58 (2013)
		2014	1,38				
	2011	2013	0,57	-75	-13 %	-0,14 %	63 (2014)
		2014	0,50				
Irrigation	1990	2013	0,28	-0,2	-0,1 %	0,00 %	44 (2013)
		2014	0,28				
	2011	2013	0,41	-33	-8,1 %	-0,06 %	32 (2014)
		2014	0,37				

Notes :

1. Les nombres entre parenthèses indiquent l'année du rapport pour laquelle la variation est calculée.

6.4.1.7. Émissions de N₂O imputables aux jachères

6.4.1.7.1. Description de la catégorie de source

Cette catégorie ne représente pas d'apport d'azote additionnel, mais correspond plutôt à des modifications des conditions du sol ayant une influence sur les émissions de N₂O. La jachère est une méthode agricole couramment utilisée dans la région des Prairies pour conserver l'humidité du sol en le laissant non ensemencé pendant toute une saison de croissance dans le cadre de la rotation des cultures. Durant l'année de jachère, plusieurs facteurs peuvent stimuler les émissions de N₂O par rapport à une situation de culture, comme la teneur plus élevée en humidité du sol, la température plus élevée du sol et la disponibilité généralement supérieure du carbone et de l'azote du sol (Campbell *et al.*, 1990; Campbell *et al.*, 2005).

6.4.1.7.2. Questions de méthodologie

Des études expérimentales ont révélé que les émissions de N₂O dans les champs en jachère ne sont pas différentes des émissions provenant des champs qui sont constamment cultivés (Rochette *et al.*, 2008b). L'omission des zones soumises à la jachère dans les calculs des émissions de N₂O, parce qu'il n'y a ni culture ni application d'engrais, pourrait mener à une sous estimation du total des émissions de N₂O. On calcule donc les émissions attribuables aux jachères par une méthode propre à chaque pays, en faisant la somme des émissions d'azote résultant de l'épandage d'engrais et de fumier sur les cultures annuelles et des résidus végétaux dans un écodistrict donné et en la multipliant par la proportion de cet écodistrict qui est en jachère (Rochette *et al.*, 2008b). Une description plus détaillée de cette approche est fournie à l'annexe 3.3. Cette sous catégorie est déclarée séparément des catégories relatives aux engrais azotés synthétiques, au fumier animal épandu comme engrais et à la décomposition des résidus de récolte afin d'améliorer la transparence du processus d'établissement de rapport.

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

L'analyse de l'incertitude des émissions de N₂O dues aux pratiques de jachère a tenu compte du degré d'incertitude des superficies en jachère, des facteurs de gestion des fumiers décrits aux sections 6.3.2.3. et 6.4.1.2.3, de la décomposition des résidus de récolte, comme indiqué à la section 6.4.1.2.3, et de l'incertitude définie dans la méthode propre à chaque pays (Rochette *et al.*, 2008b) qui a servi à établir les coefficients d'émission de N₂O, tel que mentionné à la section 6.4.1.1.3..

L'estimation des émissions de N₂O attribuables aux terres en jachère, qui est de 0,49 Mt d'éq. CO₂ pour 2012, se situe à

l'intérieur d'une plage d'incertitude de -44 % à +55 %, fondée sur la plage d'incertitude des émissions combinées résultant des pratiques de travail du sol, d'irrigation et de jachère (Tableau 6 6.). Le calcul des émissions attribuables aux pratiques de jachère influence tous les calculs des émissions des sols, et l'ensemble des facteurs décrits précédemment dans les sections traitant du degré d'incertitude, notamment la correction du coefficient d'émission pour le travail du sol (CRTRAVAIL DU SOL), influent donc sur l'incertitude.

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990-2012).

6.4.1.7.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (Annexe 6), d'une manière conforme aux recommandations du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

6.4.1.7.5. Recalculs

Tout comme pour le travail du sol, on a effectué un re nivellement des surfaces cultivées pour intégrer les valeurs du recensement de 2011, ce qui a modifié la répartition de l'azote des engrais entre les écodistricts, et a également eu une incidence sur les nouveaux calculs des superficies mises en jachère pour l'ensemble de la série chronologique, y compris l'extrapolation pour la période de 2006 à 2011. Les calculs pour les superficies en jachère dépendent aussi des calculs de toutes les émissions des sols, et les nouveaux calculs sont fonction de tous les facteurs décrits précédemment dans les sections traitant des recalculs. Ces changements ont donné lieu à de nouveaux calculs qui ont fait augmenter les émissions de 20 kt d'éq. CO₂ en 1990 et baisser les émissions de 75 kt d'éq. CO₂ en 2011. Bien que la tendance pour cette catégorie de source d'émission soit modifiée de façon marquée, les changements ont peu d'incidence sur les estimations des émissions totales des sources agricoles (Tableau 6-8).

6.4.1.7.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions imputables à cette source. D'autres analyses de l'incertitude pour établir le degré d'incertitude de la tendance à moyen terme seront réalisées.

6.4.1.8. Émissions de N₂O attribuables à l'irrigation

6.4.1.8.1. Description de la catégorie de source

Comme pour les pratiques de travail du sol et la jachère, l'effet de l'irrigation sur les émissions de N₂O n'est pas imputable à un apport additionnel d'azote, mais correspond plutôt à des modifications des conditions du sol ayant une influence sur les émissions de N₂O. La plus forte teneur en eau des sols irrigués fait augmenter le potentiel d'émissions de N₂O en accroissant l'activité biologique et en réduisant l'aération des sols (Jambert *et al.*, 1997), ce qui augmente la dénitrification.

6.4.1.8.2. Questions de méthodologie

La méthodologie est propre à chaque pays et se fonde sur les hypothèses suivantes : 1) l'eau apportée par l'irrigation stimule la production de N₂O d'une manière comparable à l'eau de pluie, et 2) l'irrigation est pratiquée à des taux tels que la quantité d'eau apportée par les précipitations plus celle apportée par l'irrigation équivalent à l'évapotranspiration potentielle dans les conditions locales. En conséquence, on a estimé l'effet de l'irrigation sur les émissions de N₂O des sols agricoles à l'aide d'un CEBASE estimé à un rapport P/EP = 1 (précipitations/évapotranspiration potentielle, $CE_{BASE} = 0,017 \text{ N}_2\text{O-N kg}^{-1} \text{ N}$) pour les zones irriguées d'un écodistrict donné. À des fins de transparence, l'effet de l'irrigation sur les émissions de N₂O des sols sont déclarées séparément de celles des autres catégories de source.

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

L'analyse de l'incertitude associée aux émissions de N₂O attribuables aux pratiques d'irrigation a tenu compte du degré d'incertitude des superficies irriguées, des facteurs de gestion des fumiers indiqués aux sections 6.3.2.3. et 6.4.1.2.3 et de l'incertitude définie dans la méthode propre à chaque pays (Rochette *et al.*, 2008b) qui a servi à établir les coefficients d'émission de N₂O, comme indiqué à la section 6.4.1.1.3.

L'estimation des émissions de N₂O attribuables aux terres irriguées, qui est de 0,4 Mt d'éq. CO₂ pour 2012, se situe à l'intérieur d'une plage d'incertitude de -44 % à +55 % fondée sur la plage d'incertitude des émissions combinées des pratiques de travail du sol, d'irrigation et de jachère (Tableau 6–6). Le coefficient d'émission des terres irriguées pour un écodistrict donné est fonction de tous les calculs de coefficients d'émission des sols, et l'ensemble des facteurs décrits précédemment dans les sections traitant du degré d'incertitude, notamment la pente et le point d'intersection de l'équation de régression établissant le rapport P/EP, influent donc sur l'incertitude.

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2012).

6.4.1.8.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (Annexe 6), d'une manière conforme aux recommandations du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

6.4.1.8.5. Recalculs

Le re-nivellement des surfaces cultivées pour intégrer les valeurs du recensement de 2011 a aussi eu une incidence sur les nouveaux calculs des superficies irriguées pour l'ensemble de la série chronologique, y compris l'extrapolation pour la période de 2006 à 2011. Ces calculs dépendent également de tous les calculs pour les émissions des sols, et les nouveaux calculs sont fonction de l'ensemble des facteurs décrits précédemment dans les sections traitant des recalculs. Ces changements ont donné lieu à de nouveaux calculs indiquant une baisse de 0,2 kt d'éq. CO₂ des émissions en 1990 et de 33 kt d'éq. CO₂ en 2011 (Tableau 6–8).

6.4.1.8.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions pour cette source. D'autres analyses de l'incertitude pour établir le degré d'incertitude de la tendance à moyen terme seront réalisées.

6.4.2. Fumier produit sur les pâturages, dans les grands parcours et dans les enclos (catégorie 4.D.2 du CUPR)

6.4.2.1. Description de la catégorie de source

Lorsque les animaux en pacage laissent leurs déjections sur les pâturages et dans les enclos, l'azote du fumier subit des transformations comme l'ammonification, la nitrification et la dénitrification. Ces processus de transformation peuvent entraîner le rejet de N₂O.

6.4.2.2. Questions de méthodologie

Les émissions des déjections des animaux au pacage sont calculées au moyen de la méthode de niveau 1 du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997). On calcule les émissions pour chaque catégorie

animale en multipliant le nombre d'animaux en pacage par le taux approprié d'excrétion d'azote et par la fraction d'azote du fumier disponible pour la conversion en N₂O.

Les données sur les cheptels sont les mêmes que celles qui ont été utilisées pour estimer les émissions imputables à la fermentation entérique (Section 6.2). On calcule le nombre d'animaux en pacage dans chaque catégorie ou sous catégorie en multipliant l'effectif total du cheptel par la fraction d'animaux en pacage dans les pâturages, les grands parcours et les enclos. Les taux d'excrétion d'azote reposent sur les valeurs par défaut du GIEC 2006. La fraction d'azote du fumier disponible pour la conversion en N₂O est calculée comme pourcentage de l'azote total produit sur les pâturages, dans les grands parcours et dans les enclos, multipliée par les valeurs par défaut du GIEC, qui sont de 0,02 kg N₂O-N/kg N pour les bovins et les porcs et de 0,01 kg N₂O-N/kg N pour les moutons/agneaux, les chèvres et les chevaux.

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

L'analyse de l'incertitude associée aux émissions de N₂O imputables aux pâturages, aux grands parcours et aux enclos tient compte du degré d'incertitude des paramètres définis dans la méthodologie de niveau 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC et du nombre d'animaux dans les systèmes de pâturages. Les données sur les populations animales et la caractérisation des animaux étaient identiques à celles utilisées dans l'analyse de la fermentation entérique et de la gestion du CH₄ des fumiers, comme indiqué aux sections 6.2.3 et 6.3.1.3.

L'estimation des émissions de N₂O attribuables au bétail canadien en pâturage, qui est de 2,7 Mt d'éq. CO₂ pour 2012, se situe à l'intérieur d'une plage d'incertitude de 1,1 Mt d'éq. CO₂

(-60 %) à 4,7 Mt d'éq. CO₂ (+75 %) (Tableau 6-6). La plus grande part d'incertitude (-100 % à +200 %) est associée au coefficient d'émission de niveau 1 du GIEC.

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990-2012).

6.4.2.4. AQ/CQ et vérification

Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique. Des contrôles de la qualité et des contre vérifications ont été effectués pour déceler les erreurs de saisie des données et de calcul. En général, on dispose de très peu de données sur la quantité des émissions de N₂O découlant des déjections sur les pâturages et dans les enclos des animaux au pacage au Canada. C'est pourquoi il est extrêmement difficile de déterminer dans quelle mesure le coefficient d'émission du GIEC reflète la situation canadienne.

6.4.2.5. Recalculs

L'intégration des données du Recensement de l'agriculture de 2011 (Statistique Canada 2012) sur le nombre d'animaux, comme indiqué à la section 6.2.5, a fait diminuer les émissions de 2006 à 2011, et les nouveaux calculs ont donné une valeur maximale pour 2011 de -87 kt d'éq. CO₂ (Tableau 6-9), à cause de la baisse du nombre de bovins. La tendance à la hausse des émissions a reculé de 4 % mais, dans l'ensemble, les émissions totales de sources agricoles ont baissé de moins de 0,5 %.

Tableau 6-9 Recalculs des estimations des émissions de N₂O et leur incidence sur la tendance des émissions, et les émissions totales des pâturages, des grands parcours et des enclos; les émissions indirectes, la volatilisation et le dépôt, le lessivage, l'érosion et le ruissellement

Source d'émission	Année	Année de rapport	Émissions de la catégorie (Mt d'éq. CO ₂)	Tendance des émissions de la catégorie de source (variation en %) ¹	Variation des émissions (kt d'éq. CO ₂)	Variation relative des émissions de la catégorie (%)	Variation du total des émissions des sources agricoles (%)
Émissions des pâturages, grands parcours et enclos	2011	2013	2,72	23	-87	-3,19 %	-0,16 %
		2014	2,64	19			
Émissions indirectes, volatilisation et dépôt	2011	2013	2,60	30	-7	-0,26 %	-0,01 %
		2014	2,59	29			
Émissions indirectes, lessivage, érosion et ruissellement	1990	2013	6,67	24 (2013)	27	0,40 %	0,05 %
		2014	6,69				
	2011	2013	8,24	22 (2014)	-54	-0,66 %	-0,10 %
		2014	8,19				

Note :

1. Les nombres entre parenthèses indiquent l'année du rapport pour laquelle la variation est calculée.

6.4.2.6. Améliorations prévues

Les émissions de N_2O imputables au fumier déposé sur les pâturages, dans les grands parcs et dans les enclos par des animaux en pacage au Canada représentent une catégorie de source importante conformément à l'évaluation du niveau. Ainsi, le Canada a mis sur pied un projet de recherche d'une durée de trois ans, qui a commencé en septembre 2009, en vue de quantifier les émissions de N_2O attribuables au fumier animal déposé sur les pâturages, dans les grands parcs et dans les enclos par les bovins laitiers et de boucherie en pacage. On prévoit que d'ici la fin de ce projet, le Canada sera en mesure d'estimer les émissions de N_2O attribuables à cette source à l'aide de coefficients d'émission propres au pays. Cette amélioration va aussi entraîner une mise à jour de l'analyse de l'incertitude.

6.4.3. Émissions indirectes de N_2O des sols (catégorie 4.D.3 du CUPR)

Une fraction de l'azote que l'on trouve à la fois dans les engrais synthétiques et le fumier épandus sur les sols agricoles est transportée hors site par volatilisation sous forme de NH_3 et de NO_x et par dépôt ultérieur ou lessivage, érosion et ruissellement. L'azote ainsi transporté depuis les sols agricoles fournit un supplément d'azote aux processus de nitrification et de dénitrification qui rejettent du N_2O .

6.4.3.1. Volatilisation et dépôt d'azote

6.4.3.1.1. Description de la catégorie de source

Lorsqu'on applique des engrais synthétiques ou du fumier sur des terres cultivées, une portion de l'azote est perdue par volatilisation sous forme de NH_3 ou de NO_x , qui peut se redéposer ailleurs et continuer à se transformer, entraînant des émissions de N_2O en dehors du site. La quantité de cet azote volatilisé dépend d'un certain nombre de facteurs, comme les taux d'épandage d'engrais et de fumier, les types d'engrais, les modes et le moment d'application de l'azote, la texture des sols, les précipitations, la température, le pH des sols, etc.

6.4.3.1.2. Questions de méthodologie

Il n'existe que peu de données scientifiques publiées qui déterminent réellement les émissions de N_2O dues à la volatilisation et au dépôt du NH_3 et des NO_x . Il est possible que l'azote qui est lessivé, notamment dans les eaux souterraines, ou qui s'est volatilisé ne subisse aucune nitrification ni dénitrification pendant de nombreuses années. Même si les émissions indirectes de N_2O des sols agricoles représentent une catégorie de source clé pour l'évaluation du niveau et de la tendance pour le Canada, il existe

certaines difficultés liées à la définition de la durée et des limites puisque les Lignes directrices du GIEC ne fournissent aucune méthode normalisée pour calculer les coefficients d'émission de niveau 2 du GIEC.

On a utilisé la méthode de niveau 1 du GIEC pour estimer les émissions indirectes de N_2O attribuables à la volatilisation et au dépôt d'azote provenant d'engrais azotés synthétiques et de fumiers. On multiplie la quantité d'azote des engrais synthétiques et du fumier par la fraction d'azote volatilisée sous forme de NH_3-N et de NO_x-N , puis par un coefficient d'émission. La quantité d'azote épandue est calculée à partir des données sur les ventes annuelles d'engrais, fournies par Statistique Canada, et des données sur les quantités d'azote dans le fumier des animaux (Annexe 3.3). On pose l'hypothèse que la quantité d'azote volatilisé est égale à 10 % de la quantité totale d'engrais synthétique appliquée, à 20 % de l'azote du fumier épandu sur les terres cultivées, et à 12 % à 48 % de l'azote du fumier libéré pendant la manutention et l'entreposage (GIEC, 2006). Pour estimer les émissions de N_2O , on applique le coefficient d'émission par défaut du GIEC, qui est de 0,01 kg N_2O-N/kg N (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

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

L'analyse, au moyen de la technique de Monte Carlo, de l'incertitude associée aux émissions indirectes de N_2O attribuables à la volatilisation et au dépôt d'azote a tenu compte du degré d'incertitude des paramètres définis dans la méthodologie de niveau 1 des Lignes directrices 2006 du GIEC et du degré d'incertitude de l'estimation des émissions totales d'azote.

L'estimation des émissions de N_2O issues de la volatilisation et du dépôt, qui est de 2,8 Mt d'éq. CO_2 pour 2012, se situe à l'intérieur d'une plage d'incertitude de 0,7 Mt d'éq. CO_2 (-74 %) à 5,7 Mt d'éq. CO_2 (+110 %) (Tableau 6-6). La plus grande part d'incertitude est associée au coefficient d'émission de niveau 1 du GIEC, qui est de 1 % (plage d'incertitude, 0,2 % à 5 %).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990-2012).

6.4.3.1.4. AQ/CQ et vérification

Cette source a fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1, tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (Annexe 6) d'une manière conforme aux recommandations du GIEC (GIEC 2000). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

6.4.3.1.5. Recalculs

L'intégration des données du *Recensement de l'agriculture* de 2011 (Statistique Canada, 2012) sur le nombre d'animaux, comme indiqué à la section 6.2.5, a fait baisser les émissions de 2006 à 2011, et les nouveaux calculs ont donné une valeur maximale en 2011 de -7 kt d'éq. CO₂ (Tableau 6-9), à cause de la diminution des populations de bovins, et ont eu très peu d'incidence sur les émissions totales des sources agricoles et sur les tendances des émissions.

6.4.3.1.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions imputables à cette source.

6.4.3.2. Lessivage, érosion et ruissellement

6.4.3.2.1. Description de la catégorie de source

Lorsque des engrais azotés synthétiques, du fumier ou des résidus de récolte sont épandus sur des terres cultivées, une partie de l'azote de ces sources est perdue par lessivage, érosion et ruissellement. L'ampleur de cette déperdition dépend d'un certain nombre de facteurs, comme les taux, la méthode, le type de culture, la texture du sol, les précipitations et le paysage. Ce volume d'azote perdu peut subir d'autres transformations comme la nitrification et la dénitrification, ce qui peut générer des émissions de N₂O hors des sites.

6.4.3.2.2. Questions de méthodologie

Il existe peu de données scientifiques publiées déterminant les émissions de N₂O attribuables au lessivage, à l'érosion et au ruissellement au Canada. Comme dans le cas des émissions de N₂O attribuables à la volatilisation et au dépôt de NH₃ et de NO_x, cette source est peu définie puisque les Lignes directrices du GIEC ne fournissent aucune méthode normalisée pour calculer les coefficients d'émission de niveau 2 du GIEC.

Une méthode de niveau 1 modifiée du GIEC est utilisée pour estimer les émissions indirectes de N₂O qui résultent du lessivage, du ruissellement et de l'érosion de l'azote provenant des engrais, des fumiers et des résidus de récolte et présent dans les sols agricoles. Pour estimer les émissions indirectes de N₂O résultant du ruissellement et du lessivage de l'azote au niveau des écodistricts, on utilise la *FracLESSIVAGE* que l'on multiplie par le volume d'azote des engrais synthétiques, d'azote du fumier qui ne s'est pas volatilisé et d'azote des résidus de récolte ainsi que par un coefficient d'émission de 0,025 kg N₂O-N/kg N (GIEC 2000).

La valeur par défaut de la fraction d'azote perdue par lessivage et ruissellement (*FracLESSIVAGE*) dans les Lignes directrices de 1996 est de 0,3. La *FracLESSIVAGE* peut atteindre 0,05 dans les régions où les précipitations sont nettement inférieures à l'évapotranspiration potentielle (GIEC, 2006), comme dans les Prairies du Canada. C'est ainsi qu'on présume que la *FracLESSIVAGE* varie selon l'écodistrict entre un minimum de 0,05 et un maximum de 0,3. Pour les écodistricts sans déficit hydrique pendant la période de croissance (de mai à octobre), on a utilisé la valeur maximale de *FracLESSIVAGE* recommandée dans les Lignes directrices de 2006 du GIEC, soit 0,3. On utilise la valeur minimale de *FracLESSIVAGE* de 0,05 pour les écodistricts avec le déficit hydrique le plus important. Pour les autres écodistricts, on estime la valeur de *FracLESSIVAGE* à l'aide d'une extrapolation linéaire fondée sur la plage de valeurs mentionnée ci dessus.

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

L'analyse, au moyen de la technique de Monte-Carlo, de l'incertitude associée aux émissions indirectes de N₂O attribuables au lessivage, à l'érosion et au ruissellement d'azote a tenu compte du degré d'incertitude des paramètres définis dans la méthode de niveau 1 des Lignes directrices du GIEC – version révisée 1996 et du degré d'incertitude de l'estimation des émissions totales d'azote.

L'estimation des émissions de N₂O imputables au lessivage, à l'érosion et au ruissellement d'azote, qui est de 8,9 Mt d'éq. CO₂ en 2012, se situe à l'intérieur d'une plage d'incertitude de 1,8 Mt d'éq. CO₂ (-80 %) à 20 Mt d'éq. CO₂ (+120 %) (Tableau 6-6). La plus grande part d'incertitude est associée au coefficient d'émissions de niveau 1 du GIEC, qui est de 2,5 % des émissions totales d'azote lessivé (plage d'incertitude de 0,2 %–12 %).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990-2012).

6.4.3.2.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1, tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (Annexe 6) d'une manière conforme aux recommandations du GIEC. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

6.4.3.2.5. Recalculs

Les estimations des émissions indirectes dues au lessivage, à l'érosion et au ruissellement ont été directement touchées par les améliorations de l'estimation du rapport P/EP pour les écodistricts et la répartition de l'azote des engrais entre les écodistricts.

Les nouveaux calculs montrent une hausse de 27 kt d'éq. CO₂ des émissions totales en 1990 et une baisse de 54 kt d'éq. CO₂ en 2011, faisant reculer de 2 % la tendance des émissions de la catégorie, mais ayant une très faible incidence sur les estimations des émissions totales des sources agricoles (Tableau 6–9).

6.4.3.2.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions imputables à cette source.

6.5. Émissions de CH₄ et de N₂O provenant du brûlage des résidus agricoles dans les champs (CRF Category 4.F)

6.5.1. Description de la catégorie de source

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, cette pratique a diminué en popularité depuis quelques années, en raison des préoccupations qu'elle suscite sur le plan de la qualité des sols et de l'environnement. Le brûlage des résidus de récolte est une source nette de CH₄, de CO, de NO_x et de N₂O (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

6.5.2. Questions de méthodologie

Il n'existe aucune donnée publiée sur les émissions de N₂O et de CH₄ issues du brûlage dans les champs des résidus agricoles au Canada. On a donc utilisé les coefficients par défaut et les paramètres tirés des Recommandations en matière de bonnes pratiques du GIEC (GIEC, 2000) pour estimer les émissions.

À partir des données recueillies par Statistique Canada dans le cadre de son Enquête sur la gestion agroenvironnementale (EGA)² et lors des consultations auprès des experts (Coote *et al.*, 2008), une série chronologique complète des données d'activités sur le type et le pourcentage des résidus de récolte brûlés dans les champs a été élaborée.

Les paramètres propres aux cultures, tels que la teneur en humidité du produit cultivé et le rapport entre les résidus de récolte au sol et le produit cultivé, nécessaires à l'estimation de la quantité de résidus de récolte brûlés sont tirés de Janzen *et al.* (2003), et concordent avec les valeurs utilisées pour estimer les émissions dues à la décomposition des résidus de récolte.

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

Le degré d'incertitude des émissions de CH₄ et de N₂O provenant du brûlage dans les champs de résidus agricoles a été déterminé au moyen de la méthode de niveau 1 du GIEC (GIEC, 2006).

Il appert que les quantités de résidus de récolte brûlés dans les champs ainsi que les coefficients d'émissions de CH₄ et de N₂O issues du brûlage des résidus sont incertains. On a estimé à ± 50 % (Coote *et al.*, 2008) le degré d'incertitude de la quantité de résidus de récolte brûlés, en se basant sur la superficie d'une culture semée particulière. Les Lignes directrices de 2006 du GIEC ne précisent aucun coefficient d'émission, mais on présume qu'ils sont semblables aux coefficients d'émissions du brûlage de la savane et des prairies; soit ± 40 % pour le CH₄ et ± 48 % pour le N₂O (GIEC, 2006). On a estimé à ± 29 % l'incertitude du niveau et à ± 23 % celle des tendances des estimations des émissions de CH₄ de 1990 à 2011. Les incertitudes du niveau et des tendances des estimations des émissions de N₂O ont été estimées à ± 29 % et ± 23 %, respectivement.

6.5.4. AQ/CQ et vérification

Les émissions de CH₄ et de N₂O du brûlage dans les champs de résidus agricoles ont fait l'objet de contrôles de la qualité de niveau 1, comme il est mentionné dans le plan d'AQ et de CQ (Annexe 6), conformément aux Recommandations en matière de bonnes pratiques du GIEC. Les données d'activités et les méthodes sont documentées et archivées sous format papier et électronique.

6.5.5. Recalculs

Dans le présent rapport, aucun nouveau calcul n'a été effectué pour cette source d'émission.

6.5.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration des estimations des émissions de cette source n'est actuellement prévue.

2 http://www.statcan.gc.ca/cgi-bin/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5044&lang=en&db=imdb&adm=8&dis=2

Chapitre 7

Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (secteur 5 du CUPR)

7.1. Aperçu

Le secteur ATCATF déclare les flux de GES entre l'atmosphère et les terres aménagées du Canada, de même que les flux associés aux changements d'affectation des terres. L'évaluation englobe les émissions et les absorptions de CO₂, les émissions supplémentaires de CH₄, de N₂O, et de CO imputables aux feux de friches

et au brûlage dirigé, de même que le N₂O rejeté par suite de la conversion de terres en terres cultivées. Toutes les émissions et les absorptions par le secteur ATCATF sont exclues des totaux nationaux.

En 2012, les flux nets estimatifs de GES dans le secteur ATCATF, qui représentent la somme des émissions et des absorptions de CO₂¹ et des émissions de gaz autres que le CO₂, correspondaient à des émissions de 41 Mt. Si l'on incluait ces chiffres dans les totaux nationaux, cela aurait pour effet de faire augmenter de 6 % environ les émissions totales de GES du Canada. Le Tableau 7-1 donne les estimations des flux nets pour 1990 et les années récentes dans les principales catégories et sous-catégories du secteur ATCATF.

Compte tenu de la forte variabilité interannuelle affichée par certaines catégories et de l'effet sur les tendances sectorielles, il est déconseillé au lecteur d'interpréter les chiffres du Tableau 7-1 comme des tendances. La série chronologique complète des estimations du secteur ATCATF est donnée au Tableau 10 de la série de tableaux du CUPR.

La catégorie des terres forestières a la plus grande influence sur les totaux sectoriels. Les flux nets sont négatifs (absorptions) pour

1 À moins d'être indiquées autrement, toutes les émissions et absorptions sont en équivalents CO₂.

Tableau 7-1 Estimations des flux nets de GES du secteur ATCATF, certaines années

Catégories sectorielles	Flux net de GES (kt d'éq. CO ₂) ⁴							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie – TOTAL¹	-71 000	-52 000	53 000	-17 000	-27 000	76 000	77 000	41 000
a. Terres forestières	-98 000	-65 000	44 000	-26 000	-35 000	68 000	69 000	32 000
Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	-97 000	-64 000	45 000	-25 000	-34 000	69 000	69 000	33 000
Terres converties en terres forestières	-1 000	-1 000	-900	-800	-800	-700	-700	-700
b. Terres cultivées	12 000	280	-3 800	-4 900	-4 900	-5 000	-4 800	-4 900
Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	-1 000	-7 000	-10 000	-10 000	-10 000	-10 000	-10 000	-10 000
Terres converties en terres cultivées	13 000	7 000	6 000	5 500	5 500	5 400	5 700	5 600
c. Prairies	600	900	800	400	400	300	600	1 400
Prairies dont la vocation n'a pas changé	600	900	800	400	400	300	600	1 400
Terres converties en prairies								
d. Terres humides	5 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000
Terres humides dont la vocation n'a pas changé	1 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000
Terres converties en terres humides	4 000	700	900	800	800	700	700	700
e. Zones de peuplement	9 000	9 000	10 000	10 000	9 000	10 000	10 000	10 000
Zones de peuplement dont la vocation n'a pas changé	-100	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
Terres converties en zones de peuplement	9 000	9 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000
Conversion de terres forestières (poste pour mémoire)²	25 000	18 000	19 000	19 000	18 000	18 000	18 000	18 000
Conversion de prairies (poste pour mémoire)^{2,3}	200	200	200	200	200	200	200	200

Notes :

1. Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué. L'annexe 9 décrit le protocole d'arrondissement.
2. Déjà comprises dans les terres converties en terres cultivées, terres humides ou zones de peuplement, et dans les terres cultivées et terres humides dont la vocation n'a pas changé (pour les émissions résiduelles post20 ans et 10 ans pour les réservoirs).
3. Inclut la conversion des prairies agricoles en terres cultivées, et de la toundra en zones de peuplement.
4. Les signes négatifs indiquent une élimination de CO₂ de l'atmosphère.

NE = Non estimé, I = Inexistant

12 des 23 années de la série chronologique et positifs (émissions) pour le reste. Les années avec un flux positif net sont de plus en plus fréquentes dans la dernière partie de la série chronologique, ce qui témoigne des répercussions des perturbations actuelles causées par les insectes dans l’ouest du Canada. Les émissions nettes sont particulièrement élevées dans les années marquées par des feux de friches ayant brûlé de grandes superficies de forêts aménagées. La variabilité interannuelle est donc élevée, avec des totaux nets pour la catégorie fluctuant entre -115 Mt (1992) et 180 Mt (1995) (Figure 2-12). Ces fluctuations affectent les totaux du secteur ATCATF, qui varient entre des émissions nettes et des absorptions nettes, selon le flux net des forêts gérées.

La catégorie des terres cultivées montre une tendance soutenue à la décroissance des émissions pour la période de 1990 à 2006, avec des émissions de 12 Mt en 1990 et des absorptions nettes de 5 Mt en 2006. Cette tendance découle des changements apportés aux pratiques de gestion agricole dans l’Ouest canadien, tels que l’adoption généralisée de pratiques culturales de conservation du sol et de la réduction des jachères. Depuis 2006, les absorptions nettes tendent à demeurer constantes, à environ 5 Mt, puisque l’adoption des pratiques culturales de conservation du sol et de la réduction des jachères commencent à plafonner, et que l’activité du sol comme puits s’approche de l’équilibre. En outre, les émissions élevées découlant d’une augmentation de la proportion de cultures annuelles dans les systèmes de production végétale au cours des dernières années annulent partiellement les absorptions. La baisse des émissions issues de la conversion de terres forestières en terres cultivées contribue aussi à cette tendance.

Au cours de la période de 1990 à 2012, les flux nets pour la catégorie des terres humides (tourbières gérées et terres inondées) varient entre 2,5 Mt et 5,4 Mt. Les émissions provenant de terres converties en terres humides baissent de 4 Mt à 0,7 Mt pendant la période. Les émissions provenant des terres inondées représentent 55 % de toutes les émissions de la catégorie des terres humides comparativement à 84 % en 1990.

Le secteur ATCATF continue de recourir aux meilleurs experts canadiens au sein du cadre pluridisciplinaire national pour

procéder à la surveillance, à la comptabilisation et au rapport des émissions et des absorptions dans les terres aménagées. Le Système de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports (SSCPR)² fournit un moyen pour coordonner, planifier et intégrer les activités de nombreux groupes de scientifiques et d’experts de plusieurs ordres de gouvernement et d’établissements de recherche.

Les travaux devraient se poursuivre au sein du SSCPR pour le secteur ATCATF au cours des prochaines années. Les améliorations prévues comprennent l’inclusion du stockage du carbone dans les produits ligneux récoltés, la préparation d’estimations officielles et documentées des incertitudes dans toutes les catégories de l’ATCATF et la quantification des catégories pour lesquelles l’affectation des terres et les changements d’utilisation des terres ne sont pas documentés.

Les équipes d’examen composées d’experts (EEE) qui ont examiné les rapports d’inventaire précédents du Canada ont présenté diverses recommandations au sujet du secteur ATCATF. Le Tableau 7-2 dresse la liste des recommandations qui ont été prises en considération dans le présent rapport. Celui-ci ne comprend aucun changement apporté en réponse aux recommandations de l’EEE qui a passé en revue la déclaration de l’année 2013, car le rapport de l’examen n’était pas encore disponible lors de la préparation de cette déclaration.

La déclaration de cette année comprend plusieurs changements apportés aux estimations relatives aux terres forestières, y compris une nouvelle version du modèle pour les forêts, la révision des superficies de terres forestières atteintes par des perturbations naturelles, l’incorporation d’un nouvel inventaire forestier provincial et la mise à jour des données sur les activités de récolte. Les changements comprennent aussi l’intégration des données d’activité sur les terres cultivées provenant du *Recensement de l’agriculture* de 2011, l’inclusion pour la première fois dans le rapport d’une nouvelle source d’émissions, soit le brûlage des prairies, l’amélioration de l’attribution des terres en ce qui concerne les superficies converties pour l’extraction de tourbe et

2 Décrit pour la première fois dans le RIN de 2004 et mis en œuvre pour la déclaration de 2006.

Tableau 7-2 Recommandations de l’équipe d’examen composée d’experts et mesures prises par le Canada

Recommandation de l’EEE	Emplacement
Fournir de l’information dans le RIN sur les changements des stocks de carbone dans les régions où les données sont considérées comme confidentielles (examen du rapport annuel, 2012)	Nouvelle note de bas de page dans le tableau 5.8 du CUPR
Fournir des données d’appui pour justifier l’hypothèse voulant que les différences de la biomasse aérienne avant et après la conversion des prairies en terres cultivées soient négligeables (examen du rapport annuel, 2012)	Nouvelles données de Bailey et Liang (2013) à l’annexe 3.4.3.2, Prairies converties en terres cultivées
Fournir des méthodes et des estimations des émissions provenant du brûlage des prairies aménagées au Canada (examen du rapport annuel, 2011)	Nouvelle section sur le brûlage des prairies aménagées à la section 7.5.1 du RIN, Prairies dont la vocation n’a pas changé; annexe 3.4.4, Prairies

Tableau 7-3 Résumé des changements dans le secteur ATCATF

Liste des changements	Années concernées
Terres forestières	
Nouvelle version du modèle	Séries chronologiques complètes
Révision des superficies de perturbations naturelles	Séries chronologiques complètes
Mise à jour de l'inventaire forestier de l'Alberta	Séries chronologiques complètes
Révision des données officielles sur les activités de récolte	2009–2011
Terres cultivées	
Inclusion des données du recensement de l'agriculture de 2011	Séries chronologiques complètes
Prairies	
Brûlage des prairies aménagées	Nouvelles séries chronologiques complètes
Terres humides	
Changement d'affectation des terres pour des tourbières aménagées	Séries chronologiques complètes
Nouvelle activité de rétablissement de tourbières	2005–2011

l'intégration de nouvelles données sur le rétablissement des tourbières (Tableau 7-3). Les valeurs du degré d'incertitude associé aux terres converties en terres forestières sont présentées pour la première fois dans le rapport, et les estimations de l'incertitude associée aux forêts ont aussi été mises à jour.

Le reste du chapitre souligne les faits saillants de chaque catégorie du secteur ATCATF. La section 7.2 donne une vue d'ensemble de la représentation des terres aménagées; chaque section qui suit propose une courte description d'une catégorie de terres (sections 7.3 à 7.7). La section 7.8 est consacrée aux estimations intercatégories de la conversion des terres forestières en d'autres types de terres.

7.2. Définition des catégories de terres et représentation des terres aménagées

Pour harmoniser toutes les estimations basées sur les terres, on a élaboré un cadre définitionnel commun qui a été adopté par tous les groupes chargés d'établir les estimations. Les définitions concordent avec les catégories de terres du GIEC (2003), tout en restant pertinentes pour les pratiques d'aménagement des terres, les conditions environnementales dominantes et les sources de données disponibles au Canada. Le cadre s'applique à toutes les estimations du secteur ATCATF déclarées au titre de la Convention.

Les terres forestières englobent toutes les superficies d'au moins un hectare où les formations arboricoles peuvent atteindre 25 % du couvert vertical au sol et cinq mètres de hauteur *in situ*. Les forêts canadiennes ne subissent pas toutes l'influence directe de l'activité humaine, d'où la question parfaitement légitime que l'on peut se poser quant aux superficies qui représentent fidèlement les « forêts aménagées ». Pour les besoins de l'inventaire des GES, les forêts aménagées sont celles qui font l'objet d'une

exploitation active des ressources en bois d'œuvre et autres (y compris les parcs) ou de mesures de protection contre les incendies. L'annexe A3.4 fournit d'autres précisions sur l'interprétation du concept de « forêts aménagées ».

Les terres agricoles comprennent à la fois les terres cultivées et les prairies agricoles. Les terres cultivées englobent toutes les terres exploitées en cultures annuelles, en jachère et en végétaux pérennes (essentiellement le fourrage, mais aussi les petits fruits, le raisin, les cultures de pépinière, les légumes, les arbres fruitiers et les vergers). Les prairies agricoles sont définies comme des pâturages ou de grands pâturages naturels « non améliorés » qui servent exclusivement à l'alimentation du bétail. On en trouve dans les régions géographiques où les prairies ne retourneraient pas naturellement à l'état de forêt si elles étaient abandonnées : les prairies naturelles à herbe courte dans le sud de la Saskatchewan et de l'Alberta et dans les vallées montagneuses sèches de l'intérieur de la Colombie-Britannique. Toutes les terres agricoles qui ne sont pas des prairies sont automatiquement classées comme terres cultivées, y compris les pâturages non améliorés dont la végétation naturelle serait normalement une forêt (est du Canada et majeure partie de la Colombie-Britannique).

Les formations végétales qui ne répondent pas à la définition de terres forestières ou de terres cultivées sont généralement classées comme prairies : les vastes étendues de toundra du Nord canadien sont considérées comme des prairies non aménagées.

Les terres humides sont des zones dont l'état saturé permanent ou récurrent favorise l'établissement d'une végétation et de sols caractéristiques de ces conditions et qui ne se trouvent pas déjà dans des terres forestières, des terres cultivées ou des prairies agricoles. Les terres humides aménagées sont celles où l'intervention humaine a modifié la nappe phréatique, par exemple les tourbières qu'on a drainées pour en extraire la tourbe, ou les terres submergées (GIEC, 2003).

Les zones de peuplement englobent toutes les terres bâties : urbaines, rurales résidentielles, celles consacrées à l'industrie et à l'utilisation à des fins récréatives; les routes, les emprises et autres infrastructures de transport; de même que l'exploration, l'extraction et la distribution des ressources (exploitation minière, pétrolière et gazière). La diversité de cette catégorie a jusqu'ici empêché d'en évaluer toute l'étendue dans le paysage canadien; toutefois, ces terres font souvent l'objet d'une conversion, et l'impact de la conversion des terres forestières en zones de peuplement est évalué dans l'inventaire des GES.

D'autres terres comprennent des secteurs de roche, de glace ou de sol nu et toutes les superficies terrestres qui n'entrent dans aucune des cinq autres catégories. À l'heure actuelle, seules les émissions découlant de la conversion d'autres terres en réservoirs et en tourbières sont déclarées, dans la catégorie des terres humides.

À cause du mode de catégorisation des terres, certaines transitions dans les affectations des terres ne peuvent pas être prises en compte se produire – par exemple, la conversion de forêts en prairies agricoles, étant donné que, par définition, les prairies agricoles excluent les zones où les forêts peuvent pousser naturellement. À noter qu'en théorie, le contraire peut se produire (conversion de prairies en forêt), bien qu'on n'ait pas observé de conversion directe, due à l'action humaine, de prairies agricoles en forêts. Étant donné que les prairies sont définies comme « indigènes », il n'y a, pour ainsi dire, pas de création de prairies.

Le Tableau 7–4 illustre les superficies d'affectation des terres (cellules diagonales) et les superficies cumulatives de changement d'affectation des terres (cellules non diagonales) en 2012. Les superficies cumulatives de changement d'affectation des terres désignent les superficies totales converties depuis 20 ans (10 ans pour les réservoirs). La cellule diagonale des prairies indique la superficie totale des prairies agricoles, alors que la cellule des prairies converties en zones de peuplement indique la conver-

sion de terres de toundra non aménagées en zones de peuplement dans le Nord du Canada. Les totaux des colonnes correspondent à la superficie totale déclarée pour chaque catégorie dans le cadre uniformisé.

Le système de surveillance des terres SSCPR comprend la conversion des forêts non aménagées et des prairies en d'autres catégories de terres. Les terres non aménagées converties à d'autres affectations deviennent toujours des terres « aménagées »; une fois qu'une terre est aménagée, elle ne peut retrouver le statut de terre « non aménagée », même si les pratiques d'aménagement sont abandonnées. Les parcs et les zones protégées sont compris dans les terres aménagées.

À quelques exceptions près (par exemple les émissions imputables au chaulage), les estimations du secteur ATCATF telles qu'elles sont déclarées dans les tableaux du CUPR sont spatialement rattachées aux « zones de déclaration » du Canada (Figure 7–1). Ces zones de déclaration sont essentiellement les mêmes que les écozones terrestres (Marshall et Shut, 1999), à trois exceptions près : les écozones du Bouclier boréal et de la taïga du Bouclier sont subdivisées en secteurs est et ouest pour former quatre zones de déclaration; tandis que l'écozone des Prairies est subdivisée en un secteur semi aride et un secteur subhumide. Les estimations de 17 des 18 zones de déclaration sont présentées, laissant de côté l'écozone la plus nordique du Canada : la Cordillère arctique, où on ne détecte ni émissions ni absorptions directes de GES dues à l'action humaine dans le secteur ATCATF. On trouvera à l'annexe A3.4 d'autres précisions sur le cadre spatial d'estimation et de déclaration.

Les superficies déclarées dans les tableaux du CUPR sont celles qui servent à établir les estimations annuelles, mais pas toujours la superficie totale d'une catégorie ou d'une sous-catégorie de terres au cours d'une année d'inventaire donnée. Les superficies de terres converties en terres humides (réservoirs) représentent donc une fraction de la superficie totale des réservoirs (ceux qui sont en eau depuis 10 ans ou moins), et non la superficie totale des réservoirs du Canada.

Tableau 7–4 Matrice sur l'affectation des terres et les changements d'affectation des terres pour l'année d'inventaire 2012 (superficie en kha)¹

Affectation initiale des terres	Affectation finale des terres					
	Forêt	Terres cultivées	Prairies	Terres humides	Zones de peuplement	Autres
Forêt	231 683	414	I	66	508	I
Terres cultivées	72	46 370	I	NE	NE	I
Prairies	I	5	19 ²	NE	1	I
Terres humides	I	NE	I	414 ²	NE	NE
Zones de peuplement	I	NE	I	I	NE	I
Autres	I	I	I	62	NE	NE

Notes :

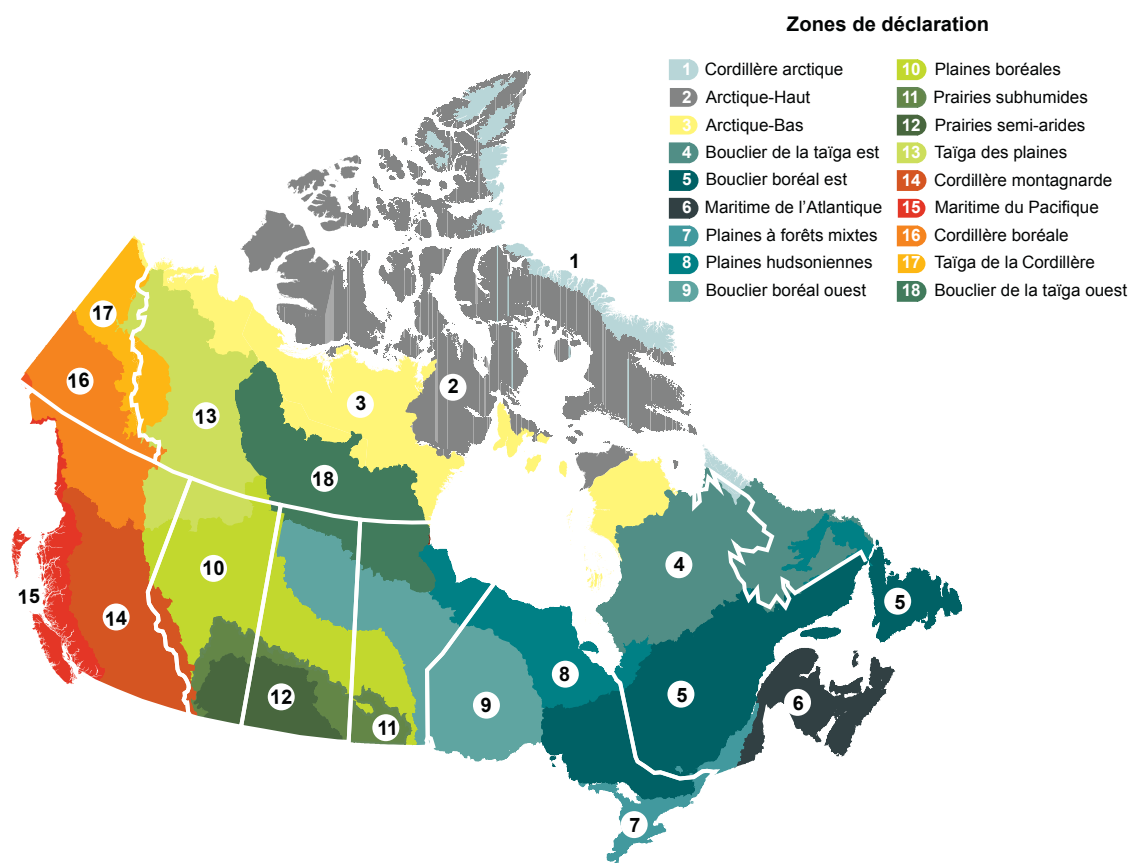
1. Les cellules non diagonales indiquent les superficies cumulatives, c'est-à-dire la superficie totale convertie depuis 20 ans (10 ans pour les réservoirs).

2. Inclut seulement les superficies pour lesquelles les émissions sont déclarées dans le CUPR.

NE = Non estimé

I = Inexistant

Figure 7-1 Zones de déclarations aux fins des estimations du secteur ATCATF



De même, les superficies de terres converties déclarées dans les tableaux du CUPR désignent la superficie totale cumulative convertie depuis 20 ans (10 ans pour les réservoirs); il ne faut donc pas les confondre avec les taux annuels de changement d'affectation des terres. Les tendances observées dans les catégories de terres converties du CUPR (les terres converties en terres forestières, les terres converties en terres cultivées, etc.) résultent de l'équilibre entre la superficie récemment convertie en une catégorie et le transfert des terres converties il y a plus de 20 ans (10 ans pour les réservoirs) en catégories de « terres dont la vocation n'a pas changé ».

7.3. Terres forestières

Les forêts et autres terres boisées couvrent 389 Mha du territoire canadien; à elles seules, les terres forestières occupent 348 Mha (RNCAN, 2010). Les forêts aménagées, c'est à dire celles qui subissent l'influence directe de l'homme, couvrent 232 Mha, soit 67 % de l'ensemble des forêts. Quatre zones de déclaration (Bouclier boréal est, Cordillère montagnarde, Plaines boréales et Bouclier boréal ouest) concentrent 68 % des forêts aménagées (Tableau 7-5).

En 2012, le bilan net des GES des terres forestières aménagées correspondait à des émissions de 32 Mt (Tableau 7-1 et Tableau 7-5 du CUPR). Cette estimation comprend les émissions et absorptions nettes de CO₂, de même que les émissions de N₂O, de CO et de CH₄ résultant des incendies de forêts aménagées. Pour les besoins des rapports de la CCNUCC, les terres forestières aménagées sont subdivisées en terres forestières dont la vocation n'a pas changé (232 Mha, émissions nettes de 33 Mt) et terres converties en forêts (0,07 Mha, absorptions nettes de 0,7 Mt) en 2012.

Le bilan des GES des forêts aménagées n'est pas homogène dans l'espace. En 2012, les forêts aménagées des Plaines boréales, de la Cordillère montagnarde, de la zone maritime du Pacifique et de la taïga des plaines constituaient quatre grandes sources nettes de GES, tandis que celles des zones de déclaration maritime de l'Atlantique, du Bouclier boréal est, du Bouclier boréal ouest et des plaines à forêts mixtes constituaient des puits nets (Tableau 7-5). À noter que la distribution spatiale des émissions et des absorptions subit l'influence de la survenue et de l'emplacement des perturbations et qu'elle n'est donc pas nécessairement constante d'une année à l'autre.

Tableau 7-5 Bilan des GES des forêts aménagées par zone de déclaration, 2012¹

Numéro de la zone de déclaration	Nom de la zone de déclaration	Terres forestières aménagées (kha)	Bilan net des GES (Mt CO ₂ eq)
1	Cordillère arctique	–	SO
2	Haut-Arctique	–	SO
3	Bas-Arctique	–	SO
4	Taïga du Bouclier est	1 100	3
5	Bouclier boréal est	55 600	- 38
6	Maritime de l'Atlantique	15 400	- 9
7	Plaines à forêts mixtes	2 700	- 8
8	Plaines hudsoniennes	300	-0,60
9	Bouclier boréal ouest	28 800	- 8
10	Plaines boréales	37 800	12
11	Prairies subhumides	1 800	- 0,4
12	Prairies semi-arides	40	- 0,02
13	Taïga des plaines	20 500	30
14	Cordillère montagnarde	35 500	64
15	Maritime du Pacifique	13 200	10
16	Cordillère boréale	16 600	- 22
17	Taïga de la Cordillère	400	- 0,2
18	Taïga du Bouclier ouest	1 800	0,4

Notes :

1. Les signes négatifs indiquent une absorption de CO₂ atmosphérique.

SO = Sans objet

7.3.1. Terres forestières dont la vocation n'a pas changé

7.3.1.1. Questions de méthodologie

La végétation absorbe le CO₂ de l'atmosphère par photosynthèse, et une partie de ce carbone est piégé dans la végétation sur pied, dans la biomasse morte et dans les sols. Le CO₂ est restitué à l'atmosphère par la respiration des végétaux et la décomposition de la matière organique dans la biomasse morte et les sols. Les échanges naturels de CO₂ entre l'atmosphère et le biote sont des flux importants qui recyclent environ le septième de la teneur totale de l'atmosphère en CO₂ chaque année. Dans la réalité, ces flux importants résultent de l'accumulation de processus minuscules dispersés sur de vastes superficies. Seule une infime fraction du carbone (C) absorbé par photosynthèse s'accumule dans les réservoirs de carbone de l'écosystème après les pertes de carbone dues à la respiration et aux perturbations (Stinson *et al.*, 2011).

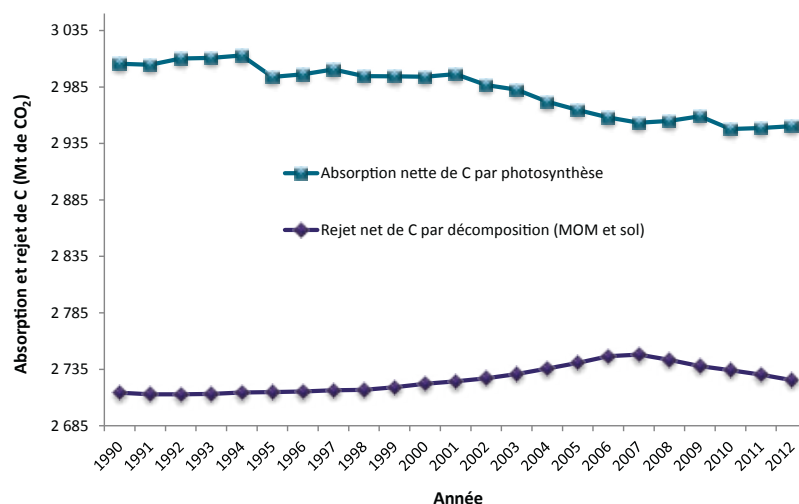
L'interaction de l'homme avec la terre peut modifier directement l'ampleur et la vitesse de ces échanges naturels de GES, dans l'immédiat et à long terme. Les changements et les méthodes d'affectation des terres du passé continuent d'influer sur les flux actuels de GES émis et absorbés par la biosphère terrestre. Cet effet à long terme est une caractéristique propre au secteur ATCATF, qui le rend très distinct des autres secteurs, comme celui de l'énergie.

Tout en s'intéressant aux incidences de l'activité humaine sur le bilan des GES, on admet que le fait de séparer les effets anthropiques des effets naturels dans le secteur ATCATF présente des difficultés exceptionnelles. L'homme manipule les processus biologiques de mille façons et avec des intensités variables. Ce que nous observons est en général le résultat de ces diverses manipulations et de leurs interactions combinées avec un milieu biophysique tout aussi varié. L'éclaircissement des divers rapports de cause à effet à court et à long terme fait toujours l'objet d'études scientifiques complexes.

Le Canada souligne que bien que des efforts importants soient déployés pour fournir des estimations des GES conformes aux directives du GIEC, il est possible que de telles estimations ne tiennent pas réellement compte des effets humains directs et qu'elles ne reflètent pas précisément l'endroit et le moment où les émissions surviennent (Stinson *et al.*, 2011).

Le Canada estime les émissions et les absorptions dans les forêts aménagées à l'aide d'une méthode de niveau 3. Le Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports sur le carbone des forêts du Canada (SNSCPR CF, Kurz et Apps, 2006) s'articule autour d'une approche fondée sur un modèle (modèle de bilan du carbone du Service canadien des forêts, CBM-CFS3, Kull *et al.*, 2011, Kurz *et al.*, 2009). Ce modèle intègre des données d'inventaires forestiers et sur les courbes de rendements ainsi que des données d'activité à référence spatiale sur la gestion des forêts et les perturbations naturelles (incendies, infestations d'insectes,) afin d'estimer les stocks de carbone

Figure 7-2 Large Annual Carbon Fluxes to and from the Atmosphere in Managed Forests, 1990–2012: Net Carbon Uptake (or Net Primary Production) and Release Due to Decay (from Heterotrophic Respiration)



forestier, les variations de ces stocks et les émissions et absorptions de gaz autres que le CO₂. Il a également recours à des paramètres climatiques et écologiques régionaux afin de simuler les transferts de carbone entre les bassins, aux produits forestiers et vers l'atmosphère. L'approche conceptuelle reste celle recommandée par le GIEC (2003), c'est-à-dire que les absorptions ou les émissions nettes sont calculées comme la différence entre l'absorption du CO₂ par les arbres en croissance et les émissions attribuables aux activités d'aménagement des forêts (exploitation forestière), à la respiration hétérotrophe et aux perturbations naturelles. On trouvera des renseignements supplémentaires sur la méthodologie d'estimation à l'annexe A3.4.

Les fluctuations des stocks de carbone dans les forêts aménagées sont déclarées au tableau 5A du CUPR par zone de déclaration. Pour tout bassin, ces fluctuations des stocks de carbone tiennent compte non seulement des échanges de GES avec l'atmosphère, mais aussi des transferts de carbone à partir des bassins et vers ces derniers, par exemple le transfert entre la biomasse vivante et la nécromasse lors de la mort d'un peuplement forestier. Les fluctuations individuelles des stocks de carbone ne fournissent donc aucune indication sur les flux principaux entre les bassins de carbone des forêts aménagées et l'atmosphère. Les flux de carbone les plus importants à partir des forêts aménagées et vers ces dernières sont le fait de l'absorption nette du carbone par les arbres en croissance et de son émission lors de la décomposition des matières organiques (respectivement –3 000 Mt et 2 700 Mt en 2012 – Figure 7-2). La tendance à la hausse de la décomposition de matière organique morte (MOM) ainsi que la baisse de l'assimilation du C au cours des années 2000 à 2007 reflète l'effet à long terme des perturbations passées, spécialement les infestations d'insectes, qui ont laissé des quantités importantes de matière morte. Au cours des dix dernières années, les infestations

ont détruit au total plus de 49 Mha³ de forêts aménagées, dont 83 % dans la zone de déclaration de la Cordillère montagnarde en raison de l'infestation du dendroctone du pin ponderosa. En comparaison, une bonne part de la variabilité interannuelle du bilan des GES des forêts aménagées dépend de l'occurrence, de l'emplacement et de la gravité des incendies. Durant la période de 1990 à 2012, les émissions annuelles dues aux incendies de forêt ont fluctué entre 11 et 275 Mt. Pendant les incendies, la combustion de MOM a représenté 77 % des émissions immédiates; une bonne partie de la biomasse est tuée par le feu et transférée au bassin de MOM, mais n'est pas immédiatement consommée. C'est pourquoi une importante quantité de la charge de combustible se compose de bois mort et de litière présents sur le sol. En moyenne, 8 %, en équivalent CO₂, des émissions immédiates dues aux incendies sont du CO, 7 % du CH₄ et 4 % du N₂O.

Pour éviter toute double comptabilisation, les estimations des changements à la quantité de carbone du tableau 5A du CUPR excluent les émissions de carbone sous forme de CO₂, de CH₄ et de CO attribuables à la combustion de la biomasse, qui sont déclarées au tableau 5(V). Les émissions et les absorptions sont automatiquement calculées au tableau 5 du CUPR.

Conformément à la méthodologie par défaut du GIEC (GIEC, 2003), l'estimation des terres forestières tient pour acquis que tout le carbone qui sort des forêts aménagées sous forme de produits ligneux est réputé être une émission immédiate. Avec cette approche, en 2012, le transfert de carbone des forêts aux produits ligneux récoltés (PLR) en raison des activités de gestion forestière a représenté des émissions de 126 Mt, soit une baisse de 17 % comparativement à 1990 et de 35 %

3 Peut inclure les zones infestées à répétition; par exemple un hectare ayant fait l'objet d'une infestation d'insectes pendant trois années consécutives est comptabilisé comme trois hectares dans les 49 Mha.

Tableau 7-6 Flux nets de GES dans les terres forestières dont la vocation n'a pas changé mesurés au moyen de deux méthodes d'estimation des produits ligneux récoltés (PLR) (en Mt d'équivalent CO₂)¹

Année d'inventaire	Flux nets de GES excluant le C absorbé en dehors du site	Méthode de l'oxydation instantanée ²		Méthode de production ³	
		Émissions des PLR	Flux net de GES ^{4,6}	Émissions des PLR	Flux net total de GES ^{5,6}
1990	-250	150	-100	60	-190
1991	-220	150	-70	70	-150
1992	-270	160	-110	80	-190
1993	-220	160	-60	90	-130
1994	-220	170	-50	100	-120
1995	4	180	180	110	110
1996	-220	170	-40	110	-110
1997	-260	180	-80	110	-150
1998	-50	170	120	100	50
1999	-190	190	-4	110	-80
2000	-250	190	-60	120	-140
2001	-230	170	-60	100	-130
2002	-70	180	110	110	40
2003	-120	170	50	100	-20
2004	-70	190	120	120	50
2005	-150	190	40	120	-30
2006	-100	170	70	110	3
2007	-100	150	50	100	-3
2008	-150	130	-20	100	-60
2009	-140	110	-30	100	-50
2010	-60	130	70	110	40
2011	-70	140	70	110	40
2012	-90	130	30	110	10

Notes :

1. Les signes négatifs indiquent une élimination nette de l'atmosphère.
2. L'oxydation instantanée est la méthode par défaut du GIEC (2003) pour estimer les émissions attribuables aux PLR.
3. La méthode de production tient compte du C-PLR du bois récolté à l'échelle nationale, à l'intérieur et à l'extérieur du Canada; les PLR importés sont exclus du calcul (GIEC, 2006).
4. Ces valeurs devraient correspondre aux estimations totales déclarées dans la catégorie des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, présentées au tableau 5 du CUPR et au tableau 7-1 du RIN.
5. Émissions et absorptions totales dans les terres forestières dont la vocation n'a pas changé, mesurées par la méthode de production pour les PLR.
6. Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué. Le protocole d'arrondissement est décrit à l'annexe 9.

comparativement au sommet atteint en 2004. Cependant, cette hypothèse introduit des inexactitudes temporelles significatives dans les profils d'émission, étant donné qu'elle ne tient pas compte du stockage à long terme de carbone dans les PLR qui sont utilisés et qui se retrouvent par la suite dans les décharges, avant que ce carbone soit finalement rejeté (GIEC, 2006). Cette section présente les estimations préliminaires de l'impact qu'aurait l'intégration du stockage à long terme de carbone dans les PLR utilisés.

On a calculé les estimations présentées au moyen du cadre général de l'approche de « production », une des quatre méthodes qui intègre le stockage à long terme de carbone dans les produits ligneux récoltés (GIEC, 2006). On a élaboré un modèle propre au pays, le cadre de modélisation du bilan de carbone pour les produits ligneux récoltés (CMBC-PLR), afin de surveiller et de mesurer le devenir du carbone en dehors du lieu de

récolte. Le CMBC-PLR permet de suivre les réservoirs secondaires de PLR ainsi que les flux de carbone entre ces réservoirs à l'aide de la séquence des événements (c.-à-d. la fabrication, l'utilisation, l'échange et l'élimination). On trouvera d'autres précisions sur la mise en application de la méthode de production au Canada et sur le CMBC-PLR à l'annexe 3.4.

Les émissions associées aux PLR à partir de la méthode par défaut et de la méthode de production sont présentées au Tableau 7-6. La colonne intitulée « Flux nets de GES excluant le C absorbé en dehors du site » présente le flux net des terres forestières sans le carbone qui est transféré en dehors du site dans les produits récoltés (mais incluant la décomposition des résidus d'exploitation sur le site). Les deux colonnes suivantes dressent un parallèle des PLR selon les deux méthodes, et les émissions ou absorptions nettes qui en résultent dans les terres forestières dont la vocation n'a pas changé (TFTF).

En général, le fait d'intégrer le décalage dans les émissions dues aux PLR en raison du stockage de C dans des produits augmente le puits net ou encore réduit la source nette dans les terres forestières dont la vocation n'a pas changé; la variabilité interannuelle créée par les perturbations naturelles demeure. Selon la méthode de l'oxydation instantanée, les émissions dues aux PLR correspondent tout simplement à la quantité de carbone récolté. En comparaison, le profil temporel des émissions d'après la méthode de production découle de la production antérieure de produits combinée à la durée économique de divers produits. Les répercussions de tout changement significatif dans les taux de récolte ou dans la combinaison de produits sont, par conséquent, réparties sur plusieurs années et décennies à venir, alors que les produits qui ne sont plus utilisés sont graduellement retirés. Néanmoins, une partie du carbone récolté continue d'être émis au cours de l'année de la récolte. En une année, entre 19 % et 38 % du C contenu dans les fibres du bois récolté à l'échelle nationale n'est pas stocké dans des produits, mais est supposé perdu dans le processus de traitement, appelé à des fins de simplification, « déchets d'extraction ». Ces émissions peuvent varier selon les taux de récolte, les variations dans la combinaison de produits et les changements aux technologies de transformation.

La différence dans les estimations pour les terres forestières dont la vocation n'a pas changé attribuables aux changements dans la méthode d'estimation des PLR n'est pas constante dans le temps; les répercussions sont plus importantes au début et diminuent ensuite avec le temps. Cela est prévisible, étant donné que le réservoir de PLR a débuté en 1990 et qu'à ce moment-là, il ne contenait pas de carbone de produits fabriqués antérieurement. Avec le temps, le carbone s'est accumulé dans le réservoir de PLR utilisés, de sorte que les émissions dues à ce réservoir ont augmenté (passant de 57 Mt de CO₂ en 1990 à environ 106 Mt de CO₂ en 2012).

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

Estimations de l'incertitude

Il est très difficile d'effectuer une analyse de l'incertitude à l'aide de cadres de modélisation complexes, comme celui employé pour simuler la dynamique du carbone forestier, en raison des multiples interactions et liens de dépendance entre les phénomènes actuels et passés, et entre les vastes données d'entrée et paramètres des modèles, qui sont nécessaires à la modélisation de la dynamique du carbone.

Des techniques d'analyse numérique sont appliquées pour quantifier les incertitudes liées aux sorties du modèle CBM CFS3 (Metzger *et al.*, 2014). On identifie et représente soigneusement les sources d'incertitudes dans l'analyse (voir l'annexe A3.4.2.4 pour un complément d'information). La modélisation de l'ensemble des forêts aménagées du Canada n'est pas faite au moyen d'une

seule séquence, mais plutôt au moyen des « séquences de projets » distinctes dont les données de sortie sont par la suite réunies. Pour chaque « projet », 100 séquences du modèle de Monte Carlo sont exécutées à partir des données d'entrée de base du rapport de 2014 (couvrant la totalité de la série chronologique de 1990–2012). Les intervalles de confiance sont calculés pour chaque année d'inventaire en échantillonnant au hasard 10 000 combinaisons de toutes les séquences de projets pour chaque année donnée. De plus, des estimations distinctes ont été établies pour chaque gaz.

Sur toute la série chronologique, les incertitudes inhérentes aux estimations annuelles sont exprimées comme un intervalle de confiance de 95 %, délimitées par les 2,5^e et 97,5^e percentiles des résultats des passes du modèle Monte Carlo (voir le Tableau 7–7 pour les flux de CO₂, le Tableau 7–8 et le Tableau 7–9 de CH₄ et de N₂O, respectivement).

Tableau 7–7 Estimations des flux nets annuels de CO₂ des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990–2012, délimitées par les 2,5^e et 97,5^e percentiles

Année d'inventaire	Flux net de CO ₂ (Gg)	2,5 ^e percentile (Kt)	97,5 ^e percentile (Kt)
1990	-101 000	-184 000	-86 000
1991	-74 000	-165 000	-56 000
1992	-117 000	-207 000	-98 000
1993	-61 000	-151 000	-36 000
1994	-53 000	-138 000	-25 000
1995	148 000	63 000	192 000
1996	-50 000	-142 000	-27 000
1997	-83 000	-177 000	-57 000
1998	101 000	19 000	177 000
1999	-6 000	-96 000	26 000
2000	-65 000	-162 000	-36 000
2001	-58 000	-150 000	-27 000
2002	95 000	7 000	151 000
2003	33 000	-39 000	74 000
2004	105 000	41 000	146 000
2005	35 000	-36 000	64 000
2006	53 000	-6 000	82 000
2007	35 000	-26 000	71 000
2008	-32 000	-97 000	330
2009	-45 000	-96 000	-10 000
2010	40 000	-20 000	70 000
2011	55 000	-10 000	119 000
2012	16 000	-40 000	52 000

Dans l'ensemble de la série chronologique, la plage de l'intervalle de confiance de 95 % dans laquelle se situerait la valeur médiane des estimations de CO₂ correspondait en moyenne à 56 Mt. Il peut être trompeur d'exprimer la plage en termes relatifs (comme un % de l'estimation), car l'incertitude relative est la plus grande quand le bilan net de CO₂ est quasi neutre, et parce qu'elle sera de plus en plus ténue à mesure que le flux net s'écartera de la valeur neutre. Il ne s'agit pas d'une représentation des niveaux

Tableau 7–8 Estimations des émissions annuelles de CH₄ des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990–2012, délimitées par les 2,5^e et 97,5^e percentiles

Année d'inventaire	Flux net de CH ₄ (Gg d'éq. CO ₂)	2,5 ^e percentile (Kt)	97,5 ^e percentile (Kt)
1990	3 000	2 700	4 200
1991	5 000	4 100	7 200
1992	1 600	1 400	2 200
1993	5 500	4 400	7 700
1994	5 700	4 800	8 000
1995	19 000	16 000	25 000
1996	4 500	3 700	6 100
1997	1 800	1 400	2 500
1998	16 000	13 000	25 000
1999	6 000	5 500	8 500
2000	1 300	1 100	1 800
2001	3 000	2 200	5 200
2002	13 000	10 000	19 000
2003	8 900	7 800	13 000
2004	11 000	9 500	16 000
2005	5 300	4 300	7 400
2006	7 100	6 000	9 700
2007	6 700	5 500	9 500
2008	3 900	3 100	5 200
2009	5 200	4 000	7 900
2010	9 300	6 200	13 000
2011	10 400	7 500	17 000
2012	8 800	6 900	13 000

Tableau 7–9 Estimations des émissions annuelles de N₂O des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990–2012, délimitées par les 2,5^e et 97,5^e percentiles

Année d'inventaire	Flux nets de N ₂ O (Gg d'éq. CO ₂)	2,5 ^e percentile (Kt)	97,5 ^e percentile (Kt)
1990	1 800	1 700	2 600
1991	3 200	2 500	4 500
1992	1 000	870	1 400
1993	3 400	2 700	4 700
1994	3 500	3 000	5 000
1995	12 000	10 000	15 000
1996	2 800	2 200	3 700
1997	1 100	900	1 500
1998	10 000	8 400	16 000
1999	3 900	3 400	5 600
2000	790	690	1 100
2001	1 900	1 400	3 300
2002	8 200	6 600	12 000
2003	5 500	4 900	8 000
2004	7 000	5 900	10 000
2005	3 300	2 700	4 500
2006	4 400	3 600	6 200
2007	4 200	3 400	6 100
2008	2 400	1 900	3 200
2009	3 200	2 200	5 000
2010	5 800	3 700	8 200
2011	6 500	4 800	11 000
2012	5 500	4 300	8 100

d'incertitude variables, mais d'un artefact de la combinaison de grands flux s'annulant mutuellement, tandis que leurs incertitudes relatives persistent. À noter également la très faible contribution des émissions de gaz autre que le CO₂ à l'incertitude totale.

L'annexe A3.4.2.4 décrit plus en détail l'approche générale utilisée dans la réalisation de l'analyse.

Les sources d'incertitude comprises dans cette analyse étaient essentiellement des erreurs de données d'entrée et de paramètres de modèle, et n'étaient pas associées à la structure même du modèle. Étant donné la nature des sources, il est plus facile de comprendre les résultats de l'analyse des incertitudes comme des expressions de la précision plutôt que des estimations de l'exactitude. Ces résultats, parmi d'autres facteurs, serviront à analyser et à prioriser les améliorations de l'estimation des émissions anthropiques et des absorptions dans cette catégorie.

Cohérence de la série chronologique

Toutes les estimations ont été calculées de manière uniforme, mais certaines sources de données d'activité ne portent pas sur l'ensemble de la période de déclaration. Les estimations concernant les feux de friches de 2004 à 2012 sont dérivées d'une combinaison d'images obtenues par télédétection en temps réel et de données de surveillance recueillies par des organismes provinciaux, appelée Composite nationale des superficies brûlées⁴. Les estimations pour 1990 à 2003 proviennent uniquement de la Base nationale de données sur les feux de forêt du Canada⁵, qui comprend des renseignements fournis par des organismes provinciaux de gestion des ressources.

Les données disponibles de l'inventaire des forêts ne couvrent pas toutes les mêmes périodes sur l'ensemble du pays; l'annexe 3.4 explique comment les données d'inventaires forestiers provenant de sources diverses ont été harmonisées pour fournir des données complètes, cohérentes et uniformes pour 1990.

7.3.1.3. AQ/CQ et vérification

Les contrôles de qualité de niveau 2 (White et Dymond, 2008, Dymond, 2008) traitent spécifiquement de la préparation des estimations dans la catégorie des terres forestières. Des procédures systématiques et documentées d'AQ/CQ sont mises en œuvre dans quatre domaines : contrôle du déroulement des travaux (manuel), contrôle du modèle (automatisé), contrôle des points repères (manuel) et examens externes. Les résultats des contrôles sont documentés de façon systématique; un système d'enregistrement relève chaque problème et en facilite le suivi et la recherche de solutions.

4 <http://www.rncan.gc.ca/forets/feux/13160>

5 <http://www.rncan.gc.ca/forets/feux/13160>

Environnement Canada, même s'il conserve ses propres procédures d'AQ/CQ pour les estimations établies à l'interne (Annexe 6), a adopté des procédures propres à chaque catégorie pour les vérifications de niveau 2 des estimations provenant de ses partenaires, de même que pour toutes les estimations et les données sur les activités versées dans sa base de données cartographiques, et saisies dans le logiciel CRF Reporter du CUPR. Ces procédures et leurs résultats sont documentés de façon complète dans les archives centralisées.

7.3.1.4. Recalculs

Les changements apportés aux calculs dans cette catégorie sont importants. Ceux-ci découlent des effets combinés de la mise à jour du modèle, des révisions apportées aux superficies atteintes par des perturbations naturelles, de l'incorporation d'un nouvel inventaire forestier provincial et de la mise à jour des données sur les activités de récolte. Les répercussions cumulatives des changements sont présentées à la Figure 7-3, et les détails de ceux-ci sont présentés dans les quatre catégories suivantes :

Nouvelle version du modèle : Le modèle utilisé pour produire les estimations associées aux forêts (MBC SFC₃) a été mis à niveau afin de corriger les erreurs dans la prise en charge des courbes de croissance de composantes multiples.

Révisions des superficies touchées par des perturbations naturelles : Les données concernant les perturbations par les feux de friches de toutes les provinces, sauf l'Ontario, ainsi que les données sur les perturbations par les insectes pour la Colombie Britannique (dendroctone du pin ponderosa) et l'Alberta (ravageurs du tremble) ont été révisées. Ces révisions tiennent compte de la mise à jour des ensembles de données issus de la surveillance des perturbations naturelles, ainsi que de la correction des erreurs de

traitement des données, y compris l'attribution des catégories de répercussion des insectes.

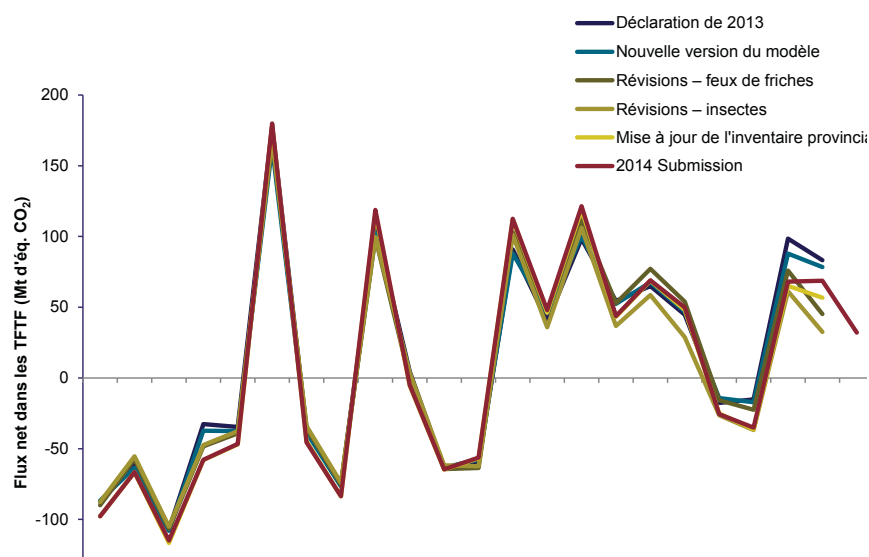
Mise à jour de l'inventaire forestier de l'Alberta : L'inventaire forestier de l'Alberta et l'information connexe sur la stratification spatiale, la croissance et le rendement, ainsi que les matrices de perturbations pour les feux de friches, ont été mis à jour d'après les données numériques sur les zones provinciales de gestion des forêts fournies par le gouvernement de l'Alberta. Cette nouvelle information a été étoffée par d'autres données sur les autres zones de gestion des forêts de la province provenant de l'inventaire forestier du Canada (IFC, 2001)⁶. À la suite de la compilation de ces données, le nombre d'unités analytiques de forêt de l'Alberta est passé de 70 à 181. Les nouvelles données d'inventaire ont aussi modifié la répartition des classes d'âge des forêts en Alberta.

Mise à jour des données sur les activités de récolte : Les données sur les activités de récolte de 2009 à 2011 ont été mises à jour d'après les changements des données du Programme national de données sur les forêts.

Les nouveaux calculs, qui découlent d'une combinaison de tous les changements, ont donné lieu à des différences de -30 Mt (2010) à +23 Mt (2004). Parmi ceux-ci, les plus importants concernent les émissions et les absorptions dans les zones de déclaration des plaines boréales et de la taïga des plaines, qui se trouvent principalement en Alberta, ainsi que dans la zone de déclaration de la Cordillère montagnarde, où les forêts ont été gravement atteintes par l'infestation du dendroctone du pin ponderosa qui a commencé au début des années 2000. Les nouveaux calculs relatifs aux émissions immédiates provenant des feux de friches découlent principalement des révisions des données à cet

6 <https://nfi.nfis.org/index.php>

Figure 7-3 Répercussions des changements graduels sur les estimations relatives aux TFTF



égard dans l'inventaire mis à jour de l'Alberta, car bon nombre de feux de friches ont lieu dans cette province. Les nouveaux calculs visant les superficies brûlées ont donné lieu à des différences variant entre une baisse de 15 % en 2010 (173 kha) et une hausse de 27 % en 2004 (201 kha). On a observé une augmentation des absorptions nettes de 7 Mt en moyenne dans les processus écosystémiques annuels, surtout dans les plaines boréales, la Cordillère montagnarde et la taïga des plaines. Cette augmentation est principalement attribuable à la mise à jour de l'inventaire de l'Alberta et aux répercussions résiduelles des changements associés aux perturbations naturelles, comme les insectes.

Les nouveaux calculs relatifs à la récolte découlent des effets combinés des changements précédemment adoptés, qui viennent modifier le bassin de registres d'inventaires forestiers disponibles en ce qui a trait à récolte, ainsi que de la mise à jour des données sur les activités de récolte. Les nouveaux calculs associés aux effets indirects des changements de la modélisation des forêts ont donné lieu à une baisse moyenne de 184 kt (0,11 %). La mise à jour des données sur les activités de récolte a entraîné une hausse des émissions, particulièrement en 2011 (8 Mt, ou 6 %).

7.3.1.5. Améliorations prévues

À long terme, on prévoit améliorer la qualité des données des inventaires forestiers et se concentrer davantage sur les facteurs qui régissent les émissions et absorptions anthropiques. Une approche plus systématique de mise en œuvre des améliorations permettra de réduire la fréquence des nouveaux calculs.

Bien qu'elles soient déjà plus réalistes sur les plans spatial et temporel que les estimations officielles, les estimations de PLR fournies dans la présente déclaration doivent être considérées comme étant préliminaires. On prévoit élaborer plus à fond la méthode de production pour le calcul des PLR en vue des déclarations à venir, notamment en examinant la pertinence des valeurs de demi-vie par défaut du GIEC au contexte canadien et la possibilité d'inclure la production de PLR antérieure à 1990, d'intégrer le stockage à long terme dans les décharges de déchets solides, et de représenter l'utilisation des déchets d'extraction et des produits en fin de vie comme matières premières pour la bioénergie.

7.3.2. Terres converties en terres forestières

7.3.2.1. Description de la catégorie

Cette catégorie comprend toutes les terres converties en terres forestières par les activités humaines directes. La plantation d'arbres après la récolte n'est pas comprise, pas plus que les terres agricoles abandonnées où on laisse repousser la

végétation naturelle; c'est pourquoi cette catégorie désigne plus précisément l'établissement de forêts sur des terres qui n'étaient pas auparavant affectées à la foresterie (généralement des terres agricoles abandonnées).

La superficie cumulative totale de terres converties en terres forestières a reculé, passant de 174 kha en 1990 à 72 kha en 2012. Cette tendance reflète le transfert progressif des terres boisées il y a plus de 20 ans à la catégorie des terres forestières dont la vocation n'a pas changé ainsi que la rareté des données récentes sur les taux actuels d'établissement de forêts. Quatre-vingt quatre pour cent de l'ensemble des terres agricoles converties en terres forestières depuis 20 ans sont situées dans l'est du Canada (zones de déclaration maritime de l'Atlantique, des Plaines à forêts mixtes et du Bouclier boréal est) et seulement 9 % dans les Prairies (zones de déclaration du Bouclier boréal ouest, des Plaines boréales et des prairies subhumides). Cependant, les tendances en matière de boisement doivent être analysées avec prudence en raison de l'absence de sources de données fiables et exhaustives.

Les absorptions nettes ont baissé au cours de la période, passant de 1,0 Mt en 1990 à 0,7 Mt en 2012. On observe une accumulation nette de carbone principalement dans la biomasse (155 Gg C en 2012 – tableau 5A du CUPR); la séquestration du carbone dans le sol est négligeable et le restera parce que cette catégorie ne comprend que des plantations qui sont âgées de moins de 20 ans. Pour la même raison et compte tenu de l'accroissement net relativement lent des arbres plantés dans les premières années, la sous catégorie dans son ensemble ne devrait pas contribuer de manière significative au bilan net de GES des terres forestières.

7.3.2.2. Questions de méthodologie

L'Étude de faisabilité du boisement comme mode de piégeage du carbone (EFBMPC) a recueilli et compilé des données sur le boisement pour la période 1990-2002 (RNCAN, 2005a). Au cours de cette période, les plantations de résineux, en particulier d'épinettes et de pins, constituaient 90 % de la superficie plantée. Les activités relatives aux périodes 1970-1989 et 2003-2008 ont été estimées en fonction des taux d'activité observés dans les données de l'EFBMPC, complétés par les renseignements obtenus dans le cadre de l'Évaluation de la démonstration de plantations de Forêt 2020 (RNCAN, 2005b). Aucune nouvelle donnée sur les activités de boisement n'a été recueillie pour les années d'inventaire 2009-2012.

Les émissions et les absorptions de GES sur les terres récemment converties en forêts ont été estimées à l'aide du modèle CBM-CFS3, tel que décrit à l'annexe A3.4. 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.

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

Les estimations du degré d'incertitude de cette catégorie sont fournies pour la première fois dans le présent rapport. Des défis importants restent encore à relever, étant donné l'absence d'un système national de surveillance du boisement, et parce qu'il n'est actuellement pas possible d'effectuer une simulation de Monte-Carlo au moyen de la structure d'entrée des données du modèle pour cette catégorie. Compte tenu de ces limites, les estimations initiales du degré d'incertitude ont été établies d'après le jugement d'experts. On a présumé que l'estimation des intervalles de confiance de 95 % pour cette catégorie pouvait être de 10 % inférieure ou de 200 % supérieure à la valeur déclarée.

7.3.2.4. AQ/CQ et vérification

Les contrôles de qualité de niveau 2 (Dymond, 2008) traitent spécifiquement de la préparation des estimations dans la catégorie des terres forestières. Environnement Canada, même s'il conserve ses propres procédures d'AQ/CQ pour les estimations établies à l'interne (Annexe 6), a adopté des procédures particulières pour les estimations provenant de ses partenaires, de même que pour toutes les estimations et les données sur les activités versées dans sa base de données cartographiques ATCATF, et saisies dans le logiciel CRF Reporter du CUPR.

7.3.2.5. Recalculs

Même si les données sur les activités de boisement sont demeurées les mêmes, de nouveaux calculs résultent des effets indirects des changements apportés à la modélisation des forêts (par exemple, les corrections des courbes de croissance dans la nouvelle version du modèle). Les répercussions des effets indirects de la modélisation ont mené à une valeur de 5 kt d'éq. CO₂ (0,5 % du total de la catégorie) pour la période de 1990 à 2011. Pour obtenir davantage de renseignements sur les changements dans la modélisation relative aux forêts, voir la section 7.3.1.4.

7.3.2.6. Améliorations prévues

On a actuellement accès à peu d'information sur les activités de boisement. Des travaux sont actuellement réalisés pour obtenir des données sur les activités de boisement des dernières années auprès d'organismes provinciaux et territoriaux chargés de la gestion des ressources. À mesure que de nouvelles données seront disponibles, les estimations du degré d'incertitude seront approfondies.

Présentation 2014 du Canada à la CCNUCC

7.4. Terres cultivées

Les terres cultivées couvrent environ 48 Mha du territoire canadien. En 2012, le bilan net des GES de la catégorie des terres cultivées correspondait à des absorptions de 4,9 Mt d'éq. CO₂ (Tableau 7-1 et Tableau 7-5 du CUPR). Pour les besoins des rapports de la Convention (CCNUCC), les terres cultivées sont subdivisées en terres cultivées dont la vocation n'a pas changé (absorptions nettes de près de 10 Mt d'éq. CO₂ en 2012) et en terres, que ce soit des forêts ou des prairies, converties en terres cultivées (émissions nettes de 5,5 Mt d'éq. CO₂ et 0,017 Mt d'éq. CO₂, respectivement, en 2012). Les estimations concernant les terres converties en terres cultivées englobent les émissions et les absorptions nettes de CO₂, de même que les émissions de N₂O, de CO et de CH₄.

7.4.1. Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé

Parmi les terres agricoles travaillées au Canada, il y a les terres de grande culture, les jachères, les terres à foin et les pâturages artificiels ou ensemencés. Les terres cultivées sont surtout présentes dans les neuf zones de déclaration les plus méridionales. Près de 84 % des terres cultivées du Canada se trouvent dans les plaines de l'intérieur de l'Ouest, qui correspondent aux zones de déclaration des Prairies semi-arides et subhumides et des plaines boréales.

La rubrique Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé englobe les émissions/absorptions de CO₂ par les sols minéraux, les émissions de CO₂ résultant de l'épandage de chaux en agriculture et du travail des sols organiques et les émissions/absorptions de CO₂ résultant des fluctuations survenues dans la biomasse ligneuse provenant des cultures spécialisées. Une méthode de niveau 2 améliorée sert à estimer les émissions et les absorptions de CO₂ par les sols minéraux attribuables à une modification des pratiques d'aménagement des terres. Le Tableau 7-10 résume la tendance des émissions et des absorptions pour ces catégories.

7.4.1.1. Émissions et absorptions de CO₂ dans les sols minéraux

Les sols minéraux constituent la majeure partie des terres cultivées (> 99 %). La quantité de carbone organique piégée dans le sol est fonction de la production primaire et du taux de décomposition du carbone organique du sol (COS). Les méthodes de travail du sol et d'aménagement peuvent entraîner une hausse ou une baisse de la quantité de carbone organique stockée dans les sols. Cette fluctuation du COS entraîne des émissions de CO₂ dans l'atmosphère ou des absorptions.

En 1990, les changements apportés à l'aménagement des sols minéraux ont représenté une absorption nette d'environ

Tableau 7–10 Émissions et absorptions, pour l'année de référence et des années récentes, associées à divers changements dans l'aménagement des terres cultivées dont la vocation n'a pas changé

Catégories		Changement d'aménagement des terres (CAT)		Émissions/absorptions (kt CO ₂) ¹					
		1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Total des terres cultivées dont la vocation n'a pas changé		-1 500	-7 000	-10 000	-10 000	-10 000	-10 000	-10 000	-10 000
Culture des histosols		300	300	300	300	300	300	300	300
Chaulage		200	270	290	290	290	290	290	290
Cultures ligneuses pérennes		60	90	40	30	30	20	20	- 10
Total - sols minéraux			-7 400	-10 000	-11 000	-11 000	-11 000	-11 000	-11 000
Changement de la gamme de cultures	Hausse des cultures pérennes	-1 200	-3 000	-4 500	-4 700	-4 700	-4 700	-4 600	-4 600
	Hausse des cultures annuelles	3 500	3 800	3 700	3 900	4 000	4 100	4 200	4 300
Changement des méthodes de travail du sol	Classique à réduit	- 870	- 960	- 860	- 790	- 760	- 730	- 710	- 680
	Classique à sans labour	- 540	-2 500	-3 500	-3 700	-3 800	-3 800	-3 800	-3 900
	Autre	- 1	- 250	- 600	- 720	- 750	- 770	- 800	- 820
Changement des jachères	Hausse des jachères	1 700	1 400	1 300	1 200	1 200	1 100	1 100	1 100
	Baisse des jachères	-4 800	-7 100	-7 700	-8 000	-8 100	-8 200	-8 300	-8 400
Conversion des terres - Émissions résiduelles ²		170	1 400	1 700	1 800	1 900	1 900	1 900	1 900

Notes :

1. Les signes négatifs indiquent une absorption de CO₂ atmosphérique.Ces émissions résiduelles nettes de CO₂ proviennent de conversions de terres forestières et de prairies en terres cultivées qui se sont produites plus de 20 ans avant l'année d'inventaire, y compris les émissions attribuables à la décomposition de la biomasse ligneuse et de la MOM.

I = Inexistant

2,0 Mt d'éq. CO₂ (Tableau 7–10). Ce puits net a connu une hausse régulière par la suite, atteignant environ 11 Mt d'éq. CO₂ en 2006, et demeurant relativement constant au cours des années suivantes. La tendance à la hausse des absorptions au cours des 17 premières années reflète partiellement les efforts soutenus de réduction des jachères et d'augmentation des pratiques de conservation du sol (Campbell *et al.*, 1996; Janzen *et al.*, 1998; McConkey *et al.*, 2003). Par contre, les absorptions nettes tendent à se stabiliser au cours des dernières années, puisque l'adoption des pratiques culturales de conservation du sol et de la réduction des jachères commence à plafonner, et que l'activité du sol comme puits s'approche de l'équilibre. Les émissions accrues causées par l'augmentation de la proportion des cultures annuelles dans la gamme totale des cultures contribuent également à la stabilisation de l'activité nette du sol comme puits, en annulant partiellement les gains en carbone du sol. Une diminution de 76 % de la superficie des jachères de 1990 à 2012 a entraîné une augmentation nette des absorptions, qui sont passées de 3,1 Mt d'éq. CO₂ en 1990 à 7,3 Mt en 2012. L'augmentation nette des absorptions (de 1,4 Mt d'éq. CO₂ en 1990 à 5 Mt en 2012) causée par l'adoption de méthodes culturales de conservation du sol est corroborée par une augmentation nette totale de près de 13 Mha des zones sans labour et en travail réduit de 1990 à 2012. Le changement net dans la gamme de cultures a entraîné le passage d'une source de 2,3 Mt d'éq. CO₂ en 1990 à un puits de 0,3 Mt d'éq. CO₂ en 2012.

L'augmentation nette des puits résultant du changement des méthodes de gestion avec le temps a été partiellement neutralisée par une augmentation depuis 1990 des émissions résiduelles

nettes de CO₂. Ces émissions résultent de la décomposition de la matière organique morte et du COS chaque année sur les terres converties en terres cultivées plus de 20 ans avant l'année d'inventaire. Les émissions imputables aux terres converties depuis moins de 20 ans sont comprises dans la catégorie des terres converties en terres cultivées. L'augmentation observée depuis 1990 dans ces émissions résiduelles est attribuable à un artefact méthodologique, étant donné que la surveillance de la conversion des forêts ne remonte qu'à 1970. Les émissions résiduelles après 20 ans en 1990 ne représentaient que les terres converties en 1970. L'augmentation apparente des émissions résiduelles est due au fait que la couverture temporelle est plus grande d'une année d'inventaire à l'autre. Dans les tableaux du CUPR, ces émissions sont subdivisées entre le réservoir de la matière organique morte et le réservoir du sol.

Questions de méthodologie

Conformément aux Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques pour le secteur ATCATF (GIEC, 2003), on a présumé que les fluctuations du COS étaient attribuables à des changements dans la gestion des sols. Si aucun changement au niveau de la gestion n'était décelé, on présumait que les sols minéraux ne piégeaient pas plus qu'ils ne perdaient de carbone.

VandenBygaart *et al.* (2003) ont compilé les données publiées tirées d'études de longue durée menées au Canada pour évaluer l'effet de la gestion des terres agricoles sur le COS. C'est à partir de leur travail qu'on a sélectionné les pratiques de gestion clés et les changements dans les pratiques qui allaient servir à estimer les changements survenus dans les stocks de carbone du sol. On

a également tenu compte de l'existence de données sur les activités (série chronologique des pratiques d'aménagement) dans le *Recensement de l'agriculture*. On sait qu'un certain nombre de pratiques de gestion accroissent le COS dans les terres cultivées; il s'agit notamment de la réduction de l'intensité du travail du sol, de l'intensification de l'assolement, de l'adoption de pratiques favorisant le rendement et du rétablissement de la végétation pérenne (Janzen *et al.*, 1997; Bruce *et al.*, 1999). D'autres changements dans l'aménagement des terres (CAT), comme l'irrigation et l'épandage de fumier et d'engrais, ont également des effets positifs sur la quantité de COS. Le manque de données d'activité sur ces CAT pour certaines cultures empêche pour l'instant de les incorporer dans l'inventaire. Les estimations des changements dans le CO₂ des sols minéraux sont tirées des types de changements suivants intervenus dans l'aménagement des terres (CAT) :

- changement de la proportion des cultures annuelles et pérennes;
- changement dans les méthodes de travail du sol;
- changement dans la superficie en jachère.

On a estimé les émissions et les absorptions de carbone en appliquant les coefficients d'émission et d'absorption du carbone propres au pays, multipliés par la superficie de terre ayant subi des changements. Les calculs ont été effectués à un niveau élevé de subdivision spatiale, à savoir selon les polygones des pédo paysages du Canada (PPC) (Annexe A3.4.1). Les coefficients d'émission/absorption du carbone représentent le taux de fluctuation du COS par an et par unité de surface soumise à un changement d'aménagement des terres. Les émissions/absorptions annuelles de CO₂ des sols minéraux soumis à des changements sont exprimées comme suit :

Equation 7-1:

$$\Delta C = F \times A$$

où :

ΔC	=	fluctuation des stocks de carbone du sol, Mg C
F	=	fluctuation moyenne du COS soumis au CAT, Mg C/ha
A	=	superficie soumise au CAT, ha

En réalité, l'impact du CAT sur le COS varie en fonction des conditions initiales. L'estimation la plus exacte de la variation des stocks de carbone des sols pourrait donc être obtenue en tenant compte individuellement des effets cumulatifs des antécédents de gestion à long terme de chaque parcelle de terrain ou champ cultivé. Des limites sont imposées par la disponibilité des données sur les activités dans le cadre de modélisation. À ce stade, l'inventaire est lourdement tributaire du *Recensement de l'agriculture* pour estimer les superficies de CAT mises en

cause (par exemple variations des méthodes de travail, types de cultures et jachères). On a déterminé individuellement la superficie de CAT pour 3 269 polygones où se déroulent des activités agricoles, cette superficie étant de l'ordre de 1 000 à 100 000 hectares. Il s'agit du niveau de résolution le plus fin possible des données sur les activités, compte tenu des limites imposées par les impératifs de confidentialité qui se rattachent aux données du recensement. Étant donné que seule la superficie faisant l'objet de chaque pratique est connue pour chaque année du recensement, seule la superficie nette de changement dans les méthodes d'aménagement des terres peut être estimée. Les estimations de ces CAT sont aussi proches que possible de la superficie brute de CAT pour les analyses régionales ou nationales.

La validité des estimations des CAT basées sur les données de recensement repose sur deux hypothèses essentielles : l'additivité et la réversibilité des coefficients de variation du carbone. L'additivité présume que les effets combinés de différents CAT ou de CAT à différents moments sont identiques à la somme des facteurs de chaque CAT pris individuellement. La réversibilité part de l'hypothèse que les effets sur le carbone d'un CAT dans un sens (par exemple conversion des cultures annuelles en cultures pérennes) sont l'opposé des effets sur le carbone du CAT dans le sens opposé (par exemple la conversion de cultures pérennes en cultures annuelles).

Les divers coefficients de variation du carbone qui se rattachent à chaque situation particulière (à la fois dans l'espace et le temps) ont été calculés à l'aide du modèle CENTURY (version 4.0) en comparant les résultats de scénarios « avec » et « sans » le changement de gestion en question. Dans des cas précis, on a utilisé des données empiriques pour compléter les résultats du modèle CENTURY.

On trouvera une description plus détaillée des méthodes permettant de calculer les coefficients de variation du carbone et d'autres paramètres clés à l'annexe A3.4.

Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

On a estimé l'incertitude à l'aide d'une méthode de niveau 1. Les incertitudes associées aux émissions ou aux absorptions de CO₂ couvrent les estimations des incertitudes concernant la superficie et les coefficients de variation du carbone dans les CAT visant les jachères, le travail du sol et les récoltes annuelles ou pérennes (McConkey *et al.*, 2007).

L'incertitude quant à la superficie assujettie à une pratique d'aménagement à un moment donné varie en raison inverse de la proportion de la superficie totale des terres agricoles de l'écodistrict qu'elle représente. 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 pratique⁷.

On a réparti les incertitudes associées aux coefficients de variation du carbone dans le cas des jachères, du travail du sol et des cultures annuelles ou pérennes selon deux grandes sources : 1) incertitude liée au processus dans les variations du carbone à cause des imprécisions dans la prédiction de ces changements, même lorsque la situation de la pratique de gestion est parfaitement définie, et 2) incertitude situationnelle à cause de la variation de l'emplacement ou du moment de l'aménagement. On trouvera à l'annexe A3.4 des détails sur le processus d'estimation et les incertitudes situationnelles. Les estimations de l'incertitude associée aux émissions et aux absorptions de CO₂ par les sols minéraux ont été élaborées par McConkey *et al.* (2007), lesquels ont fait état de valeurs d'incertitude de ± 19 % pour les niveaux et de ± 27 % pour les tendances. Ces incertitudes n'ont pas été mises à jour depuis la déclaration annuelle de 2011, mais elles devraient être encore utilisables, car il n'y a eu aucun changement quant à la méthode d'inventaire dans le cadre des deux dernières déclarations.

L'uniformité dans les estimations du CO₂ est assurée par l'emploi de la même méthodologie sur l'ensemble de la série chronologique (1990–2012).

AQ/CQ et vérification

Les contrôles de qualité de niveau 1, mis en œuvre et documentés par Agriculture et Agroalimentaire Canada, traitent spécifiquement de l'établissement des estimations dans la catégorie Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé. Environnement Canada, même s'il conserve ses propres procédures d'AQ/CQ pour les estimations établies à l'interne (Link), en a adopté de nouvelles pour les estimations provenant de ses partenaires, de même que pour toutes les estimations et les données sur les activités versées dans sa base de données cartographiques ATCATF, et saisies dans le logiciel CRF Reporter du CUPR. De plus, les données sur les activités, les méthodes et les changements sont illustrés et archivés sur supports papier et électronique.

Les coefficients de variation du carbone en cas de CAT utilisés dans l'inventaire ont été comparés aux coefficients empiriques dans VandenBygaart *et al.* (2008). Cette comparaison montre que les données empiriques sur les changements des quantités de carbone attribuables à l'absence de labour varient fortement, surtout dans l'est du Canada. Toutefois, les coefficients modélisés se situaient encore dans la fourchette tirée des données empiriques. Quand on considère le passage de cultures annuelles à des cultures pérennes, le coefficient empirique moyen est de 0,59 Mg C/ha par an, ce qui se compare favorablement à la fourchette de 0,46–0,56 Mg C/ha par an relevée dans les coefficients modélisés

pour les zones pédologiques de l'ouest du Canada. Dans l'est du Canada, on ne disposait que de deux coefficients empiriques de changement, mais ils semblaient en accord avec les valeurs modélisées (selon la comparaison des valeurs empiriques de 0,60–1,07 Mg C/ha par an avec les valeurs modélisées de 0,74–0,77 Mg C/ha par an). Pour la conversion de la rotation culture jachère à la culture continue, le taux modélisé de stockage du carbone (0,33 Mg C/ha par an) était plus de deux fois supérieur au taux moyen ($0,15 \pm 0,06$ Mg C/ha par an) tiré de deux études indépendantes publiées. Cette différence a amené à décider de recourir à des coefficients empiriques pour prendre en compte dans l'inventaire les changements dans les jachères. On trouvera des détails dans l'annexe A3.4.

En février 2009, le Canada a demandé à une équipe de scientifiques et d'experts internationaux du Danemark, de la France, du Japon, de la Suède, de la Russie et des États-Unis de mener une évaluation de la qualité du système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports (SNSCPR) du secteur agricole canadien. Des limitations du système actuel ont été mises en lumière quant aux données d'activité, qui pourraient entacher d'erreurs les estimations des stocks de carbone actuels. En particulier, l'absence d'un ensemble complet et cohérent de données sur l'utilisation des terres et les questions liées à la notion et à l'application de la pseudo-rotation des cultures seront prises en compte dans la prochaine version du SNSCPR.

Recalculs

La valeur associée à l'activité du sol agricole comme puits de C a été réduite de 2,7 Mt annuellement entre 2007 et 2011, en raison des mises à jour des données sur les pratiques de gestion des terres agricoles provenant du *Recensement de l'agriculture* de 2011. Les estimations précédentes de l'activité du sol agricole comme puits de C pour ces années avaient été établies d'après l'information du *Recensement de l'agriculture* de 2006. L'utilisation du plus récent *Recensement de l'agriculture* a entraîné de nouveaux calculs à la baisse des estimations de la superficie ciblée par des pratiques de gestion des terres agricoles pour la période de 1993 à 2011. Ces nouveaux calculs montrent une tendance croissante, particulièrement après 2006, selon laquelle les estimations sont passées d'une réduction de seulement 33 kha en 1993 à 1,7 Mha en 2011. Par conséquent, de nouveaux calculs ont aussi été appliqués avec une tendance semblable aux absorptions nettes. Les estimations sont alors passées d'une réduction de 107 kt d'éq. CO₂ en 1990 à 2,7 Mt en 2011.

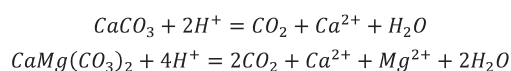
Améliorations prévues

On envisage la possibilité d'améliorer le modèle CENTURY et d'utiliser d'autres modèles, tels que DAYCENT et RothC, afin d'améliorer la simulation des conditions agricoles canadiennes. La qualité des données sur les superficies recueillies par le *Recensement de l'agriculture* sera améliorée grâce aux informations sur la couverture des sols.

⁷ T. Huffman, Agriculture and Agri-Food Canada, personal communication to Brian McConkey, 2007.

7.4.1.2. Émissions de CO₂ imputables à l'application de chaux agricole

Dans l'Est du Canada, le calcaire et la dolomite sont souvent utilisés, dans certaines cultures comme la luzerne, pour neutraliser les sols acides, augmenter la capacité d'assimilation des éléments nutritifs du sol, en particulier le phosphore, réduire la toxicité des métaux lourds, comme l'aluminium, et améliorer le milieu de croissance des cultures. Au cours du processus de neutralisation, du CO₂ est rejeté lors des réactions suivantes d'équilibre du bicarbonate qui surviennent dans le sol :



Le taux de rejet varie selon les conditions pédologiques et les composés épandus. Dans la plupart des cas où l'on épand de la chaux, l'épandage a lieu tous les deux ou trois ans. Pour les besoins de l'inventaire, on présume que le taux d'ajout de chaux est quasi équilibré avec le taux de chaux consommé résultant d'applications antérieures.

Questions de méthodologie

Les émissions associées à l'utilisation de chaux ont été calculées à partir de la quantité et de la composition de la chaux appliquée chaque année plus spécifiquement, des rapports stoechiométriques respectifs qui décrivent la décomposition du calcaire et de la dolomite en CO₂ et en d'autres minéraux. Les méthodes et les sources des données sont décrites à l'annexe A3.4.

Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les limites de l'intervalle de confiance de 95 % associé aux données sur la consommation annuelle de chaux ont été estimées à ± 50 % (McConkey *et al.*, 2007). On pose que l'incertitude inclut celle des ventes de chaux, celle dans la proportion dolomite-calcite, celle sur le moment d'application de la chaux achetée, et celle sur le moment des émissions dues à l'application de chaux. On n'a pas tenu compte de l'incertitude dans le coefficient d'émission parce que la conversion chimique est considérée comme complète, et on a retenu la valeur maximale du coefficient d'émission. La moyenne globale et les incertitudes ont été estimées à $0,3 \pm 0,25$ Mt d'éq. CO₂ pour le niveau et à $0,09 \pm 0,30$ Mt d'éq. CO₂ pour la tendance (McConkey *et al.*, 2007).

On a utilisé la même méthodologie pour l'ensemble de la série chronologique des estimations des émissions (1990-2012).

AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 (Link) d'une manière conforme aux Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des

méthodologies sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

Recalculs

Aucun nouveau calcul n'a été effectué pour les estimations des émissions de cette catégorie de source.

Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions au sujet de cette source.

7.4.1.3. Émissions de CO₂ résultant du travail des sols organiques

Description de la catégorie

Au Canada, les sols organiques travaillés sont définis comme la conversion de sols organiques à l'agriculture pour la production de cultures annuelles, qui s'accompagne normalement d'un drainage artificiel, d'un travail du sol et de l'épandage de chaux. Les sols organiques utilisés pour la production agricole au Canada englobent la phase tourbeuse des sols gleysoliques, les fibrisols de plus de 60 cm d'épaisseur, les mésisols et les humisols de plus de 40 cm d'épaisseur (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 1998).

Questions de méthodologie

Pour calculer les émissions résultant du travail des sols organiques, on a multiplié la superficie totale des histosols travaillés par le coefficient d'émission par défaut de 5 Mg C/ha par an (GIEC, 2006).

Les superficies d'histosols travaillés ne sont pas fournies par le *Recensement de l'agriculture*; les estimations des superficies reposent donc sur l'avis de spécialistes des sols et des cultures de tout le Canada (Liang *et al.*, 2004). La superficie totale de sols organiques travaillés au Canada (qui est constante pour la période 1990-2012) a été évaluée à 16 kha ou 0,03 % de la superficie des terres cultivées. Les superficies d'histosols travaillés sont principalement situées dans les zones de déclaration maritime de l'Atlantique, des Plaines à forêts mixtes et zones de déclaration maritime du Pacifique.

Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'incertitude associée aux émissions de cette source est due aux incertitudes qui viennent des estimations de la superficie des histosols travaillés et du coefficient d'émission. Les limites de l'intervalle de confiance de 95 % associées à l'estimation de la superficie des histosols travaillés sont évaluées à ± 50 % (Hutchinson *et al.*, 2007). Les limites de confiance de 95 % du coefficient d'émission par défaut sont égales à ± 90 % (GIEC,

2006). La moyenne globale et les incertitudes associées à cette source d'émissions ont été estimées à $0,3 \pm 0,09$ Mt d'éq. CO₂ pour le niveau et $0 \pm 0,13$ Mt d'éq. CO₂ pour la tendance (McConkey *et al.*, 2007).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique des estimations des émissions (1990–2012).

AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 (Annexe 6) d'une manière conforme aux Recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

Recalculs

Aucun nouveau calcul n'a été effectué aux fins de l'estimation des émissions de cette catégorie de source.

Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions au sujet de cette source.

7.4.1.4. Émissions et absorptions de CO₂ par la biomasse ligneuse

Description de la catégorie

On trouve de la biomasse ligneuse pérenne sur les terres cultivées plantées de vignobles, de vergers et d'arbres de Noël. La biomasse s'accumule également sur les terres cultivées abandonnées qui retournent à l'état de végétation naturelle. Dans le cadre définitionnel adopté au Canada pour déclarer les émissions du secteur ATCATF, les terres cultivées abandonnées sont toujours considérées comme « terres cultivées » tant qu'on n'a pas de preuve d'une nouvelle affectation des terres; toutefois, on dispose de peu d'informations sur la dynamique de l'abandon ou de la remise en culture des terres cultivées. Compte tenu de ces limitations, seuls les vignobles, les vergers et les plantations d'arbres de Noël sont pris en compte; pour l'instant, on exclut les fluctuations de la biomasse ligneuse provenant des « terres cultivées abandonnées » sur les terres cultivées dont la vocation n'a pas changé.

Questions de méthodologie

Les vignobles, les vergers et les pépinières d'arbres de Noël font l'objet d'un aménagement intensif en vue d'un rendement soutenu. Les vignobles et les vergers sont taillés chaque année, et les vieux arbres et les vieux ceps de vigne sont remplacés selon un régime de rotation pour prévenir les maladies, améliorer les stocks ou introduire de nouvelles variétés. Pour ces trois cultures

spécialisées, on présume qu'en raison des méthodes de rotation et des impératifs d'un rendement soutenu, on trouve généralement une répartition uniforme des classes d'âge dans les exploitations. Il n'y a donc pas d'augmentation ou de diminution nette du carbone de la biomasse dans les exploitations existantes, car le carbone perdu lors de la récolte ou du remplacement est récupéré grâce à la croissance des nouvelles plantes. Cette approche est donc limitée à la détection des changements dans les superficies plantées de vignobles, de vergers ou d'arbres de Noël et à l'estimation des fluctuations correspondantes des stocks de carbone dans la biomasse totale. On trouve l'annexe A3.4 de plus amples renseignements sur les hypothèses et les paramètres.

Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Lors d'une perte de superficie de cultures ligneuses pérennes, on suppose que tout le carbone de la biomasse ligneuse est libéré immédiatement. On suppose aussi que l'incertitude des pertes de carbone correspond à l'incertitude au sujet de la masse de carbone de la biomasse ligneuse. On a eu recours à l'incertitude par défaut de ± 75 % (intervalle de confiance de 95 %) pour la biomasse ligneuse sur les terres cultivées, selon le Guide des bonnes pratiques du GIEC (GIEC, 2003).

Si la perte de superficie de vergers, de vignobles ou d'arbres de Noël est attribuée au passage à des cultures annuelles, on présume également qu'une conversion des cultures pérennes en cultures annuelles est assortie d'une incertitude qui contribue à l'incertitude des variations du carbone. Dans le cas d'un gain de superficie de vergers, de vignobles ou de pépinières d'arbres de Noël, on a aussi supposé que l'incertitude liée aux variations annuelles du carbone était l'incertitude par défaut de ± 75 % (intervalle de confiance de 95 %) (GIEC, 2003).

La moyenne globale et les incertitudes associées aux émissions ou aux absorptions de CO₂ des cultures ligneuses spécialisées ont été estimées à -10 ± 1 kt d'éq. CO₂ pour le niveau et à -70 ± 105 kt d'éq. CO₂ pour la tendance (McConkey *et al.*, 2007).

On a utilisé la même méthodologie pour l'ensemble de la série chronologique des estimations des émissions (1990–2012).

AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 (Annexe 6) d'une manière conforme aux Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

Recalculs

De légers changements ont été apportés aux données sur les superficies en raison d'une mise à jour du *Recensement de*

l'agriculture en 2011. Par conséquent, de nouveaux calculs ont été effectués, ce qui a donné lieu à une augmentation des émissions de 7 kt d'éq. CO₂ en 1990 et de 65 kt d'éq. CO₂ en 2011.

Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions pour cette catégorie.

7.4.2. Terres converties en terres cultivées

Cette catégorie englobe la conversion de terres forestières et de prairies en terres cultivées. Les émissions découlant de la conversion de terres forestières en terres cultivées représentent près de 100 % des émissions totales de cette catégorie, lesquelles ont diminué, passant de 13 Mt d'éq. CO₂ en 1990 à 5,6 Mt d'éq. CO₂ en 2012. Les émissions attribuables à la conversion de prairies sont relativement non significatives.

7.4.2.1. Terres forestières converties en terres cultivées

Le déboisement au profit de l'agriculture est une pratique qui persiste, mais elle est à la baisse au Canada, bien que l'agriculture reste une grande cause de la conversion des forêts (représentant 41 % de la conversion de superficie de forêts en 2012). La superficie cumulative des terres forestières converties en terres cultivées depuis 1971 était de 1 331 kha en 1990; en 2012, la superficie cumulative convertie depuis 1993 s'établissait à 444 kha. Les méthodes servant à déterminer la superficie convertie par année sont communes à la conversion des terres forestières en d'autres catégories d'utilisation des terres. Ces méthodes sont décrites à la section 7.8, Conversion des forêts, de ce chapitre. En 2012, les émissions immédiates issues de la conversion des terres forestières représentaient 3,3 Mt d'éq. CO₂ ou 60 % de l'ensemble des émissions attribuables à la conversion des terres forestières en terres cultivées, tandis que les émissions résiduelles découlant d'événements s'étant produits dans les 20 dernières années correspondaient au restant, soit 2,2 Mt d'éq. CO₂. Un total de 95 % des émissions étaient issues des bassins de biomasse et de matière organique morte pendant et après la conversion, et le reste était attribuable au réservoir de sol.

Questions de méthodologie – bassins de MOM et de biomasse

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la grande majorité des émissions attribuables à la conversion des forêts en terres cultivées sont celles des bassins de matière organique morte et de biomasse. L'estimation de ces émissions est fondée sur le même cadre de modélisation que celui utilisé pour l'estimation des émissions des terres forestières dont la vocation n'a pas changé. On trouve à la section 7.3.1.1 une description

générale détaillée du cadre de modélisation; plus de détails sont donnés à l'annexe 3.4.

Questions de méthodologie – Sols

Les émissions des sols de cette catégorie comprennent les variations nettes de carbone dues à la conversion effective, une source nette très peu importante de CO₂ résultant des changements dans les pratiques de gestion dans les 20 années suivant la conversion, ainsi que les émissions de N₂O attribuables à la décomposition de la matière organique du sol. Pour calculer les émissions des sols découlant de la conversion des terres forestières en terres cultivées, on a multiplié la superficie totale convertie par le coefficient d'émission d'origine empirique et la dynamique du COS modélisée (Annexe A3.4). Comme nous le verrons ci-dessous, les modalités de fluctuation du COS après la conversion des forêts en terres cultivées diffèrent manifestement entre l'est et l'ouest du Canada.

Est du Canada

Toutes les terres agricoles de l'Est du Canada étaient boisées avant d'être affectées à l'agriculture. De nombreuses observations d'ouvrages scientifiques et du Système d'information sur le sol du Canada comparent le COS des sols forestiers au COS des sols agricoles adjacents de l'est du Canada. La perte moyenne de carbone est de 20 % à une profondeur d'environ 20 à 40 cm (Annexe A3.4). La transformation moyenne de l'azote est de -5,2 %, soit une perte d'environ 0,4 Mg N/ha. Pour les comparaisons qui ont permis de déterminer les déperditions d'azote et de carbone, la déperdition de carbone correspondante était de 19,9 Mg C/ha. On a donc présumé que la déperdition d'azote équivalait à un pourcentage constant de 2 % de la déperdition de carbone.

On utilise le modèle CENTURY (version 4.0) pour estimer la dynamique du carbone organique des sols résultant de la conversion de terres forestières en terres cultivées dans l'est du Canada. On trouvera à l'annexe A3.4 d'autres précisions sur les méthodes qui ont permis de déterminer la déperdition maximale de carbone et sa constante de vitesse dans le cas de la conversion des terres forestières.

Selon une méthode de niveau 2, comme on l'a fait pour les émissions directes de N₂O des sols agricoles (voir le secteur de l'agriculture, chapitre 6), les émissions de N₂O imputables à la conversion des forêts en terres cultivées ont été estimées en multipliant la quantité de carbone perdu par la fraction d'azote perdue par unité de carbone et par un coefficient d'émission (CE_{BASE}). On a déterminé le CE_{BASE} de chaque écodistrict en se basant sur ses conditions topographiques et climatiques (Annexe A3.3).

Ouest du Canada

Une bonne partie des terres agricoles actuelles de l'Ouest du Canada (Prairies et Colombie-Britannique) était à l'origine

recouverte de prairies. C’est pourquoi les terres forestières converties en terres cultivées ont principalement touché les forêts situées à la périphérie des anciennes prairies.

Ce sont les données du Système d’information sur les sols du Canada (CANSIS) qui présentent les meilleures sources de données disponibles sur le COS dans les sols forestiers et du COS dans les sols agricoles. En moyenne, ces données incitent à penser qu’il n’y a pas de déperdition de COS résultant de la conversion des forêts et qu’à long terme, l’équilibre entre les apports de carbone et la minéralisation du COS dans les sols agricoles reste semblable à ce qu’il était dans les sols forestiers. Il importe de reconnaître que, le long de la frange nord du territoire agricole dans l’ouest du Canada, là où se produit la majeure partie de la conversion des forêts, les terres sont peu productives pour la culture de labour; les pâturages et les cultures fourragères y sont les pratiques de gestion dominantes.

Pour la région de l’Ouest du Canada, on a présumé une perte nulle de COS à long terme par suite de la conversion des terres forestières pour l’exploitation exclusivement en pâturages cultivés et en champs de foin. La déperdition de carbone résultant de la conversion des forêts dans l’ouest du Canada est donc attribuable à la perte de biomasse aérienne et souterraine des arbres et à la perte ou à la décomposition d’autre matière organique morte, aérienne et souterraine, constituée des débris ligneux grossiers qui existaient dans la forêt au moment de la conversion des forêts. Le changement moyen de l’azote dans l’ouest du Canada à des stations déboisées depuis au moins 50 ans étaient de +52 % (Annexe 3.4), ce qui révèle un ajout appréciable d’azote dans les systèmes agricoles par rapport aux pratiques de gestion des forêts. Toutefois, compte tenu de l’incertitude relative à la dynamique réelle carbone azote de la conversion des forêts, on a présumé que la conversion des terres forestières en terres cultivées dans l’ouest du Canada n’était pas une source de N₂O.

Degré d’incertitude et cohérence de la série chronologique

Les flux de gaz à effet de serre des terres forestières converties en terres cultivées proviennent de la combinaison (i) du brûlage ou de la récolte (émissions immédiates de la biomasse et de la matière organique morte ou transferts vers les PLR comptabilisés comme des émissions immédiates, respectivement); (ii) de la décomposition de la matière organique et des émissions subséquentes de CO₂ du réservoir de MOM; et (iii) de la déperdition nette de COS. Il convient de noter que les émissions immédiates de CO₂ désignent toujours une superficie convertie au cours de l’année d’inventaire; les émissions résiduelles, bien que provenant également des terres converties pendant l’année d’inventaire, sont pour la plupart issues de la conversion des terres au cours des 20 dernières années. Les émissions de gaz autre que le CO₂ ne sont produites que par le brûlage et surviennent durant le processus de conversion.

Les émissions immédiates et résiduelles de CO₂ des réservoirs de biomasse et de MOM sont les plus importantes de cette catégorie et contribuent le plus à l’incertitude liée à cette catégorie (Tableau 7–11 et Tableau 7–12). Dans tous les cas, les valeurs d’incertitude sont présentées comme l’intervalle de confiance de 95 % de part et d’autre des valeurs d’estimation médiane (réservoirs de biomasse et de MOM) ou moyenne (réservoir de sol).

Tableau 7–11 Degré d’incertitude relatif aux composantes des flux totaux de CO₂ provenant des terres forestières converties en terres cultivées pour l’année de déclaration 2012

Composante du flux	Flux de CO ₂ net (kt d’éq. CO ₂)	Degré d’incertitude (kt d’éq. CO ₂)
Émissions immédiates	3 160	±683
Émissions résiduelles du bassin de MOM	1 893	±392
Émissions résiduelles du bassin du sol	295	±183

Tableau 7–12 Degré d’incertitude relatif aux émissions de gaz autre que le CO₂ provenant des terres forestières converties en terres cultivées pour l’année de déclaration 2012

Composante du flux	Émissions (kt d’éq. CO ₂)	Degré d’incertitude (kt d’éq. CO ₂)
Émissions de CH ₄	105	±29
Émissions de N ₂ O	64	±18

Compte tenu des procédures et de la méthode d’estimation, l’incertitude a été estimée indépendamment pour les réservoirs de biomasse et de matière organique morte, et pour la matière organique du sol. On a tenu compte de l’incertitude inhérente aux données d’activité décrite à la section 7.8.2 dans toutes les analyses.

Le devenir de la biomasse et de la matière organique morte par suite de la conversion des forêts et les émissions résultantes sont modélisés par le même cadre que celui utilisé pour les terres forestières; les estimations de l’incertitude correspondantes ont donc aussi été établies avec le même cadre et la même méthode de Monte-Carlo ayant servi à élaborer les estimations de l’incertitude de la catégorie des terres forestières. L’analyse de Monte Carlo a été réalisée pour toute la série chronologique dans le présent rapport. Une description de la méthode générale est présentée à la section 7.3.1.2; pour un complément d’information, voir la section 3.4.2.4 de l’annexe 3.4.

L’incertitude associée aux flux nets de CO₂ d’un réservoir de sol a été estimée selon la méthode analytique (McConkey et al., 2007). De plus amples renseignements sont fournis à l’annexe A3.4.2.4 sur la méthode d’analyse générale.

AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 (Annexe 6) d'une manière conforme aux Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000). Des contrôles de la qualité ont également été effectués à l'interne par Agriculture et Agroalimentaire Canada, qui en a tiré des estimations des variations du COS. Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

Pour répondre à la question soulevée par l'équipe d'examen composée d'experts (EEE) pendant l'examen du rapport d'inventaire annuel de 2009, le Canada explique plus en détail les méthodes employées à l'annexe A3.4.

Recalculs

Les nouveaux calculs effectués découlent des mises à jour du *Recensement de l'agriculture* de 2011 et des corrections de certaines erreurs dans le système de modélisation des forêts MBC, et ont donné lieu à des hausses des émissions de 67 kt d'éq. CO₂ en 1990 et de 405 kt d'éq. CO₂ en 2011.

Améliorations prévues

Les améliorations prévues décrites à la section 7.8, Conversion des forêts, auront aussi des incidences sur cette catégorie.

7.4.2.2. Prairies converties en terres cultivées

La conversion de prairies indigènes en terres cultivées est un phénomène qui se produit dans la région des Prairies et qui aboutit généralement à la déperdition de COS et d'azote organique du sol et à des rejets de CO₂ et de N₂O dans l'atmosphère. La conversion n'entraîne aucune perte significative de carbone issu de matière organique aérienne ou souterraine ou de MOM, d'après les constatations d'une étude récente sur le brûlage des prairies aménagées au Canada de Bailey et Liang (2013), qui ont conclu que la quantité moyenne de biomasse aérienne était de 1 100 kg ha⁻¹ dans le tchernoziom brun et de 1 700 kg ha⁻¹ dans le tchernoziom brun foncé. La biomasse aérienne, dans les prairies aménagées, serait inférieure à son rendement respectif en conditions de production agricole (Liang *et al.*, 2005). En 2012, les émissions totales des sols s'élevaient à 17 kt d'éq. CO₂, y compris les déperditions de carbone et les émissions de N₂O dues à la conversion.

Questions de méthodologie

Un certain nombre d'études ont été réalisées sur les changements du COS et de l'azote organique du sol dans les prairies converties en terres cultivées dans les zones de sol brun, brun foncé et noir des Prairies canadiennes. La déperdition moyenne de COS a été de 22 %, et le changement moyen

correspondant de l'azote organique du sol a été de 0,06 kg N perdu/kg C (Annexe A3.4).

Le modèle CENTURY (version 4.0) sert à estimer la dynamique du COS résultant de la conversion des prairies en terres cultivées pour les tchernozioms bruns et brun foncé. On trouvera à l'annexe A3.4 d'autres précisions sur les méthodes utilisées pour déterminer la déperdition maximale de carbone et sa constante de vitesse dans le cas de la conversion des prairies.

Comme dans le cas des émissions de N₂O des forêts converties en terres cultivées, les émissions de N₂O des prairies converties en terres cultivées ont été estimées à l'aide d'une méthode de niveau 2, en multipliant la quantité de carbone perdue par la fraction d'azote perdue par unité de carbone et par un coefficient d'émission de base (CE_{BASE}). On a déterminé le CE_{BASE} de chaque écodistrict en se basant sur ses caractéristiques topographiques et climatiques (Annexe A3.3.3).

Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

La conversion des prairies agricoles en terres cultivées est possible, selon le cadre définitionnel des terres, alors que l'inverse ne l'est pas (Section 7.2). En conséquence, la valeur absolue de l'incertitude de la superficie soumise à cette conversion a été établie selon la plus basse des incertitudes de la superficie de terres cultivées ou de la superficie de prairies. L'incertitude de la superficie convertie correspondait donc à la plus basse des incertitudes de la superficie des terres cultivées ou des prairies dans chaque écodistrict. On a estimé l'incertitude du changement lié au COS de la même façon que pour la conversion des terres forestières en terres cultivées. On a estimé la moyenne globale et l'incertitude concernant les émissions dues aux pertes de COS lors de la conversion de prairies en terres cultivées comme étant de 17 ± 20 kt d'éq. CO₂ pour le niveau et de -42 ± 28 kt d'éq. CO₂ pour la tendance.

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique des estimations des émissions (1990-2012).

AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 (Annexe 6) d'une manière conforme aux Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000). Les données sur les activités, les méthodologies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

Recalculs

En raison des mises à jour du *Recensement de l'agriculture* de 2011, de nouveaux calculs ont été effectués et ont mené à une

baisse des émissions de 19 kt d'éq. CO₂ en 1990 ainsi qu'à une hausse de 8 kt d'éq. CO₂ en 2011.

Améliorations prévues

Le Canada prévoit valider les coefficients modélisés de changement du COS à l'aide des coefficients de changement du carbone du sol mesurés et publiés pour la conversion des prairies, à mesure qu'ils seront disponibles.

7.5. Prairies

Les prairies agricoles sont définies dans le cadre canadien sur le secteur ATCATF comme des pâturages ou des grands parcours où les seules pratiques de gestion des terres agricoles sont l'alimentation du bétail (en d'autres mots, il s'agit de terres qui n'ont jamais été cultivées). On en trouve dans les régions géographiques où les prairies ne retourneraient pas naturellement à l'état de forêt si elles étaient abandonnées : les prairies naturelles à herbe courte dans le sud de la Saskatchewan et de l'Alberta et dans les vallées montagneuses sèches de l'intérieur de la Colombie-Britannique. On trouve des prairies agricoles dans trois zones de déclaration : les Prairies semi arides (5 207 kha), la Cordillère montagnarde (199 kha) et la zone maritime du Pacifique (2 kha). Comme dans le cas des terres cultivées, le changement d'aménagement entraîne une modification des stocks de carbone (GIEC, 2003). On dispose de très peu d'informations sur les méthodes de gestion des prairies agricoles canadiennes et on ne sait pas si les pâturages s'améliorent ou se dégradent. C'est pourquoi le Canada déclare la catégorie des prairies dont la vocation n'a pas changé en utilisant la méthode de niveau 1 du GIEC fondée sur l'absence de changement dans les pratiques de gestion, et ce, depuis 1990. La catégorie des terres converties en prairies, dans le cadre définitionnel actuel, comme on le voit à la section 7.2, est déclarée soit comme non estimée (terres humides converties en prairies), soit comme inexistante (Tableau 7–4).

7.5.1. Prairies dont la vocation n'a pas changé

7.5.1.1. Description de la catégorie

Les prairies aménagées sont parfois brûlées au Canada, que ce soit naturellement par la foudre, par allumage accidentel, comme outil de gestion visant à lutter contre les plantes envahissantes et à stimuler la croissance des espèces indigènes, ou dans le cadre d'exercices d'entraînement militaire. Le brûlage des prairies aménagées constitue une source nette de CH₄, de CO, de NO_x et de N₂O (GIEC, 1997).

7.5.1.2. Questions de méthodologie

Les émissions de CH₄ et de N₂O issues du brûlage des prairies agricoles aménagées ont été estimées d'après la méthode de

niveau 1 du GIEC, en tenant compte de la superficie du brûlage, de la charge de combustible et de l'efficacité de la combustion pour chaque événement. Les coefficients d'émission du CH₄ (2,7 g CH₄ kg⁻¹ de matière sèche brûlée et 0,07 g N₂O kg⁻¹ de matière sèche brûlée) sont issus des Lignes directrices du GIEC (GIEC, 2006).

Les données sur la superficie brûlée, la charge de combustible et l'efficacité de la combustion pour chaque événement de brûlage des prairies agricoles aménagées ont été recueillies par l'entremise de consultations (Bailey et Liang, 2013).

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

Le degré d'incertitude associé aux émissions de cette source découle des incertitudes relatives aux estimations de la superficie, de la charge moyenne de combustible par hectare et de l'efficacité de la combustion, ainsi que des coefficients d'émission. Les limites de l'intervalle de confiance de 95 % associées à la quantité de matière brûlée, d'après le jugement d'experts, sont évaluées à ± 50 %. Les limites de confiance de 95 % des coefficients d'émission par défaut sont de ± 40 % pour le CH₄ et de ± 48 % pour le N₂O (GIEC, 2006). On a estimé que les incertitudes globales associées à cette source d'émissions, au moyen d'une simple méthode de propagation d'erreur, étaient de ± 64 % pour le CH₄ et de ± 69 % pour le N₂O, respectivement.

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique des estimations des émissions (de 1990 à 2012).

7.5.1.4. AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 (Annexe 6) d'une manière conforme aux Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000). Les données sur les activités et les méthodes sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

7.5.1.5. Recalculs

Étant donné qu'il s'agit de la première fois que le Canada déclare les émissions provenant de cette source, aucun nouveau calcul n'a été effectué.

7.5.1.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions pour cette source.

7.6. Terres humides

Au Canada, une terre humide est une terre saturée d'eau pendant suffisamment longtemps pour favoriser les processus anaérobiques révélés par la présence de sols mal drainés, d'hydrophytes et de divers types d'activités biologiques adaptées à un milieu humide – en d'autres termes, toute superficie de terre qui peut retenir l'eau suffisamment longtemps pour que s'y développent des plantes et des sols de milieux humides. De ce fait, les terres humides couvrent près de 14 % de la superficie du Canada (Environnement Canada, 2003). Le Système de classification des terres humides du Canada subdivise les terres humides en cinq grandes catégories : les bogs, les fens, les marécages, les marais et les eaux peu profondes (Groupe de travail national sur les terres humides, 1997).

Toutefois, pour les besoins du rapport et conformément aux catégories de terres définies par le GIEC (2003), la catégorie Terres humides doit être limitée aux terres humides qui n'appartiennent pas déjà aux catégories des terres forestières, des terres cultivées ou des prairies. Il n'y a pas d'estimation de la superficie correspondant à ces terres humides au Canada.

Conformément aux recommandations du GIEC (GIEC, 2003), on prend en compte deux types de terres humides aménagées, celles où l'intervention humaine a directement modifié le niveau de la nappe phréatique et, par conséquent, la dynamique des émissions/absorptions de GES : les tourbières drainées pour la récolte de la tourbe, et les terres submergées (à savoir, la création de réservoirs). Étant donné les différences de leur nature, de la dynamique des GES et des méthodes générales d'estimation des émissions et des absorptions, ces deux types de terres humides aménagées sont étudiés séparément.

7.6.1. Tourbières aménagées

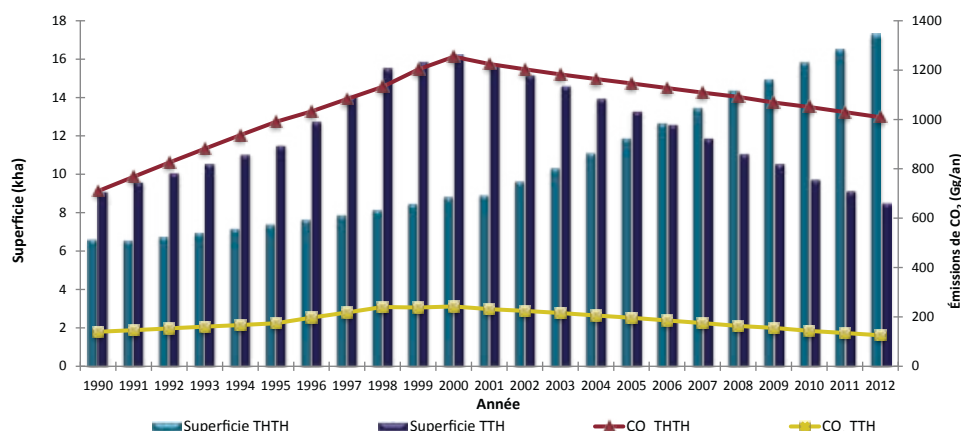
7.6.1.1. Description de la catégorie de source

Sur les quelque 123 Mha de tourbières que l'on trouve au Canada, environ 26 kha sont drainés, ou l'ont été par le passé, pour l'extraction de la tourbe. Environ 14 kha font actuellement l'objet d'un aménagement actif, l'écart (11 kha) représentant les tourbières qui ne sont plus en production. Dans le contexte du Canada, seules les tourbières dont l'épaisseur de tourbe est d'au moins 2 m et qui couvrent une superficie d'au moins 50 ha ont une valeur commerciale pour l'extraction de la tourbe (Keys, 1992). La production de tourbe est concentrée au Nouveau-Brunswick, au Québec, en Alberta et au Manitoba. Le Canada ne produit que de la tourbe horticole.

Depuis les années 1980, la quasi-totalité de l'extraction de la tourbe au Canada a recours à la technologie de l'extraction sous vide; environ 100 t/ha (à l'état humide) de tourbe horticole sont extraites au moyen de cette technique (Cleary, 2003). L'inconvénient de cette technique, par opposition à l'ancienne méthode de blocs de coupe, tient à la mauvaise repousse naturelle de la végétation à l'étape post production. Depuis les années 1990, les activités de rétablissement des tourbières intéressent davantage.

Les activités d'extraction de tourbe ont augmenté pendant la période 1990–2000; la superficie soumise à l'extraction active a crû de 47 %, passant de 9,5 kha en 1990 à 14 kha au tournant du siècle. Du fait de cette expansion et de la contribution importante du défrichage et de la décomposition de la végétation au bilan global des GES, les émissions des tourbières aménagées marquent une nette augmentation pendant la première moitié de la période d'évaluation. Depuis, elles ont baissé (Figure 7–4),

Figure 7–4 Superficies et émissions de CO₂ des tourbières aménagées, 1990–2012
(TTH = terres converties en terres humides; TTHH = terres humides restantes)



passant de 1,5 Mt en 2000 à 1,1 Mt en 2012. Les émissions des tourbières aménagées sont déclarées dans la catégorie des terres converties en terres humides au cours des 20 premières années suivant leur conversion, puis, passé ce délai, dans la catégorie des terres humides dont la vocation n'a pas changé.

7.6.1.2. Questions de méthodologie

Les phases générales de l'extraction de la tourbe sont : i) le drainage; ii) le défrichage; iii) l'extraction; iv) l'empilage; v) l'abandon; et vi) le rétablissement des tourbières et la restauration naturelle de la végétation. En raison du drainage, le CO₂ est le principal gaz à effet de serre émis par les tourbières commerciales et le seul déclaré dans cette catégorie. Les principales sources d'émissions sont le défrichage, qui fait suite à la conversion, la décomposition constante de la matière organique morte et l'oxydation rapide de la tourbe exposée, ce qui correspond à des taux d'émission de CO₂ trois fois plus élevés que ceux des tourbières naturelles (Waddington et Warner, 2001). Ces estimations ont été établies à l'aide d'une méthode de niveau 2, en fonction des coefficients d'émission nationaux. Elles englobent les émissions et les absorptions au cours des cinq phases. On trouvera à l'annexe A3.4 d'autres précisions sur la méthode d'estimation.

À noter que la méthodologie ne tient pas compte des déperditions de carbone résultant du transport de la tourbe hors des tourbières; si celles-ci étaient comprises, les émissions totales des tourbières aménagées augmenteraient considérablement.

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

Il n'y a pas eu d'évaluation formelle de l'incertitude pour les émissions et les absorptions de carbone dans les tourbières aménagées. Les sources d'incertitude les plus importantes sont analysées ci-dessous.

Les coefficients d'émission ont été établis à partir des mesures des flux prises principalement dans des tourbières abandonnées, ce qui introduit un degré d'incertitude important lorsqu'on les applique aux tourbières faisant l'objet d'un aménagement actif et aux tas de tourbe. Toutes les mesures ont été prises dans l'est du Canada, ce qui ne fait qu'accentuer l'incertitude des estimations pour l'ouest du Canada. Des densités de carbone de la biomasse avant la conversion de 20 t C/ha pour les terres forestières et de 2,8 t C/ha pour les autres terres (tourbières ouvertes) ont été déterminées à partir d'un examen de la documentation. On a supposé qu'en moyenne 63 % de la biomasse aérienne dans les terres forestières était récoltée au moment du défrichage.

On ne dispose actuellement d'aucune information à référence spatiale sur les superficies de tourbières aménagées; elles ont donc été modélisées d'après les renseignements fournis par

l'industrie⁸. D'où l'incertitude significative associée à ces données d'activité. En outre, le devenir des tourbières abandonnées n'est pas surveillé au Canada; on ne dispose d'aucune information sur les champs de tourbe plus anciens qui pourraient avoir été convertis à d'autres utilisations. C'est pourquoi l'estimation de la superficie des tourbières abandonnées est sans doute prudente.

7.6.1.4. AQ/CQ et vérification

L'annexe 6 décrit les procédures générales d'AQ/CQ suivies pour l'inventaire des GES du Canada, lesquelles s'appliquent également à cette catégorie. Les superficies ont été calculées avec la collaboration de l'Association de la tourbe de sphagne canadienne.

7.6.1.5. Recalculs

L'analyse géospatiale des sites d'extraction de tourbe de l'ensemble du Canada a indiqué que, contrairement à l'hypothèse utilisée dans les rapports précédents voulant que toutes les terres converties pour l'extraction de tourbe soient des terres forestières, seulement 5 % des terres converties en moyenne pouvaient être considérées comme des terres forestières. Par conséquent, les terres converties en tourbières aménagées ont été séparées dans les catégories des autres terres converties en terres humides et des terres forestières converties en terres humides. Des paramètres de densité de la biomasse aérienne avant la conversion de 20 t C/ha et de 2,8 t C/ha ont été utilisés séparément pour les forêts et les autres terres, respectivement.

Les superficies modélisées de tourbières aménagées ont été mises à jour à partir de nouvelles données sur la remise en état des tourbières pour la période de 2005 à 2011. Ces données ont été déterminées d'après un relevé effectué auprès des membres de l'Association canadienne de tourbe de sphagne.

Les nouveaux calculs étaient les plus importants pour la période de 1990 à 2000. En effet, les estimations ont diminué, en moyenne, de 47 kt d'éq. CO₂ par année. Ces nouveaux calculs résultent principalement du changement de l'attribution des terres ainsi que de l'utilisation de paramètres de densité de la biomasse propres à chaque catégorie de terres, dont les répercussions ont été les plus importantes durant la période d'expansion des superficies touchées par l'extraction de tourbe (de 1990 à 2000). De manière générale, pour la période de 1990 à 2012, les valeurs issues des nouveaux calculs à la baisse pour la catégorie des tourbières aménagées étaient, en moyenne, de 30 kt d'éq. CO₂ par année (2 % de la catégorie totale).

⁸ Gerry Hood, Association de la tourbe de sphagne canadienne, communication personnelle à D. Blain, Environnement Canada, 2006.

7.6.1.6. Améliorations prévues

On tente d'élaborer des méthodes appropriées pour estimer les émissions dues à la décomposition de la tourbe récoltée hors site, comme le recommandent les lignes directrices du GIEC.

7.6.2. Terres submergées (réservoirs)

Cette catégorie englobe théoriquement toutes les terres qui ont été submergées, quel qu'en soit l'objectif. En raison des limitations des données, le présent rapport n'englobe que les grands réservoirs hydroélectriques créés par la submersion de terres. On n'a pas tenu compte des plans d'eau existants qui ont été endigués pour contrôler le niveau d'eau ou produire de l'énergie si la submersion y a été minime (par exemple le lac Winnipeg au Manitoba; les Grands Lacs).

Depuis 1970, c'est dans les zones de déclaration 4, 5, 7, 8, 10 et 14 que des terres ont été converties en terres submergées. Le total de la superficie ainsi submergée depuis 10 ans ou moins a reculé de 900 kha en 1990 à 120 kha en 2012, année où, 55 % des 120 kha de réservoirs mis en eau depuis 10 ans ou moins étaient auparavant boisés (généralement non aménagés).

Les émissions totales des réservoirs sont passées de 4,4 Mt en 1990 à 1,4 Mt d'éq. CO₂ en 2012.

7.6.2.1. Questions de méthodologie

Deux méthodes d'estimation ont été employées concurremment pour comptabiliser les flux de GES des terres submergées, l'une basée sur le déboisement et l'autre sur la submersion. Lorsqu'il existait des preuves de défrichage et d'enlèvement de la biomasse avant la mise en eau, les variations correspondantes des stocks de carbone pour les bassins de carbone non inondés ont été estimées, comme pour tous les phénomènes de conversion des forêts, avec le CBM CFS3 (Section 7.2 et Annexe A3.4). Les émissions dues au brûlage et à la décomposition de toute la matière organique morte non submergée sont déclarées dans la catégorie des terres converties en terres humides pendant les 10 premières années après le déboisement, et dans la catégorie des terres humides dont la vocation n'a pas changé passé ce délai. La construction de grands réservoirs dans le Nord du Québec (Toulouste, Eastmain-1, Péribonka), dont les travaux de retenue ont été terminés en 2005, 2006 et 2008, respectivement, a occasionné ce type de déboisement avant l'inondation. À noter que les émissions dues au déboisement dans les environs des futurs réservoirs (p. ex. pour l'aménagement des infrastructures) sont déclarées dans la catégorie des terres forestières converties en zones de peuplement.

La deuxième méthode s'applique à l'estimation des émissions de CO₂ de la surface des réservoirs qui ont été mis en eau.

La méthode par défaut pour estimer les émissions des terres submergées présume que la totalité du carbone de la biomasse forestière est immédiatement rejetée (GIEC, 2003). Au Canada, cette façon de procéder a pour effet de surestimer les émissions résultant de la création de réservoirs, étant donné que, pour la plus grande partie de la végétation submergée, la décomposition ne dure pas très longtemps. On a élaboré une approche propre au Canada, qu'on a utilisée pour estimer les émissions des réservoirs en se basant sur les mesures des flux de CO₂ au-dessus de leur surface. Cette façon de faire est conforme aux descriptions de la méthode de niveau 2 du GIEC (GIEC, 2003, 2006) et aux directives de l'annexe 3A.3 du GIEC (2003). L'annexe A3.4 fournit d'autres précisions sur cette méthode d'estimation. L'évaluation comprend uniquement les émissions de CO₂. Les émissions de la surface des terres submergées sont déclarées pendant une période de 10 ans après la mise en eau, afin de réduire au minimum toute éventuelle double comptabilisation de la déperdition de carbone organique dissous provenant des terres aménagées dans le bassin hydrographique et ensuite émis par les réservoirs. C'est pourquoi seules les émissions de CO₂ sont calculées pour les réservoirs hydroélectriques dont les terres ont été submergées entre 1981 et 2012.

Pour chaque réservoir, la superficie qui était recouverte de forêt avant la submersion est prise en compte pour répartir les émissions entre les catégories des terres forestières converties en terres humides et des autres terres converties en terres humides.

Il importe de signaler que les fluctuations dans la superficie des terres converties en terres humides (réservoirs) déclarées dans les tableaux du CUPR ne sont pas indicatives de changements dans les taux de conversion actuels, mais reflètent plutôt la différence entre les superficies de terres récemment submergées (moins de 10 ans avant l'année d'inventaire) et les réservoirs plus anciens (plus de 10 ans), dont les superficies ont été retirées de la comptabilisation. Le système de déclaration ne couvre pas la superficie de tous les réservoirs du Canada.

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

Pour ce qui est des terres forestières converties en terres humides, se reporter à la sous rubrique correspondante à la section 7.8, Conversion des forêts. L'annexe A3.4 analyse le degré d'incertitude associé à la méthode d'estimation de niveau 2.

Vu les limites actuelles des méthodes d'estimation du secteur ATCATF, il est impossible de surveiller entièrement le devenir du carbone organique dissous (COD) et de s'assurer qu'il est comptabilisé dans la bonne catégorie de terres. La possibilité d'une double comptabilisation dans la catégorie Terres humides est toutefois limitée aux bassins hydrographiques où l'on trouve des terres aménagées, ce qui exclut plusieurs grands réservoirs situés dans les zones de déclaration 4 et 5. Une grande partie du

COD dans ces zones provient de terres non aménagées et, de ce fait, n'a pas à être déclaré dans le rapport.

7.6.2.3. AQ/CQ et vérification

L'annexe 6 décrit les procédures générales d'AQ/CQ suivies pour l'inventaire des GES du Canada, lesquelles s'appliquent également à cette catégorie.

Des contrôles de qualité additionnels de niveau 2 ont été effectués sur les données d'activité, les coefficients d'émission et la méthodologie (pour plus d'explications, voir la section 7.6.2.4, Recalculs).

Pour les terres forestières converties en terres humides, voir aussi la sous rubrique correspondante dans la section 7.8, Conversion des forêts.

L'approche canadienne d'estimation des émissions dues à la submersion des forêts est plus réaliste sur le plan temporel que la méthode par défaut (GIEC, 2003), qui suppose que tout le carbone de la biomasse des forêts submergées est immédiatement libéré. La méthode canadienne est plus raffinée en ce sens qu'elle fait la distinction entre le déboisement et la submersion; les émissions dues au déboisement sont estimées comme on le fait dans tous les cas du déboisement associé aux changements dans l'affectation des terres. De plus, dans la méthode canadienne, les émissions de la surface des réservoirs sont calculées à partir de mesures et non d'une hypothèse (décomposition immédiate de toute la biomasse submergée) qui n'a pas été vérifiée.

7.6.2.4. Recalculs

Les nouveaux calculs dans la catégorie des terres submergées découlent des effets indirects des changements apportés à la modélisation des forêts. Même si les données d'activité pour les terres submergées n'ont pas changé, les changements de données d'activité associées à un type de perturbation de la forêt fait en sorte de modifier le bassin de registres d'inventaires forestiers disponibles pour la simulation subséquente des perturbations dans le système MBC-SFC. Les nouveaux calculs associés aux effets indirects de la modélisation ont donné lieu à une baisse moyenne de 14 kt d'éq. CO₂ (moins de 1 % de la catégorie totale) pour la période de 1990 à 2012.

7.6.2.5. Améliorations prévues

L'amélioration des estimations des émissions de CO₂ de la surface des réservoirs repose en partie sur la quantification des transferts latéraux du carbone dissous des bassins hydrographiques. La surveillance du carbone organique dissous dans le paysage jusqu'au point d'émission ou de stockage à long terme dépasse la capacité scientifique actuelle et nécessitera un effort de recherche à long

terme. Des travaux seront réalisés de façon continue afin de s'assurer que les données d'activité sont mises à jour et validées.

7.7. Zones de peuplement

La catégorie des zones de peuplement est très diversifiée, puisqu'elle comprend toutes les routes et infrastructures de transport; les emprises de transport d'électricité et les couloirs de pipeline; les terres employées à des fins résidentielles, récréatives, commerciales et industrielles dans les milieux urbains et ruraux; et, enfin, les terres qui servent à l'extraction de ressources autres que les forêts (comme le pétrole et le gaz, l'exploitation minière).

Dans les zones de peuplement dont la vocation n'a pas changé, les arbres des zones urbaines contribuent très peu au bilan national des GES. Selon des estimations pour 2012, les absorptions, modestes, sont de moins de 0,2 Mt.

Pour les besoins de cet inventaire, on a estimé les émissions de deux types de terres converties en zones de peuplement : les terres forestières converties en zones de peuplement et les terres non forestières converties en zones de peuplement dans le Nord du Canada. En 2012, 510 kha de terres converties en zones de peuplement ont généré des émissions équivalant à un peu moins de 10 Mt. Les terres forestières converties en zones de peuplement représentent plus de 98 % de ces émissions. On sait que des terres cultivées sont converties en zones de peuplement au Canada, et une approche visant à élaborer des données d'activité et une méthode d'estimation est en cours d'élaboration.

7.7.1. Zones de peuplement dont la vocation n'a pas changé

Cette catégorie comprend les estimations du piégeage du carbone dans les arbres des zones urbaines. Aucune modification n'a été apportée aux données sur les activités ni aux méthodes depuis le dernier inventaire. L'approche actuelle tient compte uniquement de l'activité d'absorption des arbres urbains présents dans la portion non bâtie des zones urbaines. Ce volet, même s'il est approximatif, ne contribue que très peu au secteur ATCATF et représente une priorité peu élevée en matière d'amélioration.

7.7.1.1. AQ/CQ et vérification

On trouvera à l'annexe 6 une description des procédures générales d'AQ/CQ mises en œuvre pour l'inventaire canadien des GES; elles s'appliquent aussi à la présente catégorie.

7.7.1.2. Améliorations prévues

Les travaux à venir pour améliorer les estimations de cette catégorie mettront l'accent sur la superficie et l'étendue des zones

urbaines boisées, ainsi que sur la mise à jour de l'approche de modélisation. Ces améliorations seront fondées sur les approches présentées dans les Lignes directrices de 2006 du GIEC.

7.7.2. Terres converties en zones de peuplement

7.7.2.1. Description de la catégorie de source

En 2012, les émissions découlant de la conversion des terres en zones de peuplement se sont élevées à un peu moins de 10 Mt d'éq. CO₂. Bien qu'il puisse y avoir plusieurs catégories de terres, y compris des forêts qui ont été converties en zones de peuplement, on ne dispose pas actuellement de données suffisantes pour en quantifier la superficie ou les émissions qui y sont associées pour tous les types de changement d'utilisation des terres. Des efforts considérables sont déployés pour quantifier la superficie des terres forestières converties en zones de peuplement; il s'agit là du premier type de conversion en importance depuis 1998. De 1990 à 2012, en moyenne, 25 kha de terres forestières sont converties en zones de peuplement chaque année, principalement dans les zones de déclaration des plaines boréales, du Bouclier boréal est, de la zone maritime de l'Atlantique et des plaines à forêts mixtes. La conversion des terres forestières représente 98 % des émissions déclarées dans la présente catégorie. On a mis au point une méthode uniforme pour tout type de conversion des forêts, qui est décrite à la section 7.8.

Le reste de la section traite de la conversion des terres non forestières en zones de peuplement dans le Nord canadien, notamment dans les régions arctique et subarctique et dans les zones de déclaration 4 et 8. En 2012, la conversion de terres non forestières en zones de peuplement dans le Nord du Canada a généré 150 kt d'éq. CO₂. Selon la tendance depuis 1990, cette quantité est demeurée très similaire. Dans cette catégorie, la source principale d'émissions indiquées dans la zone de déclaration 13, la taïga des plaines, est la conversion des prairies en zones de peuplement.

7.7.2.2. Questions de méthodologie (terres non forestières converties en zones de peuplement)

La mise en valeur des ressources dans l'immensité du Nord canadien est le facteur déterminant du changement d'affectation des terres. Pour estimer avec exactitude l'effet direct de cette activité humaine dans le Nord du Canada, il faut situer les activités dans l'espace et connaître la végétation qui existait avant la conversion – ce qui n'est pas une mince affaire, étant donné que la superficie en question couvre plus de 557 Mha, et qu'elle recoupe huit zones de déclaration (2, 3, 4, 8, 10, 13, 17 et 18). Pour toutes les zones de déclaration, sauf la 4 et la 8, on a eu recours à diverses

sources d'information pour identifier les régions qui présentent un fort potentiel de changement d'affectation des terres et ainsi rétrécir le domaine d'intérêt géographique. On a ciblé ces régions pour détecter et analyser les changements au moyen de 23 images obtenues grâce aux satellites Landsat (Système de référence mondial) et datant d'environ 1985, 1990 et 2000. Les images couvrent plus de 8,7 Mha, soit 56 % de la superficie la plus susceptible de changements d'affectation des terres. Faute d'images, on n'a pas pu aller au-delà de 2000.

Pour les zones de déclaration 4 et 8, on a mis en œuvre une approche d'amélioration et de délimitation manuelle des changements pour la période 1975-2000 sur l'ensemble de la superficie.

Les émissions couvrent seulement le carbone présent dans la biomasse aérienne avant la conversion. Malgré la publication d'études pertinentes, l'estimation de la densité moyenne ou réelle de biomasse sur une étendue aussi vaste est difficile et elle demeure pleine d'incertitude.

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

Pour ce qui est des terres forestières converties en zones de peuplement, se reporter à la sous rubrique correspondante de la section 7.8, Conversion des forêts.

L'incertitude liée à la superficie des terres non forestières converties en zones de peuplement dans le Nord du Canada est estimée à 20 %; l'incertitude liée à la biomasse sur pied avant la conversion varie entre 35 % et 50 %. On trouvera d'autres précisions à l'annexe A3.4.

7.7.2.4. AQ/CQ et vérification

L'annexe 6 décrit les procédures générales d'AQ/CQ suivies pour l'inventaire des GES du Canada, lesquelles s'appliquent également à cette catégorie.

Pour ce qui est des terres forestières converties en zones de peuplement, se reporter à la sous rubrique correspondante de la section 7.8, Conversion des forêts.

7.7.2.5. Améliorations prévues

Les travaux à venir visant à améliorer les estimations pour cette catégorie mettront l'accent sur l'estimation de la biomasse aérienne pour l'établissement des conditions avant la conversion dans les cas de changements d'affectation des terres dans les régions arctique et subarctique, par la mise à jour des estimations des données d'activité pour les changements d'affectation des terres dans ces régions au cours de la période postérieure à 2000.

De plus, les améliorations prévues décrites à la section 7.8, Conversion des forêts, auront également des incidences sur cette catégorie (voir la section 7.85, Améliorations prévues).

7.8. Conversion des forêts

La conversion des forêts n'est pas une catégorie de déclaration, étant donné qu'elle chevauche les sous catégories des terres converties en terres cultivées, en terres humides et en zones de peuplement; elle est néanmoins déclarée comme poste pour mémoire. Cette section analyse brièvement les questions de méthodologie propres à ce type de changement et souligne la démarche générale suivie pour en estimer l'ampleur, la localisation et l'impact. Une approche uniforme a été utilisée pour tous les types de terres forestières converties, afin de réduire au minimum les omissions et les recoupements, tout en maintenant l'uniformité spatiale dans toute la mesure du possible.

En 2012, la conversion des terres forestières en terres cultivées, en terres humides et en zones de peuplement a généré 18 Mt comparativement à 25 Mt en 1990. Cette baisse comprend une réduction des émissions immédiates et résiduelles de 6,2 Mt attribuable à la conversion des terres forestières en terres cultivées, et une réduction des émissions de 1,6 Mt due à la conversion des terres forestières en réservoirs. Cependant, il y a eu une légère augmentation des émissions immédiates et résiduelles de 0,8 Mt attribuable à la conversion des terres forestières en zones de peuplement. À noter que les valeurs précitées incluent les émissions résiduelles au-delà des 20 ans après la conversion (10 ans pour les réservoirs) qui sont déclarées dans les catégories des terres dont la vocation n'a pas changé.

Il faut bien faire la distinction entre les taux annuels de conversion des terres forestières (64 kha en 1990 et 46 kha en 2012) et la superficie totale de terres forestières converties en d'autres utilisations, selon les déclarations des tableaux du CUPR pour chaque année d'inventaire. Ils englobent toutes les terres forestières converties au cours des 20 ans qui se terminent avec l'année d'inventaire actuelle (10 ans pour les réservoirs) et sont donc nettement plus élevés que les taux annuels de conversion des forêts en d'autres affectations des terres.

Il est aussi important de noter que les émissions immédiates, qui se produisent au moment de la conversion, ne représentent qu'une fraction de toutes les émissions imputables aux activités courantes et antérieures de conversion des forêts déclarées au cours d'une année d'inventaire donnée; une partie de ces émissions « immédiates » correspond au carbone qui sort des forêts dans des produits forestiers. En 2012, les émissions immédiates (7,9 Mt) ne représentent que 43 % des émissions totales déclarées attribuables à la conversion des forêts. Le reste est constitué d'émissions résiduelles causées par des déboisements actuels et plus anciens. Les taux de décomposition de la matière organique morte sont tels que les émissions résiduelles

continuent au-delà de 20 ans (10 ans pour les réservoirs), après quoi elles sont déclarées comme variations des stocks de carbone dans les terres cultivées dont la vocation n'a pas changé et dans les terres humides dont la vocation n'a pas changé.

Avec un taux annuel de 27 kha, la conversion des forêts en zones de peuplement représente la plus grande partie des pertes de forêts vers d'autres types de terres, soit 59 % en 2012. La conversion en terres cultivées (19 kha) constitue quant à elle la deuxième cause en importance de conversion des forêts, avec 41 % de la surface forestière perdue. Les travaux occasionnels de retenue des eaux des grands barrages (comme La Forge 1 en 1993 et Eastman 1 en 2006) peuvent aussi entraîner la conversion de grandes superficies de forêt en terres humides (terres submergées); du fait qu'une grande partie des stocks de carbone d'avant la conversion sont submergés, ces événements ponctuels peuvent ne pas générer de quantités proportionnelles correspondantes de gaz à effet de serre.

Sur le plan géographique, les taux les plus élevés de conversion des terres forestières sont observés dans l'écozone des plaines boréales (zone de déclaration 10), qui représente 51 % de la superficie totale de forêt déboisée en 2012.

La conversion des terres forestières concerne à la fois les forêts aménagées et non aménagées. Les pertes de forêts non aménagées se produisent surtout dans les zones (taïga du Bouclier est) et 5 (Bouclier boréal est), et sont généralement attribuables à la mise en eau de réservoirs; on en observe aussi dans les zones de déclaration 8 et 9 en moindre quantité.

7.8.1. Questions de méthodologie

La conversion des forêts en d'autres catégories de terres demeure une pratique courante au Canada. Ce phénomène est attribuable à la grande diversité des conditions dans l'ensemble du pays, notamment aux cadres de politique et de réglementation, aux lois du marché et à la richesse en ressources naturelles. Les activités économiques qui entraînent des pertes forestières sont très diversifiées; il en résulte une hétérogénéité des patrons spatiaux et temporels de conversion des forêts qui, jusqu'à récemment, n'étaient pas systématiquement documentés. La difficulté a été de concevoir une démarche intégrant une grande diversité de sources d'information pour saisir les divers modes de conversion des forêts dans le paysage canadien tout en conservant une approche homogène pour réduire au minimum les omissions et les recoupements.

La démarche adoptée pour estimer les superficies forestières converties en d'autres utilisations repose sur trois grandes sources d'information : l'échantillonnage systématique ou représentatif des images de télédétection, les registres de données et le jugement d'experts. La méthode de base repose sur des cartes de conversion des forêts obtenues par télédétection, établies

d'après des échantillons d'images Landsat remontant à environ 1975, 1990, 2000 et 2008. Pour l'application de la méthode, tout déboisement permanent d'une largeur supérieure à 20 m de la base d'un arbre à celle d'un autre arbre et couvrant une superficie d'au moins 1 ha a été considéré comme une conversion de terres forestières. Cette convention a été adoptée pour étiqueter logiquement les agencements linéaires du paysage. Les autres grandes sources d'information sont des bases de données ou d'autres documents sur les chemins forestiers, les lignes de transport d'énergie, les infrastructures pétrolières et gazières et les réservoirs hydroélectriques. On a consulté des experts lorsque l'échantillonnage par télédétection était insuffisant dans le but de rapprocher les registres et les données de télédétection, et de réduire les écarts apparents existant dans les estimations des superficies entre les périodes 1975-1990, 1990-2000 et 2000-2008. Une description plus détaillée de la démarche et des sources de données est fournie à l'annexe A3.4.

Toutes les estimations des émissions des réservoirs de biomasse et de matière organique morte imputables à la conversion des forêts ont été établies à l'aide du modèle CBM-CFS3 (section 7.3.1.1), sauf lorsque les forêts étaient submergées sans déboisement préalable. Des cadres de modélisation différents ont servi à l'estimation des émissions du réservoir de sol, à l'exception de la conversion de terres en zones de peuplement pour laquelle on a utilisé les taux de décomposition du CBM-CFS3. C'est pourquoi les méthodes sont généralement conformes à celles utilisées dans la catégorie des terres forestières dont la vocation n'a pas changé. L'annexe A3.4 résume les procédures d'estimation.

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

Une incertitude globale de $\pm 30\%$ est associée aux estimations de la superficie totale de terres forestières converties chaque année au Canada (Leckie *et al.*, 2011), la valeur vraie de cette superficie, avec un intervalle de confiance de 95 %, se situant, pour 2012, entre 35 kha et 66 kha. Il faut prendre soin de ne pas appliquer la fourchette de 30 % à la superficie cumulative déclarée dans le CUPR pour les terres forestières converties en une autre catégorie depuis moins de 20 ans (10 ans pour les réservoirs). L'annexe A3.4 décrit les principales sources d'incertitude des estimations de la superficie établies d'après les données de télédétection.

7.8.3. AQ/CQ et vérification

L'annexe 6 décrit les procédures générales d'AQ/CQ suivies pour l'inventaire des GES du Canada, lesquelles s'appliquent également à cette catégorie. De plus, des procédures détaillées d'AQ/CQ de niveau 2 ont été appliquées pendant la préparation des estimations, avec notamment un contrôle de qualité documenté

de l'interprétation des images, une validation sur le terrain, des calculs croisés et un examen détaillé des résultats (Dyk *et al.*, 2011). Les calculs, l'utilisation des données des registres et l'avis des experts sont retraçables grâce au système de compilation et documentés. D'autres précisions se trouvent à l'annexe 3.4.

7.8.4. Recalculs

De nouveaux calculs ont été effectués pour l'ensemble de la période visée par les estimations de la conversion des terres forestières (de 1970 à 2011). Ces nouveaux calculs découlent de la correction de la méthode de prise en charge des courbes de rendement de composantes multiples du système MBC, de l'intégration du nouvel inventaire forestier de l'Alberta et des améliorations apportées à l'attribution des terres converties pour l'extraction de tourbe. La complexité du traitement et du système d'établissement des estimations ne permet pas, à l'heure actuelle, de ventiler complètement chacune des composantes des nouveaux calculs. Pour obtenir davantage de renseignements sur les changements apportés à la modélisation des forêts, voir la section 7.3.1.4.

Pour la période de 1990 à 2011, les recalculs relatifs aux taux de conversion montrent des tendances différentes entre les deux décennies : une baisse de moins de 1 kha/an en moyenne au cours de la première décennie, avec des baisses notables d'environ 1,5 kha/an en 1993 et entre 1996 et 1998; et une légère baisse constante de 56 kha/an en moyenne au cours de la deuxième décennie. Cependant, pour ce qui est des émissions qui en résultent, les nouveaux calculs montrent une tendance différente : des baisses fortement variables dans l'ensemble de la série chronologique, qui fluctuent entre 0,2 Mt en 1994 et 1,3 Mt en 2008.

7.8.5. Améliorations prévues

Les améliorations prévues mettent l'accent sur l'extension de la période de cartographie, les révisions et évaluations d'AQ/CQ, l'augmentation de la couverture cartographique dans les secteurs associés à une incertitude élevée, la validation sur le terrain, l'utilisation de registres additionnels et les efforts en vue d'améliorer l'efficacité du processus de compilation de données.

Chapitre 8

Déchets (secteur 6 du CUPR)

8.1. Aperçu

Ce secteur comprend les émissions imputables au traitement et à l'élimination des déchets. Parmi les sources, on peut citer l'enfouissement des déchets solides (décharges), le traitement des eaux usées et l'incinération des déchets. Les catégories évaluées sont les suivantes : émissions de CH₄ imputables à l'enfouissement des déchets solides dans le sol, émissions de CH₄ et de N₂O résultant du traitement des eaux usées et émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O attribuables à l'incinération des déchets.

Une grande partie des déchets traités ou éliminés provient de la biomasse. Les émissions de CO₂ attribuables à ces déchets ne sont pas comprises dans les totaux de l'inventaire, mais y sont déclarées comme poste pour mémoire. Les émissions de CO₂ d'origine biogène ne sont pas déclarées si elles le sont ailleurs dans l'inventaire ou si les absorptions correspondantes de CO₂ ne sont pas déclarées dans l'inventaire (comme les cultures annuelles). Ainsi, dans les circonstances, les émissions ne sont pas comprises dans les totaux des émissions de l'inventaire, étant donné que l'absorption de CO₂ par la végétation récoltée n'est pas mesurée par le secteur de l'agriculture et que l'incorporation de ces émissions dans le secteur des déchets entraînerait un déséquilibre. Par ailleurs, les émissions de CO₂ du bois et des produits ligneux ne sont pas comprises, car elles sont comptabilisées dans le secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) au moment de l'abattage des arbres. En revanche, les émissions de CH₄ attribuables à la décomposition anaérobie des déchets sont comprises dans les totaux de l'inventaire du secteur des déchets.

S'il y a déperdition de carbone des forêts à un rythme non durable (c.-à-d. plus rapide que la repousse annuelle), le bilan des émissions nettes de carbone dans les terres forestières sera négatif.

En 2012, les émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur des déchets ont compté pour 21 Mt dans l'inventaire national, comparativement à 19 Mt en 1990, soit une hausse de 8,2 %. Les émissions nationales totales ont augmenté de 18,2 % pendant le même intervalle. Les émissions de ce secteur ont représenté

3,2 % et 2,9 % des émissions canadiennes totales de GES en 1990 et en 2012, respectivement.

Les émissions du sous-secteur de l'enfouissement des déchets solides dans le sol, qui englobent les émissions combinées provenant des décharges de déchets solides municipaux (DSM) et de déchets ligneux, ont totalisé 19 Mt, ou 92 %, des émissions du secteur en 2012. Le gaz qui contribue le plus aux émissions du secteur des déchets demeure le CH₄ émis par les décharges de DSM, à raison de 19 Mt (0,90 Mt de CH₄) en 2012. Pour calculer cette valeur des émissions nettes, on soustrait le volume de CH₄ capté du volume estimatif total de CH₄ produit par la décharge selon le modèle Scholl Canyon, avant d'ajouter la quantité de CH₄ capté qui n'a pas été brûlée par torchage, le cas échéant. D'après les données de 2010-2011 de l'enquête bisannuelle de 2012, près de 35 % du CH₄ émis par les décharges canadiennes de DSM a été capté et brûlé (soit pour produire de l'énergie, soit par torchage), tel qu'estimé à l'aide du modèle Scholl Canyon. La prochaine enquête bisannuelle d'Environnement Canada sur le captage et l'utilisation des gaz d'enfouissement sera faite au cours du printemps et de l'été 2014 pour les données des années 2012 et 2013. Aux fins du présent rapport, on a supposé que les données sur le captage et l'utilisation des gaz d'enfouissement de 2012 étaient demeurées constantes par rapport à 2011.

Dans l'ensemble, l'augmentation du taux de production de CH₄ dans les décharges de DSM dépend principalement de la croissance démographique et du revenu moyen disponible des ménages, qui connaît une hausse constante depuis les années 1980. D'autres facteurs, comme les types et les habitudes de consommation (qui influent sur le volume de matériel d'emballage utilisé) et les taux d'urbanisation y contribuent également. Cette tendance à la hausse est atténuée par les programmes de captage des gaz d'enfouissement, par les projets de détournement des déchets provinciaux et municipaux et par les exportations internationales de DSM. On prévoit qu'à mesure qu'augmentera le nombre de grandes décharges modernes dotées obligatoirement de systèmes de collecte des gaz, une plus forte proportion des gaz d'enfouissement sera captée, ce qui permettra de réduire davantage les émissions de ce secteur. À l'échelle nationale en 2010, près de 33 millions de tonnes de déchets non dangereux (résidentiels, institutionnels, commerciaux, industriels, de construction et de démolition) ont été produites. Les projets de détournement des déchets ont vu le jour au début des années 1990. Selon les statistiques nationales de 2010, environ 24 % des déchets sont détournés des sites d'élimination (décharges ou usines d'incinération) (Statistique Canada, 2013a). Depuis 2000, à l'échelle nationale, la part des déchets détournés des sites d'élimination a augmenté, lentement mais constamment, passant de 21 % en 2000 à 24 % en 2010. Grâce aux initiatives des administrations municipales et provinciales, d'importantes quantités de déchets résidentiels ont été détournées des sites d'élimination. Ainsi, de 2000 à 2010, la part

Tableau 8–1 Sommaire des émissions de GES du secteur des déchets, certaines années

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt CO ₂)							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Secteur des déchets	19 000	21 000	22 000	22 000	22 000	20 000	20 000	21 000
Enfouissement des déchets solides dans le sol	17 000	19 000	20 000	20 000	20 000	19 000	19 000	19 000
Traitement des eaux usées	830	920	950	970	980	990	990	1 000
Incinération des déchets	740	750	700	710	680	680	670	670

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

de déchets résidentiels détournés est passée de 19 à 33 %. On ne peut cependant pas en dire autant des déchets non résidentiels, dont la part détournée des sites d'élimination a diminué de 22 à 19 % au cours de la même période (Statistique Canada, 2003, 2004, 2007a, 2008a, 2010b et 2003a).

Le Tableau 8–1 donne un aperçu des contributions en GES du secteur et des sous-secteurs des déchets pour les années d'inventaire suivantes : 1990, 2000, 2005, 2008, 2009, 2010, 2011 et 2012.

8.2. Enfouissement des déchets solides dans le sol (catégorie 6.A du CUPR)

8.2.1. Description de la catégorie de source

Les émissions sont estimées pour deux types de décharges au Canada :

- décharges de DSM;
- décharges de déchets ligneux.

Au Canada, la majeure partie des déchets enfouis dans le sol le sont dans des décharges aménagées par les municipalités ou appartenant à des intérêts privés. Comme il existe très peu, voire aucun, site d'enfouissement qui ne soit pas aménagé, on a présumé que tous les déchets étaient éliminés dans des sites aménagés. Les déchets résidentiels, institutionnels, commerciaux et industriels sont éliminés dans des décharges de DSM. Depuis 15 ans, on a établi des décharges destinées à recevoir les déchets de construction et de démolition. En général, ces décharges ne nécessitent pas de système de collecte de CH₄, car leur taux de production de méthane est minime vu la faible teneur en matière organique du flux des déchets traités. Cependant, pour améliorer l'exhaustivité des données de cette source d'émissions et l'exactitude des émissions des décharges de DSM, les quantités de déchets incluent maintenant les déchets de construction et de démolition.

Les décharges de déchets ligneux appartiennent pour la plupart à des intérêts privés et sont exploitées par des entreprises forestières, comme des scieries et des usines de pâtes et papiers. Ces industries se servent des décharges pour éliminer les résidus ligneux excédentaires, comme la sciure, les copeaux de bois, l'écorce et les boues. Certaines entreprises ont manifesté un intérêt croissant pour les projets de récupération d'énergie qui produisent de la vapeur ou de l'électricité par combustion de ces déchets. Depuis quelques années, on transforme ce que l'on considérait jadis comme des déchets en un produit à valeur ajoutée, par exemple des granules de bois pour les poêles et les chaudières à granules résidentiels et commerciaux, de même que des panneaux comprimés, des panneaux de fibres et des panneaux de particules. Les décharges de déchets ligneux sont une source d'émission de CH₄, mais leurs estimations sont entachées d'une forte incertitude; ces décharges ne sont toutefois qu'une source mineure par rapport aux décharges de DSM.

Les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée de 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997) proposent deux méthodes d'estimation des émissions des décharges : une méthode par défaut et une méthode cinétique du premier ordre, également dite modèle Scholl Canyon. La méthode par défaut met en relation les émissions et la quantité de déchets enfouis l'année précédente, alors que le modèle Scholl Canyon fait le rapprochement entre les émissions et le total des déchets biodisponibles enfouis les années précédentes.

La composition et la quantité des déchets enfouis au Canada ont nettement changé au cours des dernières décennies, essentiellement en raison de mesures de réacheminement des déchets et de la croissance démographique, respectivement. On a donc jugé qu'un modèle statique comme la méthode par défaut ne convenait pas à la situation. C'est pourquoi les émissions des décharges de DSM et des décharges de déchets ligneux sont estimées à l'aide du modèle Scholl Canyon. Ce modèle, utilisé pour estimer les émissions de CH₄ au Canada, a été validé de façon indépendante dans le cadre d'une étude réalisée par l'Université du Manitoba (Thompson *et al.*, 2006).

Les gaz d'enfouissement, essentiellement du CH₄ et du CO₂, sont produits par la décomposition anaérobie des déchets

organiques. La première phase de ce processus commence généralement 10 à 50 jours après que les déchets aient été placés dans la décharge. Même si la majorité du CH₄ et du CO₂ est émise durant les 20 années suivant l’enfouissement, les émissions peuvent se poursuivre pendant un siècle ou plus (Levelton, 1991).

Plusieurs facteurs importants propres à chaque site contribuent à la production de gaz dans les limites de la décharge, notamment les suivants :

Composition des déchets : La composition des déchets est incontestablement le facteur le plus important qui influe sur les taux et les quantités de gaz d’enfouissement émis. Le volume de gaz d’enfouissement émis dépend du volume de matières organiques enfouies dans le sol. Le rythme auquel le gaz est émis dépend de la distribution et du type de matière organique dans le site d’enfouissement.

Teneur en humidité : Comme l’eau est un élément essentiel à la dégradation anaérobie des matières organiques, la teneur en humidité de la décharge influe sensiblement sur les taux de production de gaz.

Température : La digestion anaérobie est un processus exothermique. Les taux de croissance des bactéries augmentent avec la température jusqu’à ce qu’un optimum soit atteint. C’est ainsi que les températures des décharges peuvent être supérieures aux températures de l’air ambiant. La mesure dans laquelle ces températures influent sur celle de la décharge et sur les taux de production de gaz dépend principalement de la profondeur d’enfouissement. Les variations de la température peuvent modifier l’activité des microbes, compromettant du même coup leur capacité de décomposer la matière (Maurice et Lagerkvist, 2003).

pH et pouvoir tampon : La production de CH₄ dans les décharges atteint son maximum lorsque le pH est neutre. L’activité des bactéries méthanogènes est inhibée dans les milieux acides.

Disponibilité des éléments nutritifs : Certains éléments nutritifs sont indispensables à la digestion anaérobie, notamment le carbone, l’hydrogène, l’azote et le phosphore. En général, les DSM renferment les éléments nutritifs nécessaires aux populations bactériennes requises.

Densité des déchets et taille des particules : La taille des particules et la densité des déchets exercent également une influence sur la production de gaz. Le fait de réduire la taille des particules augmente la superficie disponible pour la dégradation et accélère par conséquent le rythme de production de gaz. La densité des déchets, qui est essentiellement contrôlée par le compactage des déchets au fur et à mesure de leur enfouissement dans le site, influe sur le transport de l’humidité et des éléments nutritifs dans la décharge, ce qui a également un effet sur le taux de production de gaz.

8.2.2. Questions de méthodologie

On calcule le CH₄ résultant de la décomposition des déchets dans les décharges à l’aide du modèle Scholl Canyon, un modèle de décomposition du premier ordre qui tient compte du fait que les déchets se décomposent pendant de nombreuses années. Les données relatives au captage des gaz d’enfouissement ont été fournies directement par les propriétaires ou les exploitants de certaines décharges pourvues de systèmes de collecte des gaz d’enfouissement.

Pour déterminer les émissions de CH₄, on calcule la quantité de CH₄ produit par la décomposition des déchets enfouis grâce au modèle Scholl Canyon, on soustrait le CH₄ capté par les systèmes de récupération des gaz d’enfouissement, puis on ajoute la quantité de CH₄ non brûlé émis par torchage dans les sites où les gaz d’enfouissement récupérés sont brûlés, en tout ou en partie, sans récupération d’énergie. Les émissions de GES attribuables à la combustion de cette partie des gaz d’enfouissement captés et utilisés pour la production d’énergie sont comptabilisées dans le secteur de l’énergie. L’annexe 3.5 fournit des informations détaillées sur les méthodologies utilisées dans les diverses catégories de ce sous secteur.

8.2.2.1. Production de CH₄

On a utilisé le modèle Scholl Canyon pour estimer la quantité de CH₄ produit. Le modèle repose sur l’équation de décomposition du premier ordre suivante (GIEC/OCDE/AIE, 1997) :

Équation 8–1:

$$Q_{T,x} = kM_xL_0e^{-k(T-x)}$$

où :

Q _{T,x}	=	quantité de CH ₄ produit au cours de l’année considérée (T) par la M _x de déchets, exprimée en kt de CH ₄ par année
x	=	année de l’entrée des déchets
M _x	=	quantité de déchets enfouis au cours de l’année x, exprimée en Mt
k	=	constante de vitesse de production de CH ₄ , exprimée par année
L ₀	=	potentiel de production de CH ₄ , exprimé en kg de CH ₄ /t de déchets
T	=	année considérée

Équation 8-2:

$$Q_T = \sum Q_{T,x}$$

où :

Q_T = quantité de CH_4 produit au cours de l'année considérée (T), exprimée en kt de CH_4 par année

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 de chaque année, on prend la somme du $Q_{T,x}$ de chaque section de déchets enfouis les années précédentes (Équation 8-2) et l'on soustrait le gaz capté dans chaque province. Un modèle informatisé a été conçu pour estimer les émissions d'ensemble à l'échelle régionale (par province et territoire) au Canada. La valeur des émissions nationales de CH_4 est le total des émissions de toutes les régions.

Déchets enfouis chaque année, ou masse des rebuts (M_x)

Décharges de DSM

Pour les besoins de l'inventaire, les DSM comprennent les déchets résidentiels, institutionnels, commerciaux et industriels, ainsi que de construction et de démolition. Deux sources principales ont été utilisées pour obtenir des données sur les décharges et la production de déchets en vue de l'inventaire des GES. La quantité de DSM enfouis entre les années 1941 et 1990 a été estimée par B. H. Levelton (1991). Pour les années 1998, 2000, 2002, 2004, 2006, 2008 et 2010, les données sur l'élimination des DSM proviennent de l'*Enquête de l'industrie de la gestion des déchets* réalisée tous les deux ans par Statistique Canada (Statistique Canada, 2000, 2003, 2004, 2007a, 2008a, 2010b et 2013a). Pour les années impaires intermédiaires (1999, 2001, 2003, 2005, 2007 et 2009), les valeurs de l'élimination des DSM, y compris les DSM enfouis et incinérés, ont été obtenues en faisant la moyenne des années paires correspondantes. Les quantités de déchets enfouis en 2011 et 2012 ont été estimées à partir des valeurs tirées de l'enquête de Statistique Canada. Les quantités de déchets incinérés et exportés ont été soustraites des valeurs d'élimination de Statistique Canada afin d'obtenir la quantité de DSM enfouis durant la période 1998-2012. Les données relatives aux quantités de déchets exportés sont présentées à l'annexe 3.5. Pour la période 1991-1997, à l'exception de l'Île-du-Prince-Édouard, des Territoires du Nord-Ouest, du Nunavut et du Yukon, on a estimé les quantités éliminées à l'aide d'une interpolation faisant appel à une approche de régression linéaire multiple appliquée aux valeurs d'enfouissement des DSM de B. H. Levelton (1991) et de Statistique Canada (2000, 2003, 2004). Les valeurs pour l'Île-du-Prince-Édouard, les Territoires du Nord-Ouest, le Nunavut et le

Yukon pour la période 1991-2012 ont été obtenues en calculant les tendances historiques des données sur les décharges en fonction de la population des provinces pour 1971-2012 (Statistique Canada, 2006, 2013). Les quantités de déchets importées au Canada sont prises en compte dans l'*Enquête de l'industrie de la gestion des déchets* de Statistique Canada, puisque les installations déclarent tous les déchets éliminés sur place, qu'ils proviennent du Canada ou de l'étranger.

Décharges de déchets ligneux

Ensemble, la Colombie-Britannique, le Québec, l'Alberta et l'Ontario enfouissent 93 % de tous les déchets ligneux au Canada (RNCAN, 1997). Le volume de déchets ligneux enfouis entre 1970 et 1992 a été estimé à l'échelle nationale en fonction de la base de données nationale sur les résidus ligneux (RNCAN, 1997). Les données des années 1998 et 2004 proviennent de publications ultérieures (RNCAN, 1999, 2005). On a effectué une analyse des tendances par régression linéaire afin d'interpoler le volume de déchets ligneux enfouis au cours des années 1991-1997, et on a utilisé une extrapolation exponentielle pour les années 1999-2012.

Constante (k) du taux de production de CH_4

La constante cinétique k est une estimation du premier ordre du taux de production de CH_4 après l'enfouissement des déchets. La valeur de k dépend de quatre grands facteurs : la teneur en humidité, la température, la disponibilité des éléments nutritifs et le pH. On estime que, dans une décharge de DSM typique, les conditions relatives aux éléments nutritifs et au pH sont respectées. Dans de nombreuses régions du Canada, on observe des températures inférieures à 0 °C pendant une période pouvant aller jusqu'à sept mois par année et des températures inférieures à -30 °C (Thompson *et al.*, 2006); toutefois, les observations indiquent que la température ambiante n'a pas d'effet sur le taux de décomposition dans les décharges (Maurice et Lagerkvist, 2003; Thompson et Tanapat, 2005). En outre, les variations saisonnières de température dans les déchets sont minimales lorsqu'on les compare aux écarts de température dans l'atmosphère (Maurice, Lagerkvist, 2003). À partir de deux mètres de profondeur, la température des déchets enfouis est indépendante de la température ambiante. Des expériences menées sur le terrain au Canada ont démontré que l'écart dans la production de CH_4 dans les décharges entre les mois d'hiver et les mois d'été est négligeable (Bingemer et Crutzen, 1987; Thompson et Tanapat, 2005). C'est pourquoi, de tous ces facteurs, c'est la teneur en humidité qui influe le plus sur les décharges canadiennes, et ce paramètre dépend, dans une large mesure, des précipitations annuelles qui tombent sur les décharges.

Décharges de DSM

Les valeurs de k qui ont servi à estimer les émissions attribuables aux décharges de DSM proviennent d'une étude réalisée par la

Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada. Cette étude s'appuie sur les données provinciales sur les précipitations entre 1941 et 2007 (Environnement Canada, 1941-2007). Les précipitations moyennes annuelles ont été calculées aux endroits où Levelton a indiqué la présence de décharges importantes au cours de cette période (Levelton, 1991). Les valeurs de k sont liées aux précipitations; en présumant que la teneur en humidité d'une décharge est directement fonction des précipitations annuelles, on a déterminé, à partir de ces valeurs de précipitations, les valeurs de k correspondantes à l'aide d'une relation établie par le Research Triangle Institute (RTI) pour l'Agence de protection de l'environnement 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 aux 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 des données sur les précipitations a permis de dégager une relation linéaire. À partir de cette relation et des données des précipitations moyennes provinciales d'Environnement Canada pour les années 1941 à 2007, on a calculé les taux moyens de décomposition dans les décharges par province pour trois périodes correspondant à celles utilisées pour dériver les potentiels de production de méthane (L_0), soit 1941-1975, 1976-1989 et 1990-2007 (Environnement Canada, 1941-2007). On suppose que les valeurs de k provinciales établies pour 1990-2007 s'appliquent aussi pour la période de 2008 à 2011.

Ces valeurs sont indiquées au Tableau 8-2.

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 attribuables aux décharges de l'industrie de transformation du bois, on a présumé qu'une valeur de 0,03/an représentait la constante k du taux de production de CH_4 pour l'ensemble des décharges de déchets ligneux du Canada (NCASI, 2003).

Potentiel de production de CH_4 (L_0)

Décharges de DSM

Les valeurs de L_0 théoriques et mesurées varient de 4,4 à 194 kg de CH_4 /t de déchets (Pelt *et al.*, 1998). Sur la série chronologique utilisée pour la portion du modèle d'estimation des émissions relative aux DSM, soit entre 1941 et 2012, on a utilisé trois L_0 différents pour représenter des périodes distinctes marquées, selon les études, par des changements significatifs de la composition des déchets. L_0 est une fonction du carbone organique dégradé (COD), déterminée par la composition des déchets de la façon décrite plus bas. Pour assurer l'uniformité avec les quantités utilisées dans le modèle Scholl Canyon, le calcul des L_0 tenait compte des caractéristiques des trois sources de DSM : déchets résidentiels; institutionnels, commerciaux et industriels; de construction et de démolition. Chaque fraction, exprimée en pourcentage (A, B, C et D; voir l'Équation 8-4), est déterminée à partir des quantités combinées des trois sources de déchets susmentionnées pour chacune des fractions, dans le calcul du COD total.

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 1990-2012. Ces intervalles correspondent à ceux utilisés pour le calcul de la constante k de taux de production de CH_4 . En se servant de données sur la composition des déchets relevées dans une étude de Ressources naturelles Canada (RNCAN) basée sur des données de 2002 (RNCAN, 2006), on a dérivé les niveaux de COD et posé l'hypothèse qu'ils sont restés constants pendant toute la période 1990-2012. Puisque les programmes de réacheminement des déchets étaient peu importants avant 1990, on a élaboré un autre ensemble de niveaux de COD, de façon à représenter la composition des déchets dans les décharges de 1976 à 1989, en ajoutant la valeur de RNCAN à celle contenue dans les données de 2004 de Statistique Canada sur la composition des déchets recyclés (Statistique Canada, 2007a). Afin de couvrir la période 1941-1975, on a élaboré un troisième ensemble de niveaux de COD à partir d'une étude nationale de 1967 (CRC Press, 1973). Le Tableau 8-3 présente un résumé des valeurs de L_0 pour les provinces et les territoires pendant les trois périodes. Comme point de comparaison, on donne également le pourcentage de déchets organiques détournés dans l'ensemble des provinces canadiennes en 2002. À

Tableau 8-2 Estimations des valeurs de k des décharges de DSM pour chaque province et territoire

Séries chronologiques	Provinces et territoires											
	T.-N.-L.	Î.-P.-É.	N.-É.	N.-B.	Qc	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B.	T.N.-O. et Nt	Yn
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	0,002	0,001
1990-2012	0,078	0,061	0,075	0,059	0,059	0,046	0,019	0,012	0,012	0,083	0,003	0,002

Tableau 8-3 Potentiel de production de CH₄ (L₀) de 1941 à aujourd'hui

Province/Territoire	Déchets organiques détournés en 2002 (%)	de 1941 à 1975		de 1976 à 1989		de 1990 à aujourd'hui	
		COD	L ₀ (kg de CH ₄ /t de déchets)	COD	L ₀ (kg de CH ₄ /t de déchets)	COD	L ₀ (kg de CH ₄ /t de déchets)
Terre-Neuve	S/O	0,30	121,01	0,18	71,60	0,18	71,50
Île-du Prince-Édouard	S/O	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 (T.N.-O., Nt et Yn)	S/O	0,23	91,70	0,14	56,68	0,16	62,36

Sources : Toutes les valeurs sont dérivées de données obtenues auprès de RNC (2006), de Statistiques Canada (2007) et de CRC Press (1973), à l'exception des chiffres sur le détournement des déchets organiques de 2002 qui proviennent de Thompson et al. (2006).

S/O = Information sur la catégorie non disponible.

mesure que les méthodes d'élimination des déchets évolueront au Canada et que de nouvelles données seront disponibles, les valeurs de L₀ seront rajustées en conséquence.

La valeur de L₀ a été calculée au moyen de la méthodologie qui figure dans les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée de 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997) (Équation 8-3) en utilisant les données provinciales sur la composition des déchets pour calculer le carbone organique dégradable (COD) :

Équation 8-3:

$$L_0 = MCF \times COD \times COD_F \times F \times \frac{16}{12} \times \frac{1000 \text{ kg CH}_4}{t \text{ CH}_4}$$

où :

L ₀	=	potentiel de production de CH ₄ , exprimé en kg de CH ₄ /t de déchets
MCF	=	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 stoechiométrie

Selon les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée de 1996*, le facteur de correction du méthane (FCM) des sites d'enfouissement aménagés a une valeur de 1,0 (GIEC/OCDE/AIE, 1997). La fraction de CH₄ (F) émise par une décharge varie de 0,4 à 0,6, et on présume

qu'elle est de 0,5. La valeur de COD_F utilisée (0,6) provient des *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux* (2000), qui recommandent une valeur par défaut comprise entre 0,5 et 0,6. Cette valeur de COD_F reflète mieux les faibles concentrations de lignine dans les DSM, puisque la majorité des déchets ligneux de l'industrie des pâtes et papiers et des scieries sont jetés dans des décharges réservées aux déchets de bois.

Le calcul du COD provient de la portion biodégradable des DSM (Équation 8-4) :

Équation 8-4:

$$COD = (0,4 \times A) + (0,17 \times B) + (0,15 \times C) + (0,3 \times D)$$

où :

A	=	fraction de DSM constituée de papier et de textiles
B	=	fraction de DSM constituée de déchets de jardin ou de parc
C	=	fraction de DSM constituée de déchets alimentaires
D	=	fraction de DSM constituée de bois ou de paille

Décharges de déchets ligneux

L'Équation 8-3 a donné une valeur de L₀ de 80 kg de CH₄/t de déchets ligneux, qui a servi à estimer les émissions des décharges de déchets ligneux au moyen du modèle Scholl Canyon. On a utilisé les valeurs par défaut du GIEC pour le facteur de correction du CH₄ – décharges profondes non aménagées (MCF = 0,8),

la fraction de CH₄ dans les gaz d'enfouissement ($F = 0,5$) et la fraction de COD dissimulée ($CODF = 0,5$), en retenant l'extrémité inférieure de la plage par défaut des déchets qui contiennent de la lignine (GIEC/OCDE/AIE, 1997). On a présumé que les déchets étaient composés à 100 % de bois ou de paille pour calculer la fraction de COD dans l'Équation 8–4.

8.2.2.2. Gaz d'enfouissement captés

Une partie du CH₄ produit dans les décharges de DSM est captée comme gaz d'enfouissement et brûlée par torchage ou afin de produire de l'énergie. La combustion du gaz d'enfouissement transforme le CH₄ en CO₂, ce qui entraîne une réduction des émissions de CH₄. On calcule les émissions nettes de CH₄ dans les décharges en soustrayant la quantité de CH₄ captée, fournie par les responsables de ces décharges, de la quantité de CH₄ produit, estimée à l'aide du modèle Scholl Canyon. Afin de tenir compte de l'inefficacité de la combustion par torchage, on additionne à ce résultat la quantité de CH₄ capté qui passe par la torche sans être brûlé. Le gaz ainsi capté est entièrement ou partiellement torché ou brûlé pour produire de l'électricité ou de la chaleur. Les émissions de GES attribuables à l'utilisation des gaz d'enfouissement pour la récupération d'énergie sont comptabilisées dans le secteur de l'énergie.

On s'est servi d'un taux de rendement de combustion par torchage du CH₄ des gaz d'enfouissement de 99,7 % pour déterminer la quantité de CH₄ qui échappe au torchage. Cette valeur provient du tableau 2.4.3 du chapitre 2.4 de l'AP 42 de l'Agence de protection de l'environnement (EPA) des États-Unis (EPA, 1995). Les quantités de gaz d'enfouissement recueillies entre 1983 et 1996 ont été obtenues lors d'une communication personnelle¹. Les données pour la période de 1997 à 2003 ont été recueillies aux deux ans directement auprès des exploitants de décharges par le Bureau national de la prévention de la pollution d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1997, 1999b, 2001, 2003a). Depuis 2006, soit à partir de l'année de déclaration 2005, c'est la Division des inventaires et rapports sur les polluants d'Environnement Canada qui procède à l'enquête (Environnement Canada, 2007, 2009, 2011a et 2013a). Les données relatives au captage des gaz d'enfouissement sont recueillies chaque année impaire; pour les besoins de l'inventaire national de GES, les données qui s'appliquent aux années paires subséquentes sont tirées de la moyenne des années impaires, à compter de 1997. Cependant, depuis l'enquête de 2008, la Division recueille des données sur deux années aux deux ans, les données de 2006-2007, de 2008-2009 et de 2010-2011 ayant été recueillies auprès des installations en 2008, 2010 et 2012, respectivement (Environnement Canada, 2009, 2011a, 2013a). On a présumé que les données de 2011 sur les gaz d'enfouissement captés étaient demeurées constantes pour 2012.

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

L'analyse qui suit sur l'incertitude des catégories de ce secteur se fonde sur les résultats déclarés dans le cadre d'une étude de quantification de l'incertitude du RIN canadien sur les GES (ICF Consulting, 2004). Cette évaluation de niveau 2 du degré d'incertitude emploie les valeurs de l'année d'inventaire 2001 (Environnement Canada, 2003b). Toutefois, comme les résultats de l'étude ont conduit à modifier la méthodologie, les coefficients d'émission et les sources d'information, ses résultats pourraient ne pas refléter fidèlement l'incertitude entourant les émissions de ce sous-secteur et les intrants du modèle. En l'absence d'une étude de suivi de niveau 2, les améliorations apportées devraient se traduire par une diminution du degré d'incertitude relatif à ce sous-secteur.

Les émissions de CH₄ attribuables à cette catégorie clé sont celles des décharges de DSM et des décharges de déchets ligneux. On estime que l'incertitude associée aux émissions de CH₄ par l'ensemble des sous-secteurs se situe entre –35 % et +40 %, ce qui est très proche de l'incertitude de –40 % à +35 % estimée pour les émissions de CH₄ attribuables aux décharges de DSM. La plage d'incertitude fournie par l'étude d'ICF Consulting (2004) n'est qu'à peine supérieure à l'intervalle de ± 30 % estimé avec un intervalle de confiance de 90 % dans une étude préalable, fondée sur une méthode de niveau 1 reposant sur les données de 1990 (McCann, 1994). À noter cependant que la plage d'incertitude de l'étude d'ICF Consulting (2004) est assortie d'un intervalle de confiance de 95 %, ce qui est supérieur à la plage mentionnée pour un intervalle de confiance de 90 %.

Les décharges de DSM représentent plus de 90 % des émissions totales de CH₄ imputables à cette catégorie clé en 2001 (Environnement Canada, 2003b). Les estimations du degré d'incertitude pour les émissions de CH₄ provenant des décharges de DSM semblent, dans une large mesure, avoir subi l'influence de l'incertitude des valeurs de l'inventaire au sujet des potentiels de production de CH₄ (L_0) pour les périodes 1941-1989 et 1990-2001 et de la constante k du taux de production de CH₄, où le degré d'incertitude des valeurs k et L_0 reposait sur l'estimation d'un expert. Un modèle simplifié de la méthode Scholl Canyon a été utilisé pour la simulation de Monte Carlo, ce qui pourrait avoir une incidence sur la pertinence des valeurs d'incertitude. Une erreur a été introduite dans le calcul du degré d'incertitude des émissions de CH₄ des décharges de DSM du fait qu'on a utilisé la valeur de la quantité totale de CH₄ captée au Canada de l'année 2000 au lieu de celle de 2001, ce qui donne une plage d'incertitude de 20 % à 24 % pour ces données sur les activités. Le degré d'incertitude réel pour cette donnée aurait dû être de ± 2 %.

¹ Communication personnelle avec M. E. Perkin du Bureau national de prévention de la pollution d'Environnement Canada, 1998.

Bien que la plage d'incertitude estimée dans la présente étude pour les décharges de déchets de bois soit significativement plus large (de -60 % à + 190 %) que celle des décharges de DSM, sa contribution à l'incertitude de la catégorie n'est pas aussi importante, parce que les décharges de déchets de bois contribuent peu aux émissions (moins de 10 %) (Environnement Canada, 2003b). L'estimation du degré d'incertitude relatif aux décharges de déchets ligneux semble avoir subi, dans une large mesure, l'influence du taux de production de CH₄, de la teneur en carbone des déchets enfouis et de la fraction biodégradable des déchets, les degrés d'incertitude ayant été établis par ICF Consulting (2004) d'après les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée de 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997) ou les *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux* (GIEC, 2000), le cas échéant.

Les estimations sont établies de manière cohérente dans le temps.

8.2.4. AQ/CQ et vérification

Une erreur d'enchaînement a été relevée dans le modèle du secteur des déchets, mais après la confirmation des valeurs des émissions pour le présent rapport. L'erreur concerne le calcul des émissions attribuables aux décharges de DSM au Québec et en Colombie Britannique, mais seulement pour l'année 2012. Cette erreur entraîne une surestimation d'environ 1 % des émissions nationales imputables à l'enfouissement des déchets solides. Cette erreur sera corrigée dans le rapport de 2015.

8.2.5. Recalculs

On a procédé à un recalcul des estimations des émissions attribuables aux décharges de DSM de la série chronologique de 1994-2011, de manière à tenir compte des corrections apportées aux relations entre le modèle et les nouvelles données provinciales sur l'exportation de déchets pour la série chronologique de 1998-2010, ainsi que les mises à jour des données sur le CH₄ récupéré, dans l'enquête de 2012 sur le captage et l'utilisation du CH₄ (Environnement Canada, 2013a). Des révisions importantes des calculs pour les années 2010 et 2011 ont découlé de l'intégration de valeurs relatives à l'élimination des déchets recueillies par Statistique Canada (2013a) dans le cadre de son enquête bisannuelle sur la gestion des déchets. Par ailleurs, Statistique Canada (2013b) a effectué des révisions relativement aux populations, ce qui a mené à de nouveaux calculs mineurs pour l'Île-du-Prince-Édouard et les trois territoires pour les années 2006 à 2011. Dans l'ensemble pour le rapport de 2013, ces nouveaux calculs ont entraîné une faible diminution des émissions, de l'ordre de 0,01 % à 4,5 % pour la série chronologique de 1994-2009, puis une augmentation de 6,3 % et 6,8 % en 2010 et 2011, respectivement.

8.2.6. Améliorations prévues

Dans le but de mettre à jour les valeurs de L₀, on envisage de mener une étude pluriannuelle pour effectuer une revue actuelle des valeurs récentes de la composition des DSM dans les zones urbaines et rurales de l'ensemble des territoires et des provinces. L'étude est prévue pour l'été 2014. Les résultats devraient être intégrés au rapport en 2016, après l'examen et l'approbation des données.

L'enquête interne bisannuelle sur le captage et l'utilisation des gaz d'enfouissement est prévue pour l'été 2014.

8.3. Traitement des eaux usées (catégorie 6.B du CUPR)

8.3.1. Description de la catégorie de source

On a estimé les émissions issues du traitement des eaux usées municipales et industrielles. Ces eaux usées peuvent faire l'objet d'un traitement aérobique ou anaérobique. Avec le traitement anaérobique, il y a production de CH₄, mais celui-ci est en général contenu et brûlé dans les systèmes à digestion anaérobique au Canada. Les émissions de CH₄ des systèmes aérobiques sont présumées négligeables. Les deux types de systèmes de traitement rejettent du N₂O lors de la nitrification et de la dénitrification de l'azote des eaux usées (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

Les systèmes de traitement aérobique et anaérobique produisent également du CO₂. Toutefois, comme nous l'avons vu à la section 8.1, les émissions de CO₂ imputables à la décomposition de la matière organique ne sont pas comprises dans les estimations nationales totales, conformément aux *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée de 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

La méthode d'estimation des émissions résultant du traitement des eaux usées municipales s'intéresse à deux aspects : le CH₄ résultant du traitement anaérobique des eaux usées et le N₂O résultant du traitement des eaux usées sanitaires.

8.3.2. Questions de méthodologie

L'annexe 3.5 fournit des informations détaillées sur les méthodologies utilisées dans les diverses catégories de ce sous-secteur.

8.3.2.1. Émissions de CH₄

Traitement des eaux usées municipales

On n'a pas utilisé ici la méthode par défaut du GIEC, car les données nécessaires n'étaient pas disponibles. On a plutôt utilisé une méthode conçue à l'intention d'Environnement Canada (AECOM

Canada, 2010) afin d'établir un coefficient d'émission. Cette méthode particulière au pays fournit une estimation précise des émissions provinciales de méthane et offre une correspondance optimale avec les données disponibles sur les activités. En se basant sur la quantité de matière organique produite par personne au Canada et sur la transformation de la matière organique en CH₄, on a estimé que le traitement anaérobie des eaux usées pouvait émettre 1,97 kg de CH₄/personne par an. Des renseignements supplémentaires sur la méthodologie utilisée sont fournis à l'annexe 3.5.

Pour calculer les émissions de CH₄, on multiplie le coefficient d'émission par la population de chaque province (Statistique Canada, 2006, 2013b) et par la fraction des eaux usées qui fait l'objet d'un traitement anaérobie.

Traitement des eaux usées industrielles

La Division des gaz à effet de serre a mené une enquête afin de connaître les émissions de méthane provenant d'installations traitant leurs effluents sur place par voie anaérobie au cours de la série chronologique 1990-2011. Lorsqu'il a été impossible d'obtenir des données réelles mesurées, on a utilisé les normes de conception des installations en question pour estimer les émissions maximales prévues. Faute de données actuelles, on présume que les données de 2012 sont demeurées constantes par rapport à l'année précédente. Une description complète de la méthodologie utilisée est fournie à l'annexe 3.5.

8.3.2.2. Émissions de N₂O

Traitement des eaux usées municipales

Les émissions de N₂O des installations de traitement des eaux usées municipales ont été calculées à l'aide de la méthode par défaut du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Pour estimer le coefficient d'émission de N₂O, cette méthode fait le produit de la consommation annuelle de protéines par personne, de la teneur présumée en azote des protéines (16 %), de la quantité d'azote du N₂O (N₂O-N) produite par unité d'azote des eaux d'épuration (0,01 kg de N₂O-N/kg d'azote des eaux d'épuration) et du facteur de conversion du N₂O/N₂O-N (1,57). Les estimations de la consommation de protéines, en kg/personne/an, proviennent d'un rapport statistique annuel sur les aliments publié par Statistique Canada (Statistique Canada, 2007b, 2008b, 2010a). Les valeurs relatives à la consommation de protéines utilisées sont celles rajustées 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, conformément aux recommandations d'AECOM Canada (2012). Ce rapport fournit les données des années 1991 et 1996 ainsi que pour la période de 2001 à 2009. L'estimation de la consommation de protéines pour les années manquantes est faite à partir de l'application de la régression linéaire multiple aux données de Statistique Canada. En l'absence de données actuelles, parce que

Statistique Canada a cessé de publier le rapport sur les aliments, on présume que les valeurs de 2010-2012 relatives à la consommation de protéines sont demeurées constantes par rapport à 2009. Les émissions ont été calculées en multipliant le coefficient d'émission par la population de chaque province (Statistique Canada, 2006, 2013b). Le Tableau 8-4 donne un aperçu des valeurs de ces deux paramètres pour la série chronologique.

Tableau 8-4 Coefficients d'émission de N₂O

Année	Consommation annuelle de protéines par personne (kg de protéines/personne/an)	Coefficient d'émission de N ₂ O (kg N ₂ O/personne/an)
1990	23,82	0,060
1991	24,16	0,061
1992	24,29	0,061
1993	24,53	0,062
1994	24,77	0,062
1995a	25,01	0,063
1996a	25,04	0,063
1997a	25,50	0,064
1998a	25,75	0,065
1999a	26,01	0,065
2000a	26,26	0,066
2001b	26,63	0,067
2002b	26,57	0,067
2003b	26,19	0,066
2004b	26,35	0,066
2005c	25,96	0,065
2006c	25,93	0,065
2007c	26,20	0,066
2008c	25,64	0,064
2009c	25,50	0,064
2010c	25,50	0,064
2011c	25,50	0,064
2012c	25,50	0,064

Sources : *Statistique Canada (2007b), *Statistique Canada (2008b) et *Statistique Canada (2010a). 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.

Traitement des eaux usées industrielles

Les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée de 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997) ne traitent pas de la méthode d'estimation des émissions de N₂O imputables au traitement des eaux usées industrielles. En l'absence de données sur les activités, les émissions de N₂O attribuables à cette catégorie n'ont pas été évaluées.

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

Traitement des eaux usées municipales

L'analyse qui suit sur l'incertitude des catégories de ce secteur se fonde sur les résultats déclarés dans le cadre d'une étude de quantification de l'incertitude du RIN canadien sur les GES (ICF Consulting, 2004). Cette évaluation de niveau 2 du degré d'incertitude emploie les valeurs de l'année d'inventaire 2001 (Environnement Canada, 2003b). Toutefois, comme les résultats de l'étude ont conduit à modifier la méthodologie, les coefficients d'émission et les sources d'information, ses résultats pourraient ne pas refléter fidèlement l'incertitude entourant les émissions de ce sous-secteur et les intrants du modèle. En l'absence d'une étude de suivi de niveau 2, les améliorations apportées devraient se traduire par une diminution du degré d'incertitude relatif à ce sous-secteur.

On estime que l'incertitude globale associée au sous-secteur du traitement des eaux usées se situe entre -40 % et +55 %. La plage d'incertitude qui figure dans l'étude d'ICF Consulting (2004) est inférieure à la fourchette de ± 60 % estimée avec un intervalle de confiance de 90 % dans une étude antérieure fondée sur une méthode de niveau 1 reposant sur les données de 1990 (McCann, 1994). Il s'agit d'une amélioration au chapitre de l'incertitude estimée pour cette catégorie, étant donné que la plage d'incertitude mentionnée par ICF Consulting (2004) pour un intervalle de confiance de 95 % devrait normalement afficher une valeur supérieure à celle qui est assortie d'un intervalle de confiance de 90 %. D'après les données de 2001, l'incertitude des tendances liée aux émissions totales de GES (y compris le CH₄ et le N₂O) imputables aux systèmes de traitement des eaux usées est comprise entre +12 % et +13 %. C'est avec prudence qu'il faut extrapoler à l'inventaire de 2011 l'incertitude des tendances de 2001, car l'incertitude des tendances est plus sensible que l'incertitude liée aux variations des valeurs estimatives de l'inventaire pour les années plus récentes.

Étant donné que les méthodes et la provenance des données sont demeurées inchangées tout au long de la série chronologique, on peut dire que les estimations relatives à cette catégorie sont cohérentes dans le temps.

Traitement des eaux usées industrielles

Les *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux* (GIEC, 2000) prévoient des valeurs d'incertitude par défaut se situant entre -25 % et +25 %. Comme la plupart des données ont été obtenues directement auprès des exploitants d'installations et sont fondées sur l'avis d'experts, on estime que l'incertitude varie entre -15 % et +15 % ou moins.

8.3.4. AQ/CQ et vérification

Aucune anomalie importante n'a été signalée.

8.3.5. Recalculs

On a effectué de nouveaux calculs mineurs pour le traitement des eaux usées afin de tenir compte des données démographiques révisées de Statistique Canada pour la période de 2006 à 2011 (Statistique Canada, 2013b). On a noté une augmentation des émissions de l'ordre de 0,01 % à 0,74 % pour ce sous secteur dans le rapport de 2013.

8.3.6. Améliorations prévues

La prochaine enquête bisannuelle sur les installations de traitement des eaux usées industrielles sera effectuée à l'été 2014. On prévoit utiliser ces valeurs pour mettre à jour les données sur les émissions dans le rapport de 2015.

8.4. Incinération des déchets (catégorie 6.C du CUPR)

8.4.1. Description de la catégorie de source

Les émissions imputables à l'incinération des déchets solides municipaux, des déchets dangereux et des boues d'épuration sont comprises dans l'inventaire. Certaines municipalités du Canada utilisent des incinérateurs pour réduire la quantité de DSM expédiés vers les sites d'enfouissement et donc la quantité des boues d'épuration qui doivent être épandues sur le sol.

Les émissions de GES provenant des incinérateurs varient selon divers facteurs, comme la quantité de déchets incinérés, la composition des déchets, la teneur en carbone des déchets autres que la biomasse et les conditions d'exploitation des usines.

8.4.1.1. Incinération des DSM

La chambre de combustion d'un incinérateur de DSM caractéristique se compose d'une grille sur laquelle les déchets sont brûlés et d'un écran d'eau (si l'on récupère l'énergie) ou d'un revêtement réfractaire (dans le cas contraire). Les GES émis par les incinérateurs de DSM sont entre autres du CO₂, du CH₄ et du N₂O.

Conformément aux *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée de 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997), les émissions de CO₂ résultant de la combustion des déchets de la biomasse ne sont pas comprises dans cette section de l'inventaire. Les seules émissions de CO₂ incluses résultent des déchets de carbone provenant des combustibles fossiles, comme les plastiques et le caoutchouc.

D'après les conclusions d'un récent rapport commandé par Environnement Canada (CRA, 2011), les émissions de CH₄ attribuables aux incinérateurs canadiens de DSM sont négligeables.

8.4.1.2. Incinération des déchets dangereux

Au Canada, il y a cinq incinérateurs de déchets dangereux, situés au Québec, en Ontario et en Alberta. Les gaz à effets de serre émis par ces sources sont le CO₂, le N₂O et le CH₄. Les valeurs des émissions sont tirées des données sur les quantités de déchets dangereux incinérés, fournies directement par les installations dans le cadre d'une série d'enquêtes dont les résultats ont été résumés dans un rapport (Environnement Canada, 2011b). Une étude préliminaire avait été effectuée en 2006, suivie d'autres études, en 2008, 2010 et 2012 (Environnement Canada 2013b), destinées à améliorer l'exhaustivité de la couverture et l'exactitude des données.

8.4.1.3. Incinération des boues d'épuration

Au Canada, on utilise deux types différents d'incinérateurs de boues d'épuration : les incinérateurs à soles étagées et les incinérateurs à lit fluidisé. Dans les deux cas, les boues d'épuration sont partiellement essorées avant d'être incinérées. L'essorage se fait généralement par centrifugation ou par filtre presse. À l'heure actuelle, des municipalités de l'Ontario et du Québec exploitent des incinérateurs de boues d'épuration. Parmi les GES émis lors de l'incinération de ces boues figurent le CO₂, le CH₄ et le N₂O, comme c'est le cas lors de l'incinération des DSM; toutefois, comme les boues contiennent du carbone d'origine biogène, les émissions de CO₂ ne sont pas prises en compte dans les totaux provenant de cette source dans l'inventaire.

8.4.2. Questions de méthodologie

La méthode d'estimation des émissions dépend du type de déchets et des gaz émis. L'annexe 3.5 propose une analyse plus détaillée des méthodologies utilisées.

8.4.2.1. Émissions de CO₂

Incinération des DSM

Les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée de 1996* (GIEC/OCDE/AIE, 1997) ne précisent pas de méthode de calcul des émissions de CO₂ résultant de l'incinération des déchets à base de combustibles fossiles (comme les plastiques et le caoutchouc). C'est la raison pour laquelle une méthode en trois étapes a été mise au point :

- *Calcul du volume des déchets incinérés* : On a estimé le volume des déchets incinérés chaque année au moyen d'une

analyse de régression utilisant les données d'une étude d'Environnement Canada (1996) qui présente des données provinciales détaillées sur l'incinération pour l'année 1992, et d'une étude réalisée par A.J. Chandler & Associates Ltd. pour Environnement Canada, qui fournit des données relatives à l'incinération pour les années 1999, 2000 et 2001 (Environnement Canada, 2003c).

- *Définition des coefficients d'émission* : Les coefficients d'émission de CO₂ des provinces reposent sur l'hypothèse que le carbone que contiennent les déchets subit une oxydation complète pour se transformer en CO₂. La quantité de carbone provenant des combustibles fossiles qui est disponible dans les déchets incinérés a été déterminée selon les pourcentages massiques du carbone (Tchobanoglous *et al.*, 1993). On estime la quantité de carbone par tonne de déchets et on la convertit en tonnes de CO₂ par tonne de déchets en la multipliant par le rapport entre la masse moléculaire du CO₂ et la masse moléculaire du carbone.
- *Calcul des émissions de CO₂* : On a calculé les émissions à l'échelon provincial en multipliant la quantité de déchets incinérés par les coefficients d'émission applicables.

Incinération des déchets dangereux

Les émissions de CO₂ ont été estimées d'après les quantités de déchets dangereux incinérées pour la série chronologique 1990–2012; on a supposé que les émissions pour 2012 étaient constantes par rapport à 2010 puisque les données n'apparaissent pas dans la dernière enquête. Pour estimer les émissions, on a utilisé une méthode qui s'appuyait sur les données par défaut du GIEC de la teneur en carbone et de carbone fossile sous forme de pourcentage de carbone total, soit 50 % et 90 %, respectivement, pour les déchets dangereux, tel que présenté au tableau 5.6 des *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux* (GIEC, 2000).

Incinération des boues d'épuration

Le CO₂ produit par l'incinération des boues d'épuration n'est pas déclaré dans les totaux des émissions de l'inventaire étant donné que ces boues sont entièrement constituées de matière biogène.

8.4.2.2. Émissions de N₂O et de CH₄

Incinération des DSM

Les émissions de N₂O attribuables à l'incinération des DSM ont été estimées à l'aide de la méthode par défaut du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997). On a établi un coefficient moyen en presumant que les coefficients du GIEC relatifs aux incinérateurs à cinq dispositifs d'alimentation mécanique étaient les plus représentatifs. Pour estimer les émissions, le coefficient ainsi calculé a été multiplié par la quantité de déchets incinérés dans chaque province. D'après les conclusions d'un récent rapport commandé par Environnement Canada (CRA, 2011), les émissions de CH₄ des incinérateurs canadiens de DSM sont négligeables.

Incinération des déchets dangereux

On a estimé les émissions de N_2O et de CH_4 à partir des coefficients d'émissions tirées de données propres à chaque site fournies par les installations plutôt qu'à partir des valeurs par défaut du GIEC, en raison de la contribution aux émissions relativement faible de ces deux gaz, de la disponibilité de données propres à chaque pays et du nombre de sites en cause dans ce processus. Les données de chaque site comprenaient les quantités de déchets dangereux traités à l'installation et les émissions cumulatives mesurées de N_2O et de CH_4 pour 2009 (Environnement Canada, 2011b). Les coefficients d'émissions qui en résultent sont de $3,16 \times 10^{-3}$ kt N_2O /kt de déchets et de $1,69 \times 10^{-4}$ kt CH_4 /kt de déchets.

Incinération des boues d'épuration

Les émissions produites par l'incinération des boues d'épuration dépendent de la quantité de solides séchés incinérée. Pour calculer les émissions de CH_4 , on multiplie cette quantité par un coefficient d'émission approprié. Les estimations de la quantité de solides séchés dans les boues d'épuration incinérées au cours des années 1990-1992 reposent sur une étude réalisée en 1994, comme il en question dans une communication personnelle de W. Fettes en février 1994 (échange entre Senes Consultants et Puitan Bennet). Les données relatives aux années 1993-1996 proviennent d'enquêtes téléphoniques auprès d'installations qui incinèrent des boues d'épuration. Les données relatives aux années 1997 et 1998 proviennent d'une étude de Compass Environmental Inc. réalisée pour Environnement Canada (Environnement Canada, 1999a). Les données sur les activités relatives à 1999, 2000 et 2001 proviennent d'une étude réalisée par A.J. Chandler and Associates Ltd. pour le compte d'Environnement Canada (Environnement Canada, 2003c). Pour estimer la quantité de boues d'épuration incinérées au cours des années 2002-2012, on a procédé à une analyse de régression en utilisant les valeurs d'incinération des DSM de Chandler et de Compass Environmental Inc.

Les émissions de CH_4 ont été estimées en prenant pour base des coefficients d'émission extraits d'une publication de l'EPA des États-Unis intitulée *Compilation of Air Pollutant Emission Factors* (EPA, 1995). On présume que l'incinération des boues d'épuration se fait dans des incinérateurs à lit fluidisé. Le coefficient d'émission est donc de 1,6 t de CH_4 /kt de solides séchés totaux pour ces incinérateurs équipés d'épurateurs Venturi. Pour estimer les émissions, le coefficient ainsi calculé a été multiplié par la quantité de déchets incinérés dans chaque province. On a ensuite établi les valeurs des émissions nationales en faisant la somme de ces émissions pour l'ensemble des provinces.

Les émissions de N_2O attribuables à l'incinération des boues d'épuration ont été estimées à l'aide du coefficient d'émission par défaut du GIEC pour les lits fluidisés, soit 0,8 kg de N_2O /t

de boues d'épuration séchées incinérées (GIEC, 2000). Pour estimer les émissions, le coefficient ainsi calculé a été multiplié par la quantité de déchets incinérés dans chaque province. On a ensuite établi les valeurs des émissions nationales en faisant la somme de ces émissions pour l'ensemble des provinces.

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

L'analyse qui suit sur l'incertitude des catégories de ce sous-secteur se fonde sur les résultats déclarés dans le cadre d'une étude de quantification de l'incertitude du RIN canadien sur les GES (ICF Consulting, 2004). Cette évaluation de niveau 2 du degré d'incertitude emploie les valeurs de l'année d'inventaire 2001 (Environnement Canada, 2003b). Toutefois, comme les résultats de l'étude ont conduit à modifier la méthodologie, les coefficients d'émission et les sources d'information, ces résultats pourraient ne pas refléter fidèlement l'incertitude entourant les émissions de ce sous-secteur et les intrants du modèle. En l'absence d'une étude de suivi de niveau 2, les améliorations apportées devraient se traduire par une diminution du degré d'incertitude relatif à ce sous-secteur.

On estime que l'incertitude globale associée à la catégorie de l'incinération des déchets se situe entre -12 % et +65 %. Pour les estimations de l'inventaire de 2001, l'incertitude des tendances associées aux émissions totales de GES (CO_2 , CH_4 et N_2O) résultant de l'incinération des déchets (DSM et boues d'épuration) est comprise entre +10 % et +11 %. La tendance de l'inventaire a été estimée à +10 %. L'extrapolation de l'incertitude des tendances en 2001 à l'inventaire de 2012 doit se faire avec prudence, car l'incertitude des tendances est plus sensible que celle liée aux variations des valeurs estimatives de l'inventaire pour les années plus récentes.

8.4.4. AQ/CQ et vérification

Aucune anomalie importante n'a été détectée.

8.4.5. Recalculs

On a procédé à de nouveaux calculs mineurs en ce qui a trait à l'incinération des DSM afin de tenir compte de données démographiques révisées de Statistique Canada pour la période de 2006 à 2011 (augmentation des émissions de l'ordre de 0,01 % à 0,74 % dans le rapport de 2013 pour ce sous-secteur) (Statistique Canada, 2013b).

8.4.6. Améliorations prévues

La prochaine enquête bisannuelle sur les activités d'incinération est prévue à l'été 2014. On a effectué de telles enquêtes en

2008, 2010 et 2012 à l’échelle des installations. L’exhaustivité et l’exactitude des données tirées de ces enquêtes préliminaires devront être vérifiées en les comparant aux résultats de l’enquête biennale sur les activités d’incinération de 2014, avant d’envisager la possibilité de les intégrer au modèle du secteur des déchets et aux méthodes du secteur de l’énergie. Il a été observé à partir des enquêtes réalisées que divers emplacements sont dotés d’unités de récupération d’énergie, dont les émissions sont actuellement prises en compte dans le secteur des déchets. Une fois que les données auront été examinées par les deux secteurs et qu’il aura été établi qu’elles sont complètes et fiables, les émissions provenant de ces unités seront déclarées dans le secteur de l’énergie.

Chapitre 9

Recalculs et mesures d'amélioration

L'inventaire des gaz à effet de serre (GES) du Canada repose sur un processus continu de mises à jour et d'améliorations qui permet d'assurer que les informations fournies sont aussi complètes, logiques, exactes et transparentes que possible. Afin de faciliter la compréhension globale des changements effectués et de leur incidence sur les niveaux et les tendances des émissions, la section 9.1 de ce chapitre résume tous les nouveaux calculs utilisés pour l'inventaire des GES du Canada depuis la déclaration de 2013. Une description des améliorations apportées au rapport de 2014 à la suite de modifications ou d'ajustements des méthodes ou des recommandations formulées par les équipes d'examen composées d'experts (EEE) dans le cadre du processus d'examen annuel est présentée à la section 9.2; on y trouve aussi une liste des mesures d'amélioration prévues pour les prochains inventaires.

Bien que la quantification de l'incertitude associée aux estimations des émissions (annexe 7) aide à prioriser les améliorations des futurs inventaires, l'incertitude n'est pas un indicateur des futurs changements potentiels résultant des activités d'amélioration continue.

9.1. Explication et justification des recalculs

Aux termes de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), les Parties inscrites à l'Annexe I sont tenues d'améliorer continuellement la qualité de leur inventaire national des GES. À mesure que de nouvelles informations et des données sont disponibles et que des méthodes plus précises sont mises au point, les estimations doivent être mises à jour pour produire une tendance cohérente et comparable en matière d'émissions et d'absorptions. Par conséquent, on s'attend à ce que de nouveaux calculs soient produits chaque année, dans un souci d'amélioration continue. La nature, la justification et les répercussions de ces révisions sont documentées dans le présent rapport et les tableaux de données connexes. Les nouveaux calculs peuvent avoir lieu pour un certain nombre de raisons, dont les suivantes :

- i. la correction des erreurs détectées par les procédures de contrôle de la qualité;
- ii. l'incorporation des mises à jour sur les données d'activités, y compris les changements des sources de données;
- iii. la réaffectation des activités dans différentes catégories (ce changement ne touche cependant que les sous-totaux);
- iv. l'amélioration des méthodes et des coefficients d'émission;
- v. l'inclusion de catégories non ciblées auparavant (ce qui accroît l'exhaustivité de l'inventaire);
- vi. les recommandations issues des examens de la CCNUCC.

Environnement Canada travaille constamment en consultation et en collaboration avec des partenaires clés des gouvernements fédéral et provinciaux de même qu'avec des intervenants de l'industrie, des instituts de recherche et des experts-conseils dans le but d'améliorer la qualité des variables de départ et l'information scientifique utilisées pour la compilation de l'inventaire national et, au besoin, de revoir et de calculer de nouveau les estimations des émissions et des absorptions pour l'ensemble des années visées par l'inventaire. En effet, les bonnes pratiques de préparation à l'inventaire exigent que les améliorations et les mises à jour de la méthodologie soient appliquées à toute la série chronologique des estimations annuelles (de 1990 à la dernière année de déclaration). Il importe que la série chronologique soit cohérente pour éviter de confondre un changement de méthodologie avec un véritable changement des émissions et des absorptions de GES.

Le Tableau 9–1 présente un résumé de l'ensemble des nouveaux calculs effectués en raison de modifications ou d'ajustements apportés sur le plan méthodologique depuis la déclaration précédente; il comporte une brève description de la modification, l'exposé des raisons et un résumé des répercussions sur les émissions et les tendances dans chaque cas. En plus des changements énumérés au Tableau 9–1, d'autres calculs ont pu être refaits en raison de la mise à jour de données sur les activités, de la réattribution d'émissions, de la correction d'erreurs découvertes depuis l'inventaire précédent ou d'améliorations mineures. On trouvera des renseignements sur les recalculs effectués par secteur dans les chapitres correspondants. Les sections 9.1.1 et 9.1.2 traitent des répercussions prévues sur les niveaux et les tendances des émissions à l'échelle nationale.

9.1.1. Répercussions sur les niveaux d'émissions

Dans l'ensemble, les émissions de GES (à l'exclusion du secteur Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie [ATCATF]) ont été révisées selon des quantités relativement faibles pour toutes les années. Les nouveaux calculs ont surtout touché les années 2000, 2005 et 2010, avec des

Tableau 9–1 Sommaire des recalculs dus à des modifications ou à des ajustements de méthode

Secteur CUPR et type de gaz	Catégorie	Description	Raison	Répercussions sur les émissions
1.A.3.b CO ₂	Énergie – Combustion de combustibles – Transport	Corrections apportées aux coefficients d'émission pour le propane. Voir la section 3.2.1.5 pour obtenir plus de détails.	Accroître l'exactitude.	Les mises à jour du coefficient d'émission dans la catégorie Combustion des combustibles – Transport (1.A.3.b) ont entraîné une diminution de 0,18 % pour le CO ₂ (1,43 Kt) dans les données de l'année 2011.
2.A.2 CO ₂	Production de chaux	Données d'activités révisées pour 2011.	RNCan a fourni des valeurs révisées pour la production de chaux en 2011.	Les nouveaux calculs ont entraîné une augmentation de 2,9 % des émissions pour l'année 2011.
2.A.7.2 CO ₂	Utilisation de magnésite	Données d'activités révisées pour 2011.	La mise à jour des données d'activités pour 2011 a entraîné le recalcul des émissions de 2011.	Les nouveaux calculs ont entraîné une augmentation de 5 % des émissions pour l'année 2010.
2.A.3 CO ₂	Utilisation de calcaire et de dolomite	Données d'activités révisées pour 2011.	RNCan a fourni des valeurs révisées pour la consommation de calcaire et de dolomite en 2011.	Les nouveaux calculs ont entraîné une diminution de 31 % des émissions pour l'année 2011.
2.G	Autres procédés et procédés indifférenciés	Données d'activités révisées pour 1996–2003.	Pour ces années, Statistique Canada a fourni des données révisées de la consommation non énergétique de combustibles.	Les nouveaux calculs ont entraîné une augmentation des émissions, de l'ordre de 14 % à 30 %, pour les années susmentionnées.
5.A.1, 5.A.2, 5.B.2, 5.D.2, 5.E.2	ATCATF – Terres forestières : TTF, LFL, FCTC, FCTH, FZPE	Des améliorations ont été apportées dans les quatre catégories suivantes associées aux forêts : 1) Nouvelle version du Modèle du bilan du carbone (MBC-SFC ₃) 2) Révisions des superficies touchées par des perturbations naturelles 3) Nouvel inventaire forestier de l'Alberta 4) Mise à jour des données sur les activités de récolte	1) Corriger les erreurs dans la prise en charge des courbes de croissance de composantes multiples 2) Ces révisions tiennent compte de la mise à jour des ensembles de données issus de la surveillance des perturbations naturelles ainsi que de la correction des erreurs de traitement des données 3) Intégrer les plus récentes informations provinciales sur les forêts 4) Mettre à jour les données d'activités	Les nouveaux calculs, qui découlent d'une combinaison de tous les changements, ont donné lieu à des différences de -30 Mt (2010) à +23 Mt (2004).
5.B.2.	ATCATF – Prairies dont la vocation n'a pas changé (PR-PR) – CH ₄ et N ₂ O	Comblant une lacune dans la production de rapports découlant des Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2003) en ce qui a trait au brûlage des prairies aménagées au Canada	Les données sur la superficie de brûlage des prairies agricoles aménagées ont été obtenues dans le cadre de consultations. Il est maintenant possible d'estimer les émissions de CH ₄ et de N ₂ O issues du brûlage de prairies aménagées au Canada (PR-PR) et de disposer de la documentation et des données d'archives nécessaires.	Pour les années 1990, 2005 et 2012, les émissions issues du brûlage des prairies aménagées (PR-PR) ont été estimées à 571, 756 et 1 378 Kt d'éq. CO ₂ , respectivement.
5.D.2	ATCATF – Terres converties en terres humides	La catégorie des terres converties en terres humides (tourbières aménagées) a été séparée dans les sous-catégories suivantes : autres terres converties en terres humides et terres forestières converties en terres humides.	L'analyse géospatiale des sites d'extraction de tourbe pour l'ensemble du Canada a indiqué qu'en moyenne, seulement 5 % des terres converties pouvaient être considérées comme des terres forestières.	De manière générale, pour la période de 1990 à 2012, les valeurs issues des nouveaux calculs à la baisse pour les tourbières aménagées étaient, en moyenne, de 30 Kt de CO ₂ par année (2 % de la catégorie totale).

Tableau 9-1 Sommaire des recalculs dus à des modifications ou à des ajustements de méthode (continué)

Secteur CUPR et type de gaz	Catégorie	Description	Raison	Répercussions sur les émissions
6.A.1 CH ₄	Déchets, enfouissement des déchets solides	Déchets non dangereux exportés vers les États-Unis.	Une erreur d'enchaînement dans le modèle a fait que seules les exportations depuis l'Ontario ont été prises en considération. L'erreur a été corrigée dans le présent rapport de manière à inclure les exportations depuis le Québec et la Colombie-Britannique.	L'erreur ayant été corrigée, on a soustrait les quantités manquantes de DSM exportés depuis le Québec et la Colombie-Britannique au cours de la période 1989–2012 (qui variaient de 27 à 789 Kt) des quantités enfouies au Canada. L'effet conjugué de la révision des quantités de déchets enfouis, la correction des valeurs des déchets exportés et les nouvelles données relatives au captage des gaz d'enfouissement a été une réduction de 6,8 % (1 360 Kt d'éq. CO ₂) des émissions de méthane dans la catégorie de l'enfouissement des déchets solides dans le sol en 2011.
6.A.1 CH ₄ (continué)	Déchets, enfouissement des déchets solides (continué)	Les données de Statistique Canada sur les déchets éliminés ont été mises à jour.	Les quantités de déchets enfouis sont établies à partir des données sur les quantités de déchets éliminées tirées de l'enquête bisannuelle de Statistique Canada, intitulée Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques. Ces données n'étaient pas disponibles à temps pour être prises en compte dans la déclaration de l'année dernière. Le rapport Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques de 2013 comprend des données sur les quantités de déchets non dangereux éliminés en 2010. Dans la déclaration de l'année dernière, les quantités de déchets de la période 2009–2011 ont été extrapolées. Le rapport de 2013 présente aussi des données révisées sur les quantités de déchets éliminés en 2008.	L'effet conjugué de la révision des quantités de déchets enfouis, la correction des valeurs des déchets exportés et les nouvelles données relatives au captage des gaz d'enfouissement a été une réduction de 6,8 % (1 360 Kt d'éq. CO ₂) des émissions de méthane dans la catégorie de l'enfouissement des déchets solides en 2011. Les émissions pour 2010 ont diminué d'une valeur du même ordre (6,3 %, soit 1 250 Kt d'éq. CO ₂). La révision des données de 2008 par Statistique Canada a donné lieu à de faibles augmentations des estimations des émissions en 2008 et 2009 (soit 1,9 % et 1,6 %, respectivement).
6.A.1 CH ₄ (continué)	Déchets, enfouissement des déchets solides (continué)	Les données sur le captage et l'utilisation des gaz d'enfouissement ont été mises à jour.	Le présent rapport comprend des données d'enquêtes sur la collecte et l'utilisation des gaz d'enfouissement de 2010 et 2011 effectuées par Environnement Canada. Dans le rapport précédent, on supposait que les valeurs provinciales de 2009 de l'enquête précédente étaient demeurées constantes en 2010 et 2011.	L'effet conjugué de la révision des quantités de déchets enfouis, la correction des valeurs des déchets exportés et les nouvelles données relatives au captage des gaz d'enfouissement a été une réduction de 6,8 % (1 360 Kt d'éq. CO ₂) des émissions de méthane dans la catégorie de l'enfouissement des déchets solides en 2011.

changements de +0,53 % (de 718 Mt à 721 Mt), de -0,22 % (de 737 Mt à 736 Mt) et de -0,22 % (de 701 Mt à 699 Mt), respectivement. Le Tableau 9–2 fournit des renseignements supplémentaires à ce sujet. En comparaison, les nouveaux calculs réalisés dans le cadre du RIN de l'an passé (2013), en raison des modifications aux données historiques sur l'énergie pour la période 2003-2010 apportées par Statistique Canada, l'organe officiel de statistiques du Canada, ont entraîné des changements de +1,32 %, -0,92 % et -0,32 %, respectivement, aux émissions totales de 2010, 2004 et 2005 par rapport à la déclaration initiale de 2012.

Cette année, des recalculs majeurs ont été effectués dans le secteur ATCATF (Tableau 9–2), principalement en raison de

nombreux changements apportés aux estimations relatives aux terres forestières, y compris une nouvelle version du modèle pour les forêts, la révision des superficies de terres forestières touchées par des perturbations naturelles, l'incorporation d'un nouvel inventaire forestier provincial et la mise à jour des données sur les activités de récolte. Le chapitre 7 fournit de plus amples renseignements sur ces révisions et sur d'autres améliorations apportées au secteur ATCATF.

Tableau 9–2 Sommaire des recalculs

	Émissions de GES par année							
	1990	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Total national								
Actuel (Mt d'éq. CO ₂)	591	721	736	731	689	699	701	699
Rapport 2013 (Mt d'éq. CO ₂)	591	718	737	731	689	701	702	-
Changement (%)	-0,03%	0,53%	-0,22%	0,02%	0,04%	-0,22%	-0,08%	-
ATCATF								
Actuel (Mt d'éq. CO ₂)	-71	-52	53	-17	-27	76	77	41
Rapport 2013 (Mt d'éq. CO ₂)	-62	-52	63	-11	-10	103	87	-
Changement (%)	15,2%	-1,3%	-14,8%	55,6%	179,2%	-26,6%	-12,0%	-

9.1.2. Répercussions sur les tendances des émissions

Dans l'ensemble, le recalcul des estimations totales des émissions de GES (à l'exclusion du secteur ATCATF) a eu un effet négligeable sur la tendance observée entre 1990 et 2010, laquelle correspond maintenant à un accroissement de 18,7 % des émissions totales de GES depuis 1990 au lieu de l'accroissement de 18,6 % auparavant déclaré. La tendance entre 1990 et 2012 affiche une hausse de 18,2 % des émissions de GES.

9.2. Améliorations apportées à l'inventaire

La présentation du rapport d'inventaire du Canada est revue chaque année par une EEE à la suite de la révision approuvée des lignes directrices de la CCNUCC. Les révisions sont coordonnées par le secrétariat de la CCNUCC, et l'EEE est constituée d'experts en matière d'inventaire venant de pays développés et de pays en développement. L'objectif de cette révision approfondie, est de présenter une évaluation technique rigoureuse et exhaustive de l'application de la Convention et du respect des lignes directrices en matière de déclaration; les conclusions de la révision sont présentées dans un rapport d'examen annuel.

Dans le rapport d'examen annuel de 2012¹, l'EEE a formulé plusieurs recommandations et décrit des moyens destinés à rehausser et à améliorer l'inventaire et le RIN. Le Tableau 9–3 présente un résumé des améliorations introduites dans le rapport de 2014 à la suite des recommandations formulées par l'EEE. On trouvera des renseignements supplémentaires sur les améliorations prévues par secteur dans les chapitres correspondants. Les améliorations annuelles apportées à l'inventaire national doivent être appliquées à toutes les années afin de maintenir la cohérence de la série chronologique. Le rapport d'examen annuel de 2013 a été

achevé après l'établissement de l'inventaire et la préparation du RIN, de sorte que les recommandations découlant de l'examen réalisé l'an dernier seront mises en œuvre dans le cadre de la déclaration de 2015.

En outre, le Canada prévoit apporter les améliorations indiquées au Tableau 9–4; ces améliorations auront une incidence sur la série chronologique débutant en 1990. Les mesures d'amélioration prévues procèdent des recommandations de sources internes et de processus d'examen externes, comme les examens d'experts de la CCNUCC, et des travaux menés en collaboration avec les experts du secteur des inventaires, l'industrie, les ministères et le milieu universitaire. En tant que partie au Système national canadien, on ne cesse d'élaborer des activités et des plans d'amélioration pour accroître la transparence, l'exhaustivité, l'exactitude, la cohérence et la comparabilité des données de l'inventaire canadien des GES. Les mesures d'amélioration sont conçues par des experts de secteurs et classées en ordre de priorité par un comité des priorités et de la planification (CPP) en tenant compte des contributions aux catégories clés, des activités d'AQ/CQ, des évaluations de l'incertitude, de la disponibilité des ressources et des impacts possibles.

À compter de 2015, les inventaires de l'annexe I seront établis conformément à la version révisée des Directives pour l'établissement des communications nationales des Parties visées à l'annexe I de la Convention, première partie : Directives FCCC pour la notification des inventaires annuels des gaz à effet de serre (les lignes directrices), adoptées par la dix neuvième Conférence des Parties de la CCNUCC (COP 19²), à Varsovie en novembre 2013. Selon ces lignes directrices révisées, il faudra utiliser les *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*³ afin d'établir les estimations de l'inventaire, produire une déclaration sur les nouveaux GES et

2 La décision 24/CP.19 peut être consultée à l'adresse : <http://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/eng/10a03.pdf#page=2> (en anglais seulement).

3 Les *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* se trouvent à l'adresse suivante : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html>.

1 On peut consulter le rapport d'examen annuel de 2012, intitulé *Report of the individual review of the annual submission of Canada submitted in 2012*, à l'adresse suivante : http://unfccc.int/documentation/documents/advanced_search/items/6911.php?prifref=600007434 (en anglais seulement).

utiliser les données sur le potentiel de réchauffement planétaire tirées du Quatrième Rapport d'évaluation du GIEC⁴.

4 Les données sur le potentiel de réchauffement planétaire du *Quatrième Rapport d'évaluation du GIEC : Changements climatiques 2007* se trouvent à l'adresse suivante : http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html (en anglais seulement).

Tableau 9-3 Améliorations fondées sur les récentes recommandations de l'EEE

Secteur	Catégorie	Sommaire des recommandations de l'EEE*	Situation
Énergie	Énergie – Aperçu du secteur	50. Améliorations en matière de transparence	Recommandation prise en compte dans le RIN de 2014 : 1) gaz naturel importé – voir l'annexe 8 du RIN 2) données sur la production de charbon – voir l'annexe 3.1 du RIN
	Combustion de sources fixes : Combustibles solides, liquides et gazeux – CO ₂ , CH ₄ et N ₂ O	62. Expliquer l'écart entre les données sur le bilan énergétique et les données dans les tableaux du CUPR dans le prochain RIN, de manière à accroître la transparence.	Recommandation prise en compte dans le rapport de 2014 : A ₂ .4.2.1 – Transport routier (catégorie 1.A.3.b du CUPR)
	Transport routier : Combustibles liquides et biomasse – CO ₂ , CH ₄ et N ₂ O	63. Fournir un complément d'information sur les données d'activités relatives aux biocombustibles dans le RIN.	Recommandation prise en compte dans le rapport de 2014 : A ₂ .4.2.1 – Transport routier (catégorie 1.A.3.b du CUPR)
	Transport routier : Combustibles liquides et biomasse – CO ₂ , CH ₄ et N ₂ O	64. Le Canada calcule les émissions de GES attribuables au transport routier selon une approche de niveau 3; la consommation de combustibles est calculée au moyen de méthodes descendantes et ascendantes. Il faudrait présenter les résultats du calcul de la consommation de combustibles au moyen des méthodes descendantes et ascendantes et expliquer dans le RIN que tous les combustibles sont pris en compte, conformément aux Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques.	Recommandation prise en compte dans le rapport de 2014 : A ₂ .4.2.1 – Transport routier (catégorie 1.A.3.b du CUPR)
Procédés industriels et utilisation de solvants et d'autres produits	Production de chaux – CO ₂	72. Fournir, dans le prochain rapport d'inventaire annuel, les renseignements supplémentaires suivants : des précisions quant à savoir si les données sur les activités figurant dans les tableaux du CUPR sont les valeurs corrigées ou initialement indiquées; des séries chronologiques des données sur les activités de production de chaux à forte teneur en calcium et de chaux dolomitique; une explication de la forte diminution de la contribution de la chaux dolomitique pendant les périodes 1999–2000 et 2008–2009.	Les données sur les activités présentées dans les tableaux du CUPR correspondent à la production totale de chaux à l'échelle nationale, incluant la teneur en eau de l'hydroxyde de calcium. Les données sur les activités dans les tableaux du CUPR pour 2014 ont été établies en regard du « poids sec », ainsi qu'il est indiqué dans le RIN. D'autres informations en ce qui concerne la répartition entre les deux types de production chaux – dolomitique et à forte teneur en calcium – sont fournies au chapitre 4 du RIN de 2014; on y trouve aussi des explications sur la baisse de la part relative à la chaux dolomitique par rapport à la production totale de chaux au cours des périodes 1999–2000 et 2008–2009. L'information sur la forte diminution de la part relative à la chaux dolomitique pour les périodes 1999–2000 et 2008–2009 est présentée à la section 4.3.2 du chapitre 4.
	Sidérurgie – CO ₂	73. Accroître la transparence quant à l'utilisation de coke métallurgique et d'autres agents réducteurs pour la sidérurgie dans les secteurs des Procédés industriels et de l'Énergie dans le prochain rapport d'inventaire annuel.	D'autres informations sont données au chapitre 4, Procédés industriels, du RIN de 2014. Des renseignements supplémentaires sur l'utilisation d'agents réducteurs, autres que le coke, pour la sidérurgie sont présentés à la section 4.16.2 du RIN de 2014. À l'annexe 3.2, une section donnant des précisions sur d'autres agents réducteurs a été ajoutée.
	Sidérurgie – CO ₂	74. Corriger la mention de « données confidentielles » relativement à la production de gueuse de fonte; améliorer les procédures de contrôle de la qualité de manière à éviter que ce type d'erreur se répète.	Seules les données de 2009 sont considérées comme étant confidentielles, tel qu'il est indiqué au tableau du CUPR. Le texte au chapitre 4 du rapport de 2014 a été modifié en conséquence.

Tableau 9-3 Améliorations fondées sur les récentes recommandations de l'EEE (continué)

Secteur	Catégorie	Sommaire des recommandations de l'EEE*	Situation
Procédés industriels et utilisation de solvants et d'autres produits (continué)	Sidérurgie – CO ₂	75. Mettre en œuvre une recommandation formulée dans le précédent rapport destinée à accroître la transparence des déclarations relativement aux technologies utilisées par les quatre établissements intégrés de sidérurgie situés au Canada, comme l'indique la méthode d'estimation de niveau 2 du GIEC	Ce point a été pris en compte dans le RIN de 2014. D'autres informations sur les processus sidérurgiques sont fournies à la section 4.16.1. À l'annexe 3.2, une section donnant des précisions sur les technologies a été ajoutée.
	Consommation d'halocarbures et de SF ₆ – HFC, PFC et SF ₆	77. Le RIN donne des explications sur les coefficients d'émission et sur les hypothèses sous-jacentes utilisées pour établir des estimations des émissions de HFC (1996–2009) et de PFC (1995–2009), mais il faut préciser si, en 2010, la même méthode a été utilisée pour estimer les émissions de HFC et de PFC.	Ce point a été pris en compte à la section 4.20.1.2 du chapitre 4 du RIN de 2014.
	Utilisation de calcaire et de dolomite – CO ₂	79. Inclure la répartition de l'utilisation de calcaire et de dolomite dans le prochain rapport d'inventaire annuel.	D'autres renseignements sont fournis à la section 4.4.2 du chapitre 4 du RIN de 2014. Le tableau 4-3 porte sur la répartition de la consommation de calcaire et de dolomite dans le secteur de la sidérurgie (le principal consommateur de dolomite).
ATCATF	Aperçu du secteur	89. Des améliorations au système d'AQ/CQ sont nécessaires et devront être documentées dans le prochain rapport d'inventaire annuel.	Le Canada a amélioré la documentation concernant les processus de CQ dans le RIN de 2014, plus particulièrement les sous-sections « AQ/CQ et vérification » aux points 7.3.1.3, 7.3.2.4, 7.4.1.1, 7.4.1.2, 7.4.1.3, 7.4.1.4, 7.4.2.2, 7.5.1.4, 7.6.1.4, 7.6.2.3, 7.7.1.1, 7.7.2.4 et 7.8.3.
	Aperçu du secteur	90. Déclaration obligatoire des réservoirs et des zones qui portent la mention « NE » dans certaines sous-catégories de l'ATCATF pour lesquelles il existe des méthodes d'estimation par défaut dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques, notamment les catégories des terres converties en prairies et les prairies dont la vocation n'a pas changé.	Le Canada a fait certains progrès en ce qui concerne la déclaration des réservoirs et des zones obligatoires portant la mention « NE » dans certaines sous-catégories de l'ATCATF pour lesquelles des méthodes d'estimation par défaut sont décrites dans les recommandations concernant les bonnes pratiques. La base de données, les méthodes d'inventaire, la documentation et les archives élaborées aux fins du RIN de 2014 comprennent la présentation des méthodes et des estimations pour les prairies dont la vocation n'a pas changé et le brûlage des prairies aménagées. D'autres renseignements sont fournis à la section 7.5.1 du chapitre 7, Prairies dont la vocation n'a pas changé, à l'annexe 3.4.3.2, Prairies converties en terres cultivées et à l'annexe 3.4.4.1, Prairies dont la vocation n'a pas changé.
	Aperçu du secteur	90. Améliorer les déclarations en ce qui concerne les réservoirs de ces sous-catégories qui portent actuellement la mention « NE ».	Le Canada s'est efforcé de recueillir des données sur les activités relativement au brûlage des prairies aménagées pour toute la série chronologique. À l'aide des coefficients d'émission par défaut établis par le GIEC, le Canada a pu fournir des estimations des émissions issues du brûlage des prairies aménagées dans le RIN de 2014. D'autres informations sont présentées à la section 7.5.1 du chapitre 7, Prairies dont la vocation n'a pas changé, et à l'annexe 3.4.4.1, Prairies dont la vocation n'a pas changé.
	Terres converties en terres cultivées – CO ₂	92. Inclure une évaluation, réalisée au moyen des valeurs par défaut sur la biomasse, des changements à la biomasse aérienne associés à la conversion de prairies en terres cultivées, ou bien fournir des données à l'appui de l'hypothèse selon laquelle ces changements des stocks de C sont négligeables.	Dans le RIN de 2014, le Canada a justifié le fait qu'il n'y a pas de différences importantes de la biomasse aérienne avant et après la conversion de prairies en terres cultivées en se fondant sur des résultats récents de Barley et Liang (2013). D'autres informations sont présentées à la section 7.4.2.2 du chapitre 7, Prairies dont la vocation n'a pas changé, et à l'annexe 3.4.3.2, Prairies converties en terres cultivées.
	Combustion de la biomasse – CH ₄ et N ₂ O	94. Inclure, dans le prochain rapport d'inventaire annuel, des estimations quant à la combustion de la biomasse pour la sous-catégorie des Prairies.	Récemment, une étude a été réalisée afin de fournir les données sur les activités nécessaires à la déclaration concernant la combustion de biomasse des prairies, et le Canada a présenté

Tableau 9-3 Améliorations fondées sur les récentes recommandations de l'EEE (continué)

Secteur	Catégorie	Sommaire des recommandations de l'EEE*	Situation
ATCATF (continué)	Combustion de la biomasse – CH ₄ et N ₂ O (continué)		des estimations des émissions issues du brûlage des prairies aménagées dans le RIN de 2014. D'autres informations sont présentées à la section 7.5.1 du chapitre 7, Prairies dont la vocation n'a pas changé, et à l'annexe 3.4.4.1, Prairies dont la vocation n'a pas changé.
Déchets	Traitement des eaux usées – CH ₄	99. Les émissions de méthane produites par les boues d'épuration industrielles et les boues d'épuration domestiques et commerciales devraient porter la mention « inexistantes » (en anglais NO pour not occurring) plutôt que la mention « non estimées » (NE), et les données pertinentes devraient être mises à jour en conséquence dans les tableaux du CUPR du prochain rapport d'inventaire annuel.	Les émissions de méthane produites par les boues d'épuration industrielles et les boues d'épuration domestiques et commerciales sont considérées comme étant inexistantes (NO). Des changements ont été apportés aux cotes dans le CUPR, et d'autres détails sont présentés à l'annexe A.3.5.4 du RIN de 2014.

* Dans cette colonne, le nombre renvoie au paragraphe du document intitulé Report of the Individual Review of the Annual Submission of Canada Submitted in 2012, où il est question de chacune des recommandations indiquées.

Tableau 9-4 Principales améliorations prévues

Catégorie	Améliorations	Description	Fondement de l'amélioration prévue
Énergie – Généralités	Amélioration de l'exactitude du rapport d'inventaire annuel en ce qui concerne le coke dans le tableau 1.A(d) du CUPR.	Une étude portant sur le coke est en cours en vue d'examiner le coefficient d'émission de la combustion du coke.	Recommandation d'une EEE de la CCNUCC
Énergie – Généralités	Réattribution des émissions issues de l'incinération des déchets avec récupération d'énergie à la catégorie des industries énergétiques	"Une enquête sur les activités d'incinération des déchets est en cours pour les dernières années. L'intégration des données recueillies ainsi que des données des enquêtes précédentes et la réattribution subséquente des émissions estimatives pertinentes au secteur de l'énergie seront examinées par la Partie dans le but d'en vérifier l'exhaustivité et l'exactitude avant de les intégrer dans les prochains rapports d'inventaire annuels.	Recommandation d'une EEE de la CCNUCC
Énergie – Pétrole et gaz naturel (catégorie 1.A.1, 1.B.2 du CUPR)	Mise à jour du modèle relatif au pétrole et au gaz classique grâce aux dernières connaissances et données sur les émissions de GES de cette industrie,	On procède actuellement à une étude pluriannuelle destinée à mettre à jour les émissions de GES attribuables aux activités des segments d'amont de l'industrie du pétrole brut et du gaz naturel classique par l'ajout de nouvelles données et connaissances. Les résultats de l'étude seront soumis à un processus de révision avant d'être intégrés à l'inventaire national.	Amélioration continue
Énergie – Transport routier (catégorie 1.A.3.B du CUPR)	Compilation de meilleures données sur l'activité routière.	Les descriptions continues du parc de véhicules routiers (marque, modèle, année de modèle, nombre de véhicules) et les données sur le rendement (taux de consommation de carburant, taux annuel d'accumulation de kilométrage) évoluent à mesure que l'on dispose de nouvelles données et de nouvelles connaissances.	Recommandation d'une EEE de la CCNUCC / Amélioration continue
Procédés industriels – Production de ciment – CO ₂	Élaboration d'un coefficient d'émission propre au pays fondé sur les données de l'industrie canadienne fournie par EC.	L'Association canadienne du ciment (ACC) a présenté ses données opérationnelles (émissions de CO ₂ et niveaux de production de clinker) regroupées à l'échelle nationale, pour la période 1990–2011; ces données serviront de base à l'élaboration d'un nouveau coefficient d'émission propre au Canada.	Recommandation d'une EEE de la CCNUCC

Tableau 9-4 Principales améliorations prévues (continué)

Catégorie	Améliorations	Description	Fondement de l'amélioration prévue
Procédés industriels – Consommation d'halocarbures et de SF ₆ – HFC, PFC et SF ₆	Augmenter l'exactitude de la déclaration relative aux émissions de HFC issues de la consommation d'halocarbures par l'élaboration de coefficients d'émission propre au pays.	Une étude a été entreprise en vue d'établir des coefficients d'émission propres au pays pour les HFC. Avant d'utiliser ces coefficients dans le RIN, il faudra que l'organisme responsable de l'inventaire au Canada, de concert avec l'industrie et d'autres organismes semblables, en fasse la vérification. En outre, un atelier sera organisé pour préciser les coefficients d'émission du rapport avant la mise en application des coefficients d'émission définitifs. Par conséquent, les résultats de cette étude seront probablement intégrés dans le rapport d'inventaire annuel de 2015.	Recommandation d'une EEE de la CCNUCC
Procédés industriels – Autres (procédés industriels) – CO ₂	Introduction d'une nouvelle méthode d'estimation du CO ₂ , fondée sur les Lignes directrices 2006 du GIEC, pour estimer les émissions découlant de la production de carbure et d'autres produits pétrochimiques (éthylène, styrène, méthanol, etc.) qui fait intervenir l'utilisation d'hydrocarbures comme matière première, pour le rapport d'inventaire annuel de 2015.	Actuellement, le Canada ne produit pas de carbure. Le carbure (seulement dans le cas du CH ₄) est déclaré séparément dans les tableaux du CUPR du RIN de 2014, dans le sous-secteur des produits chimiques (2.B.4). On commencera à utiliser la méthode d'estimation du CO ₂ pour la production de carbure et les autres utilisations d'hydrocarbures comme matière première pour des procédés de production dans le rapport de 2015.	Recommandation d'une EEE de la CCNUCC
Agriculture – Fermentation entérique et gestion des fumiers (catégorie 4.A/4B du CUPR)	Amélioration de la capacité de tenir compte des changements dans les pratiques agricoles pour produire des estimations des émissions.	Intégration des séries chronologiques de données de nutrition pour certaines catégories d'animaux.	Amélioration continue
Agriculture – Gestion des fumiers (catégorie 4B du CUPR)	Intégration de nouvelles données sur les systèmes de gestion des fumiers.	Amélioration de la capacité de tenir compte des changements de pratiques agricoles dans l'établissement des émissions estimatives.	Amélioration continue
Agriculture – Sols agricoles (catégorie 4D du CUPR)	Émissions d'oxyde de diazote attribuables aux animaux d'élevage dans les pâturages, les grands parcs et les enclos.	Le travail de recherche sur la collecte de données sur les flux de N ₂ O imputables au fumier produit sur les pâturages, dans les grands parcs et dans les enclos de l'est et de l'ouest du Canada a commencé en 2009, et les résultats de ce projet serviront à établir des coefficients d'émission propre au pays et seront mis en application dans le rapport d'inventaire de 2015.	Amélioration continue
Agriculture – Sols agricoles (catégorie 4D du CUPR)	Émissions d'oxyde de diazote attribuables aux déperditions de carbone organique du sol des terres cultivées et des terres humides dont la vocation n'a pas changé.	Les déperditions de carbone organique du sol des terres cultivées dont la vocation n'a pas changé sont converties en pertes d'azote du sol en utilisant un rapport C:N fixe ou variable. Dans les <i>Lignes directrices 2006 du GIEC</i> , cette perte d'azote est considérée comme une source d'azote entraînant des émissions d'oxyde de diazote (conformément aux <i>Lignes directrices 2006 du GIEC</i>). Lorsque les <i>Lignes directrices 2006 du GIEC</i> seront mises en œuvre en 2015, l'inclusion de cette nouvelle source entraînera une augmentation des émissions par rapport à 0,58 Mt d'éq. CO ₂ en 1990, une pointe de 0,68 Mt d'éq. CO ₂ en 2001, et une diminution jusqu'à 0,59 Mt d'éq. CO ₂ en 2010 (d'après la déclaration du RIN de 2012).	Amélioration continue

Tableau 9-4 Principales améliorations prévues (continué)

Catégorie	Améliorations	Description	Fondement de l'amélioration prévue
ATCATF – Conversion des terres forestières – FCTC, FCTH, FZPE (catégories 5.B.2, 5.D.2, 5.E.2 du CUPR)	Efforts continus pour améliorer les estimations de la conversion des terres forestières et à réduire l'incertitude des estimations.	L'ajout d'une nouvelle période de cartographie (datant de 2012) aura pour effet de réduire les incertitudes associées à l'extrapolation des données sur les activités. D'autres travaux, comme les activités continues de contrôle de la qualité, l'ajout d'un nouvel échantillonnage et une cartographie perfectionnée, permettront aussi d'améliorer les estimations.	Amélioration continue
Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé (catégorie 5.B du CUPR)	Émissions de CO ₂ provenant des engrais azotés qui contiennent du carbone.	Lorsque de l'urée ou des engrais azotés à base d'urée sont utilisés pour des cultures agricoles, du CO ₂ est rejeté après l'hydrolyse. La quantité de CO ₂ rejeté dans l'atmosphère est pris en compte dans les émissions (GIEC, 2006). L'utilisation d'engrais azotés à base d'urée a fortement augmenté depuis 1990, tout comme les émissions de CO ₂ , passant d'environ 0,8 Mt d'éq. CO ₂ en 1990 à 1,7 Mt d'éq. CO ₂ en 2011.	Amélioration continue
ATCATF – Terres humides (catégorie 5. D du CUPR)	Terres humides (extraction de tourbe) – Émissions hors site attribuables à la tourbe horticole.	Pour estimer les émissions attribuables à la tourbe, les Lignes directrices 2006 du GIEC fournissent une méthode de niveau 1 dans laquelle on considère que tout le carbone de la tourbe horticole est rejeté durant l'année d'extraction. L'objectif du Canada serait de fournir des estimations s'appuyant sur une méthode de niveau 2, avec des coefficients d'émission propres au pays.	Amélioration continue
ATCATF – Terres converties en terres forestières – CO ₂ , CH ₄ et N ₂ O	Fournir un plan et un échéancier pour l'estimation et la déclaration des incertitudes dans toutes les sous-catégories de l'ATCATF.	Les mises à jour des incertitudes dans toutes les sous-catégories de l'ATCATF se feront probablement après le RIN de 2015, en prenant en considération la mise en application des Lignes directrices 2006 du GIEC.	Recommandation d'une EEE de la CCNUCC
Autre : Produits ligneux récoltés (catégorie 5.G du CUPR)	Terres forestières dont la vocation n'a pas changé – Produits ligneux récoltés (CO ₂)	Il est prévu d'améliorer la méthode de production de manière à intégrer les émissions différées de carbone attribuables au stockage de longue durée du carbone dans les produits ligneux récoltés.	Respecter les obligations futures en matière de déclaration par la mise en œuvre des Lignes directrices 2006 du GIEC.
Déchets – Enfouissement des déchets solides – CH ₄ (catégorie 6.A.1 du CUPR)	Mise à jour des données sur la composition des déchets et des valeurs connexes sur le carbone organique dégradable, en vue d'améliorer l'exactitude des estimations des émissions pertinentes.	Une étude pluriannuelle a été entreprise et il est probable que des améliorations seront introduites dans le RIN de 2016.	Recommandation d'une EEE de la CCNUCC

Références

Sommaire

[CAIT] Climate Analysis Indicators Tool. 2013. CAIT 2.0. Washington (DC): World Resources Institute. Disponible en ligne à l'adresse <http://cait2.wri.org>

Environnement Canada. 2013. Tendances en matière d'émissions au Canada 2013. Disponible en ligne à l'adresse <http://www.ec.gc.ca/Publications/default.asp?lang=Fr&xml=1723EA20-77AB-4954-9333-69D1C4EBD0B2>

Environnement Canada. 2014. Points saillants de la sixième communication nationale du Canada et du premier rapport biennal sur les changements climatiques, 2014. Disponible en ligne à l'adresse <http://www.ec.gc.ca/Publications/default.asp?lang=Fr&xml=109109A8-6636-418C-B743-94CD3459FB6B>

[RNCAN] Ressources naturelles du Canada. 2013. Évolution de l'efficacité énergétique au Canada de 1990 à 2010, Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles du Canada, Ottawa, no M141-1/2010 au catalogue.

Statistique Canada. 2013a. CANSIM Tableau 051 0001 : Estimations de la population, selon le group d'âge et le sexe au 1^{er} juillet, Canada, provinces et territoires. Annuel. CANSIM (base de données). Disponible en ligne à l'adresse <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?id=0510001&pattern=&p2=-1&p1&tabMode=dataTable&stByVal=1&paSer=&csid=&retrLang=fra&lang=fra>

Statistique Canada. 2013b. CANSIM Tableau 403-0001 : Enquête sur le camionnage pour compte d'autrui, origine et destination des marchandises. CANSIM (base de données).

Statistique Canada. 2013c. CANSIM Tableau 403-0004 : Enquête sur l'origine et la destination des marchandises transportées par camion (ODMTC), l'industrie du camionnage. Annuel. CANSIM (base de données).

Chapitre 1, Introduction

CAIT. Climate Analysis Indicators Tool. 2013. Version 2.0. Washington (DC) : World Resources Institute. Disponible en ligne : <http://cait.wri.org/cait.php?page=yearly&mode=view>.

CCNUCC. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. 2008. Report of the review of the initial report of Canada. Avril. FCCC/IRR/2007/CAN. Disponible en ligne : <http://unfccc.int/resource/docs/2008/irr/can.pdf>.

CCNUCC. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. 2013. Données présentées dans les inventaires de gaz à effet de serre pour la période 1990-2011, novembre 2013, FCC/SBI/2013/19. Disponible en ligne : http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/items/4146.php.

Environnement Canada. 2013. Bulletin des tendances et des variations climatiques – 2012, Environnement Canada. Disponible en ligne : <http://ec.gc.ca/adsc-cmda/default.asp?lang=Fr&n=77842065-1>.

Environnement Canada. 2014. Données recueillies auprès des installations sur les gaz à effet de serre – Aperçu des émissions déclarées en 2012. Environnement Canada. Disponible en ligne : <http://www.ec.gc.ca/ges-ghg/default.asp?lang=En&n=8044859A-1>

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 1995. Climate Change 1995 : The Science of Climate Change. Contribution du Groupe de travail I au Deuxième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, p. 22. Cambridge University Press. Cambridge, Royaume-Uni. (Le rapport principal n'est pas disponible en français.)

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. Recommandations 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.htm/.

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 d'utilisation des terres et foresterie, 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. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, 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/2006gl/french/index.html>.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group 1 to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, [Stocker, T., D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P. Midgley (dir.)]. Cambridge University Press. Cambridge, Angleterre. Disponible en ligne : <http://www.climatechange2013.org/report/>.

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 pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée 1996, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Organisation de coopération et de développement économiques et Agence internationale de l'énergie. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/french.htm>.

Hengeveld H., B. Whitewood et A. Ferguson. 2005. An Introduction to Climate Change – A Canadian Perspective. Ottawa (Ontario) : Environment Canada.

OMM. Organisation météorologique mondiale. 2013. WMO Greenhouse Gas Bulletin: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2012. 6

novembre 2013. No. 9. Disponible en ligne : <http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/GHGBulletin.html>

Statistiques Canada. 2013. Tableau CANSIM 051 0001 Estimations de la population, selon le groupe d'âge et le sexe au 1er juillet, Canada, provinces et territoires, annuel. CANSIM (base de données). Disponible en ligne : <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26j?sessionId=5BF8699599AC8F930132BEC1383B425D?id=0510001&pattern=&p2=-1&p1=1&tabMode=dataTable&stByVal=1&pSer=&csid=&retrLang=fra&lang=fra>.

Chapitre 2, Tendances des émissions de gaz à effet de serre, 1990–2012

AER. Alberta Energy Regulator. 2013. Alberta's Energy Reserves 2012 and Supply/Demand Outlook 2013–2022: ST₉₈-2013. Disponible en ligne : <http://www.aer.ca/data-and-publications/statistical-reports/st98>

Allen D.T., V.M. Torres, J. Thomas, D.W. Sullivan, M. Harrison, A. Hendler, S.C. Herndon, C.E. Kolb, M.P. Fraser, A.D. Hill et col-lab. 2013. Measurements of methane emissions at natural gas production sites in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 110 no 44, 17768–17773, doi: 10.1073/pnas.1304880110.

ACPP. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2011. 2011 CAPP Crude Oil Forecast, Markets & Pipeline Report – Production and Supply Data, juin 2011. Disponible en ligne : <http://www.capp.ca/forecast>.

ACPP. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2013. Statistical Handbook for Canada's Upstream Petroleum Industry. Table 5.5g Reference Crude Oil Prices and Foreign Exchange Rates – Bow River @ Hardisty. Mise à jour : novembre 2013. Disponible en ligne : <http://www.capp.ca/library/statistics/handbook>.

AMEC. 2006. Identifying and Updating Industrial Process Activity Data in the Minerals Sector for the Canadian Greenhouse Gas Inventory, rapport inédit, Mississauga (Ontario), AMEC Earth & Environmental, une division d'AMEC Americas Ltd. Mars.

Baymag. 2011. Site Internet de l'entreprise, consulté le 16 février 2012. <http://www.baymag.com/applications/index.php>.

Cheminfo. 2006. Improvements and Updates to Certain Industrial Process and Solvent Use –Related Sections in Canada's Greenhouse Gas Inventory, Cheminfo Services Inc.

Environnement Canada. 2013a. A Review of Canadian Non-Hazardous Waste Export Quantities to the United States. Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada.

Environnement Canada. 2013b. An Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada 2010 and 2011. Pollutant Inventories and Reporting Division, Environnement Canada.

Environnement Canada. 2013c. Unpublished data from a waste incineration survey for the data years 2010 and 2011. Division des inventaires et rapports sur les polluants, 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/gpplulucf/gpplulucf_languages.htm.

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> (le titre anglais Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories fait référence à une série de trois volumes dont le deuxième a été traduit en français).

Kurz, W.A., C.H. Shaw, C. Boisvenue, G. Stinson, J. Metsaranta, D. Leckie, A. Dyk, C. Smyth et E.T. Neilson. 2013. Carbon in Canada's boreal forest — A synthesis. *Environmental Reviews*. Disponible en ligne : <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/er-2013-0041>.

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 2006. Document d'information. Le dossier de l'expédition au Michigan des déchets provenant de l'Ontario. Disponible en ligne : <http://www.ene.gov.on.ca/envision/news/2006/083101mb-fr.pdf>.

ONÉ. Office national de l'énergie. 2006. Les sables bitumineux du Canada – Perspectives et défis jusqu'en 2015 : mise à jour. Document mis à jour en juin 2006; consulté en mars 2010. Disponible en ligne : <http://www.neb.gc.ca/clf-nsi/rnrgynfmrtn/rnrgyrprt/lsnd/lsnd-fra.html>.

ONÉ. Office national de l'énergie. 2013. Avenir énergétique du Canada 2013 - Offre et demande énergétiques à l'horizon 2025. [novembre 2013]. Disponible en ligne : <http://www.neb-one.gc.ca/clf-nsi/rnrgynfmrtn/rnrgyrprt/rnrgyfrtr/rnrgyfrtr-fra.html>.

RNCan. Ressources naturelles Canada. 2007. Annuaire des minéraux du Canada – Silice/quartz. Secteur des minéraux et des métaux, Ressources naturelles Canada. Disponible en ligne : <http://www.rnrcan-rncan.gc.ca/mms-smm/busi-indu/cmy-amc/com-fra.htm#Schiste>.

RNCan. Ressources naturelles Canada. 2013a. Base de données complète sur la consommation d'énergie. Ottawa, Office de l'efficacité énergétique, révisé le 19 mars 2013; cité le 30 janvier 2014. Disponible en ligne : http://oee.rnrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/evolution_res_ca.cfm?attr=0.

RNCan. Ressources naturelles Canada. 2013b. Tableaux d'analyse de l'Évolution de l'efficacité énergétique. Ottawa, Office de l'efficacité énergétique, révisé le 19 mars 2013; cité le 30 janvier 2014. Disponible en ligne : http://oee.rnrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/analyse_ca.cfm?attr=0.

Statistique Canada. 1990–2004a. Ciment. No 44 001 X au catalogue.

Statistique Canada. 1990–2004b. Production, transport et distribution d'électricité. No 57 202 XIB au catalogue.

Statistique Canada. 2000, 2003, 2004, 2007, 2008, 2010, 2013b. Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques. Système de comptabilité nationale du Canada, Statistique Canada. No 16F0023XWF au catalogue. Disponible en ligne : <http://www.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=16F0023X&CHROPG=1&lang=fra>.

Statistique Canada. 2004 2010a. Ciment, Tableau CANSIM 303 0060.

Statistique Canada. 2004 2010b. Ciment, Tableau CANSIM 303 0061.

Statistique Canada. 2005–2012a. Tableau CANSIM 127 0006.

Statistique Canada. 2005–2012b. Tableau CANSIM 127 0007.

Statistique Canada. 2007. Certaines données chronologiques du Recensement de l'agriculture. No 95 632 X du catalogue. Disponible en ligne : <http://www5.statcan.gc.ca/olc-cel/olc.action?ObjId=95-632-X&ObjType=2&lang=fr&limit=0>.

Statistique Canada. 2009. Indice des prix des produits agricoles. No 21 007 XWF au catalogue. Disponible en ligne : <http://www.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=21-007-XWF&lang=fra>.

Statistique Canada. 2013a. Tableau CANSIM 403 0001 : Enquête sur le camionnage pour compte d'autrui, origine et destination des marchandises. CANSIM (base de données).

Statistique Canada. 2014a. Tableau CANSIM 126 0001: Approvisionnement et utilisation du pétrole brut et équivalent mensuel (mètres cubes x 1000). Disponible en ligne : <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?id=1260001&p2=9&tabMode=dataTable&p1=1&retrLang=fra&srchLan=-1&lang=fra>

Statistique Canada. 2014b. Tableau CANSIM 13 -0001 : Approvisionnements et utilisations du gaz naturel mensuel (mètres cubes x 1000) . Disponible en ligne : <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?id=1310001&p2=9&tabMode=dataTable&p1=1&retrLang=fra&srchLan=-1&lang=fra>

Statistique Canada. 2014c. Tableau CANSIM 129 001 – Statistiques d'exploitation des transporteurs de gaz naturel canadien. Disponible en ligne : <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?id=1290001&p2=9&tabMode=dataTable&p1=1&retrLang=fra&srchLan=-1&lang=fra>

Statistique Canada. Rapport sur la demande d'énergie–Demande au Canada. No 57 003 XIB au catalogue.

Chapitre 3, Énergie

AER. Alberta Energy Regulator. 2013. Alberta Mineable Oil Sands Plant Statistics, Monthly Supplement December 2012: ST39-2012. Disponible en ligne : <http://www.aer.ca/data-and-publications/statistical-reports/st39>

BioMer. 2005. Démonstration et évaluation du biodiésel pour les bateaux de croisière du Vieux-Port de Montréal et du lieu historique national du Canal-de-Lachine : rapport de fin de projet.

ACPP. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2005a. A National Inventory of Greenhouse Gas (GHG), Criteria Air

Contaminant (CAC) and Hydrogen Sulphide (H₂S) Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry, Vols. 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. Préparé pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers, Calgary (Alberta). Clearstone Engineering Ltd.

ACPP. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2006. An Inventory of GHGs, CACs, and H₂S Emissions by the Canadian Bitumen Industry : 1990 to 2003. Préparé pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers, Calgary (Alberta). Clearstone Engineering Ltd.

CCNUCC. Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. 2012. FCCC/ARR/2011/CAN. Report of the individual review of the annual submission of Canada submitted in 2011, Avril 2012. Disponible en ligne : <http://unfccc.int/resource/docs/2012/arr/can.pdf>

CGA. Canadian Gas Association. 1997. 1995 Air Inventory of the Canadian Natural Gas Industry. Calgary (Alberta). Radian International LLC.

CPPI. Canadian Petroleum Products Institute. 2004. Economic and Environmental Impacts of Removing Sulphur from Canadian Gasoline and Distillate Production, Calgary (Alberta). Levelton Consultants Ltd. en association avec Purvin & Gertz Inc. Août.

Environnement Canada. 2007. Bitumen-Oil Sands Extrapolation Model – Rev 3. Calgary (Alberta). Clearstone Engineering Ltd.

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.htm/.

GIEC/OCDE/AIE. 1997. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat/Organisation de coopération et de développement économiques/Agence internationale de l'énergie. Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée 1996, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Organisation de coopération et de développement économiques et Agence internationale de l'énergie. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/french.htm>

GRI. Gas Research Institute. 2000. Vented Emissions from Maintenance at Natural Gas Distribution Stations in Canada. Austin (TX): Radian International LLC.

ICF. 2004. Quantitative Assessment of Uncertainty in Canada's National GHG Inventory Estimates for 2001. Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par ICF Consulting. Septembre.

King, B. 1994. Management of Methane Emissions from Coal Mines: Environmental, Engineering, Economic and Institutional Implications of Options. Rapport préparé pour Environnement Canada par Neill and Gunter Ltd.

McCann, T.J. 1997. Fossil Fuel Energy Trade & Greenhouse Gas Emissions. Rapport non publié préparé pour Environnement Canada par T.J. McCann and Associates.

McCann, T.J. 2000. 1998 Fossil Fuel and Derivative Factors. Rapport préparé pour Environnement Canada par T.J. McCann and Associates Ltd.

Mourits, F. Mai 2008. Overview of the IEA GHG Weyburn-Midale CO₂ Monitoring and Storage Project: Presentation to Interdepartmental CCS Coordinating Committee. Ressources naturelles Canada. Mai 2008.

ONÉ. Office national de l'énergie. 1998-2012. Production estimative de pétrole brut et d'équivalents au Canada. Disponible en ligne : <http://www.neb.gc.ca/clf-nsi/rnrgynfmetn/sttstc/crdlndp-trlmpdct/stmtdprdctn-fra.html>.

PTRC. Petroleum Technology Research Centre. 2004. IEA GHG Weyburn CO₂ Monitoring & Storage Project Summary Report 2000–2004. Regina (Saskatchewan). Disponible en ligne : http://www.ptrc.ca/siteimages/Summary_Report_2000_2004.pdf.

PTRC. Petroleum Technology Research Centre. 2011. IEA GHG Weyburn-Midale CO₂ Monitoring and Storage Project Received Achievement Award from the Carbon Sequestration Leadership Forum in China. Disponible en ligne : http://www.ptrc.ca/siteimages/CSLF_Release_Final.pdf

SGA Energy Ltd. 2000. Emission Factors and Uncertainties for CH₄ & N₂O from Fuel Combustion. Rapport non publié préparé pour la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par SGA Energy Ltd.

Smyth, S. 2010. Fossil Fuel Import and Export models. Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada 2010.

Statistique Canada. Production, transport et distribution d'électricité (annuel). N° 57-202-XWF au catalogue.

Statistique Canada. Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada, (annuel). N° 57-003-XIB au catalogue.

U.S. EPA. United States Environmental Protection Agency. 1995a. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Vol. I: Stationary Point and Area Sources, AP 42. 5^e édition. Disponible sur demande auprès de National Technical Information Services, Springfield (Virginie) États Unis. Publication n° PB95-196028.

U.S. EPA. Environmental Protection Agency. 1995b. Protocol for Equipment Leak Emission Estimates, Emission Standards Division, Washington (D.C.) : U.S. Environmental Protection Agency. Rapport n° EPA-453/R-95-017.

WBCSD. World Business Council for Sustainable Development. 2011. Cement CO₂ and Energy Protocol. Version 3.04. Cement Sustainability Initiative.

Chapitre 4, Procédés industriels

AAC. Association de l'aluminium du Canada. 2002a. Entente particulière de réductions volontaires des gaz à effet de serre

au Québec, conclue entre le gouvernement du Québec et l'Association de l'aluminium du Canada. Gouvernement du Québec et AAC. Montréal (Québec). Janvier.

AAC. Association de l'aluminium du Canada. 2002b. Calculating Direct GHG Emissions from Primary Aluminium Metal Production, préparé par Alcan, et obtenu auprès de l'Association de l'aluminium du Canada (AAC), Montréal (Québec).

AIA. Association de l'industrie d'aluminium du Québec. 1993. The Aluminium Industry Today for the Needs of Tomorrow. Montréal (Québec).

Alcan. 2010. Alcan's response to EC's questions related to the UNFCCC In-Country Review of the Canadian GHG Inventory.

AMEC. 2006. Identifying and Updating Industrial Process Activity Data in the Minerals Sector for the Canadian Greenhouse Gas Inventory, Rapport non publié, Mississauga, Ontario. AMEC Earth & Environmental, une division d'AMEC Americas Ltd. Mars.

Bliss J.D., T.S. Hayes, et G.J. Orris. 2008. Limestone—A Crucial and Versatile Industrial Mineral Commodity. U.S. Geological Survey Fact Sheet 2008–3089, version 1.1, mise à jour août 2012.

British Geological Survey. 2006. Dolomite mineral planning fact sheet.

Cheminfo Services. 2002. Review of Canadian SF₆ Emissions Inventory. Rapport non publié. Markham (Ontario) : Cheminfo Services Inc. Septembre.

Cheminfo Services. 2005a. Improving and Updating Industrial Process-Related Activity Data and Methodologies in Canada's Greenhouse Gas Inventory, Sulphur Hexafluoride (SF₆) from Electrical Equipment. Rapport non publié. Markham (Ontario) : Cheminfo Services Inc. Mars.

Cheminfo Services. 2005b. Improving and Updating Industrial Process-Related Activity Data and Methodologies Used in Canada's Greenhouse Gas Inventory, Sulphur Hexafluoride Emissions from the Magnesium Casting Sector. Rapport final. Markham (Ontario) : Cheminfo Services Inc. Mars.

Cheminfo Services. 2005c. Improving and Updating Industrial Process-Related Activity Data and Methodologies Used in Canada's Greenhouse Gas Inventory, Hydrofluorocarbons (HFCs). Rapport final. Markham (Ontario) : Cheminfo Services Inc. Mars.

Cheminfo Services. 2006. Improvements and Updates to Certain Industrial Process and Solvent Use-Related Sections in Canada's Greenhouse Gas Inventory. Rapport final. Markham (Ontario) : Cheminfo Services Inc. Septembre.

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. Final Report. Markham (Ontario) : Cheminfo Services Inc. Décembre.

CIEEDAC. Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie. 2006. A Review of Energy Consumption in Canadian Oil Refineries 1990, 1994 to 2004. Université Simon Fraser, Burnaby (Colombie-Britannique). Mars.

CIEEDAC. Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie. 2010. *A Review of Energy Consumption and Related Data: Canadian Cement Manufacturing Industry, 1990 to 2008*. Université Simon Fraser, Burnaby (Colombie-Britannique). Janvier.

Environnement Canada (Division des gaz à effet de serre) et l'Association canadienne de l'électricité. 2008. *Protocole d'estimation et de déclaration des émissions de SF₆ pour les services d'électricité*.

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 : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/>.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2002. *Documents d'information – IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (section sur les émissions de HFC-23 découlant de la production de HCFC-22). Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/gpg-bgp.htm>.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices de 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, vol. 3, Procédés industriels et utilisation des produits*. Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol3.htm>.

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>.

GTIS. Global Trade Information Services Inc.. Canadian Soda Ash Import and Export Data. Données commerciales pour 1995–2006 extraites le 1^{er} octobre 2007; données pour 2007–2009 extraites le 21 juin 2010. Disponible en ligne : <http://www.gtis.com>.

HRAI. Heating, Refrigeration and Air Conditioning Institute of Canada. 2008. *HCFC Phase-Out Awareness*. Disponible en ligne : <http://www.hrai.ca/hcfcphaseout/index.html>.

IAI. International Aluminium Institute. 2006. *The Aluminium Sector Greenhouse Gas Protocol* (annexe au protocole sur les GES du WRI/WBCSD). Octobre. Disponible en ligne : <http://www.world-aluminium.org/?pg=/Downloads/Publications/Full%20Publication&path=344>.

ICF Consulting. 2004. *Quantitative Assessment of Uncertainty in Canada's National GHG Inventory Estimates for 2001*. Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada, par ICF Consulting. Septembre.

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 non publié. Préparé pour Environnement Canada par T.J. McCann and Associates. Mars.

Ministère de l'Environnement du Japon. 2009. *National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan*. Greenhouse Gas Inventory Office of Japan's Ministry of the Environment.

Ministère du Développement du Nord et des Mines (1989), *Limestone Industries and Resources of Central and Southwestern Ontario – Vol. III*, rapport préparé à l'intention de la Section des ressources en agrégats, de la Direction de la gestion des terres, du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario.

Ministry of Energy, Mines & Petroleum Resources. 2006–2011. *MINFILE Production Detail Report, 2006–2011*. BC Geological Survey.

Øye, H.P., et R. Huglen. 1990. Managing aluminium reduction technology—Extracting the most from Hall-Héroult. *Journal of the Minerals, Metals & Materials Society (JOM)*, 42(11) : 23–28.

RNCAN. Ressources naturelles Canada. *Annuaire des minéraux du Canada, 1990–2006*, (annuel), Secteur des minéraux et des métaux, Ressources naturelles Canada. Disponible en ligne : <http://www.nrcan-rncan.gc.ca/mms-smm/busi-indu/cmy-amc-fra.htm>.

SIDEX. 2004. 5th Strategic Diversification Newsletter: Exploration Outlook in Quebec for a Neglected Commodity, Société d'investissement dans la diversification de l'exploration. Mars. Disponible en ligne : <http://www.sidex.ca/Vpub/magnesite/Magnesite-presentation.pdf>.

Statistique Canada. *Ciment, 1990–2004* (mensuel), n° 44-001-XIB au catalogue.

Statistique Canada. *Produits chimiques industriels et résines synthétiques, 1990–2007* (mensuel). no 46 002 XIE au catalogue.

Statistique Canada. *Industries des produits minéraux non métalliques* (annuel), n° 44-250-XIE au catalogue (a cessé de paraître).

Statistique Canada. *Fer et acier primaire, 1990–2003* (mensuel), n° 41-001-XIB au catalogue.

Statistique Canada. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada, 1990-2011* (annuel). n° 57-003-XIB au catalogue.

Statistique Canada. *Acier, produits tubulaires et fil d'acier, 2004–2008, 2010* (mensuel), n° 41-019-XIE au catalogue.

Statistique Canada. 2008–2012. *Production de produits chimiques industriels et de résines synthétiques, annuel* (tonnes métriques), 2009–2011.

Statistique Canada. 2005 2009. *Base de données CANSIM. Tableau 303 0060 : Production, livraisons et inventaires de ciment, mensuel* (tonnes métriques). Disponible en ligne : <http://cansim2.statcan.ca/>.

Statistique Canada. 2011. Base de données CANSIM, tableau 303 0061 - Destination des livraisons de ciment, mensuel (tonnes métriques). Disponible en ligne : <http://cansim2.statcan.ca>.

Statistique Canada. 2010–2011. Base de données sur le commerce international canadien de marchandises, n° 65C-0003 au catalogue.

Université Laval. 1994. Polyfluorocarbons and the Environment (Their Effect on Atmospheric Equilibrium). Étude effectuée pour Environnement Canada par le Groupe de chimie analytique. Québec (Québec). Université Laval. Mars.

Willett, J.C. 2011. USGS 2011 Minerals Yearbook: Volume II—Stone, Crushed. [accès le 15 novembre 2013], Disponible en ligne : http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/stone_crushed/myb1-2011-stonc.pdf.

Chapitre 5, Utilisation de solvants et d'autres produits

Cheminfo Services. 2006. Improvements and Updates to Certain Industrial Process and Solvent Use-Related Sections in Canada's Greenhouse Gas Inventory. Rapport non publié. Markham (Ontario) : Cheminfo Services Inc. Septembre.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, vol. 3, Procédés industriels et utilisation des produits. 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/2006gl/french/vol3.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>

Statistique Canada. 2013. Estimations démographiques annuelles : Canada, provinces et territoires. N° 91-215-XWF au catalogue.

Chapitre 6, Agriculture

Boadi, D.A., K.H. Ominski, D.L. Fulawka et K.M. Wittenberg. 2004. Improving Estimates of Methane Emissions Associated with Enteric Fermentation of Cattle in Canada by Adopting an IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Tier-2 Methodology. Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Winnipeg (Manitoba) : Département de zootechnie, Université du Manitoba.

Campbell, C.A., R.P. Zentner, H.H. Janzen et K.E. Bowren. 1990. Crop Rotation Studies on the Canadian Prairie, Ottawa (Ontario) : Centre d'édition du gouvernement du Canada.

Campbell, C.A., H.H. Janzen, K. Paustian, E.G. Gregorich, L. Sherrod, B.C. Liang et R.P. Zentner. 2005. Carbon storage in soils of the North American Great Plains: effect of cropping frequency. *Agronomy Journal*, 97 : 349–363.

Coote, D.R., B.C. Liang et E.C. Huffman. 2008. Crop residue burning in Canada. Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada.

GIEC. 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. 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Vol. 4, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>.

GIEC/OCDE/AIE. 1997. Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée 1996, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Organisation de coopération et de développement économiques et Agence internationale de l'énergie. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/french.htm>.

Gregorich, E.G., P. Rochette, A.J. VandenBygaart et D.A. Angers. 2005. Greenhouse gas contributions of agricultural soils and potential mitigation practices in eastern Canada. *Soil & Tillage Research*, 83: 53–72.

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.

Jambert, C., R. Delmas, D. Serça, L. Thouron, L. Labroue et L. Delprat. 1997. N₂O and CH₄ emissions from fertilized agricultural soils in southwest France, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 48: 105–114.

Janzen, H.H., K.A. Beauchemin, Y. Bruinsma, C.A. Campbell, R.L. Desjardins, B.H. Ellert et E.G. Smith. 2003. The fate of nitrogen in agroecosystems: an illustration using Canadian estimates, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 67: 85–102.

Karimi-Zindashty Y, J.D. Macdonald, R.L. Desjardins, D. Worth, J.J. Hutchinson, X.P.C. Vergé. 2012. Sources of uncertainty in the IPCC Tier 2 Canadian livestock model. *The Journal of Agricultural Science*, 150: 556–559.

Karimi-Zindashty Y., J.D. Macdonald, R.L. Desjardins, D. Worth et B.C. Liang. 2014. Determining the uncertainty in agricultural nitrous oxide emissions for Canada. Manuscrit en préparation pour soumission à une revue scientifique.

- Liang, B.C., B.G. McConkey, C.A. Campbell, D. Curtin, G.P. Lafond, S.A. Brandt et A.P. Lafond. 2004b. Total and labile soil organic nitrogen as influenced by crop rotations and tillage in Canadian prairie soils, *Biology and Fertility of Soils*, 39: 249–257.
- Liang B.C., G. Padbury et G. Patterson. 2004a. Cultivated organic soils in Canada. Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Fontaine Building, 200 Sacré-Coeur, Gatineau, Québec.
- MacDonald, J.D., et B.C. Liang. 2011. Analysis of Canadian Quantification Methodologies of Greenhouse Gas emissions from Livestock : IPCC Tier 2 Quality Control Documentation 2011 submission. Rapport interne préparé par la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Gatineau (Québec), Canada.
- Malhi, S.S., et R. Lemke. 2007. Tillage, crop residue and N fertilizer effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality and nitrous oxide gas emissions in a second 4-yr rotation cycle. *Soil Tillage Research*. 96:269–283.
- Marinier, M., K. Clark et C. Wagner-Riddle. 2004. Improving Estimates of Methane Emissions Associated with Animal Waste Management Systems in Canada by Adopting an IPCC Tier 2 Methodology. Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par le Department of Land Resource Science. Université de Guelph, Guelph (Ontario).
- Marinier M., K. Clark et C. Wagner-Riddle. 2005. Determining manure management practices for major domestic animals in Canada. Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par le Department of Land Resource Science, Université de Guelph, Guelph (Ontario), Canada.
- McAllister TA, et J. Basarab. 2004. Examen du rapport intitulé « Improving Estimates of Methane Emissions Associated with Enteric Fermentation of Cattle in Canada by Adopting an IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Tier-2 Methodology ». Rapport présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par Agriculture et Agroalimentaire Canada, Lethbridge (Alberta) et le ministère de l'Agriculture de l'Alberta, Lacombe (Alberta).
- McConkey, B.G., C.A. Campbell, R.P. Zentner, F.B. Dyck et F. Selles. 1996. Long-term tillage effects on spring wheat production on three soil textures in the Brown soil zone, *Canadian Journal of Plant Science*, 76: 747–756.
- McConkey, B.G., B.C. Liang, C.A. Campbell, D. Curtin, A. Moulin, S.A. Brandt et G.P. Lafond. 2003. Crop rotation and tillage impact on carbon sequestration in Canadian prairie soils, *Soil & Tillage Research*, 74: 81–90.
- Mosier A, C. Kroeze, C. Nevison, O. Oenema, S. Seitzinger et O. van Cleemput. 1998. Closing the global N₂O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 52: 225–248.
- Patni N, et R. Desjardins. 2004. Commentaires sur le rapport intitulé « Determining Manure Management Practices for Major Domestic Animals in Canada », de Marinier *et al.* (2004). Rapport présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario).
- Rochette, P., et H.H. Janzen. 2005. Towards a revised coefficient for estimating N₂O emissions from legumes, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 73: 171–179.
- Rochette, P., D.A. Angers, M.H. Chantigny et N. Bertrand. 2008a. Nitrous oxide emissions respond differently in a loam and a heavy clay soil. *Soil Science Society of American Journal*. 72: 1363–1369.
- Rochette, P., D.E. Worth, R.L. Lemke, B.G. McConkey, D.J. Pennock, C. Wagner-Riddle et R.L. Desjardins. 2007. Estimation of N₂O emissions from agricultural soils in Canada. I. Development of a country-specific methodology, *Canadian Journal of Soil Science* 88: 641–654.
- Sheppard, S.C. et S. Bittman. 2011. Farm survey used to guide estimates of nitrogen intake and ammonia emissions for beef cattle, including early season grazing and phosphorus effects. *Animal Feed Science and Technology* 166-167: 688–698.
- Sheppard, S.C. et S. Bittman. 2012. Farm practices as they affect NH₃ emissions from beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 92(4):525–543.
- Sheppard, S.C., S. Bittman et J. Tait. 2009a. Monthly NH₃ emissions from poultry in 12 Ecoregions of Canada. *Canadian Journal of Animal Science* 89:21–35.
- Sheppard, S.C., S. Bittman, M. Beaulieu et M.I. Sheppard. 2009b. Ecoregion and farm-size differences in feed and manure nitrogen management: 1. Survey methods and results for poultry. *Canadian Journal of Animal Science* 89:1–19.
- Sheppard, S.C., S. Bittman, M.L. Swift et J. Tait. 2010. Farm practices survey and modelling to estimate monthly NH₃ emissions from swine production in 12 Ecoregions of Canada. *Canadian Journal of Animal Science* 90:145–158.
- Sheppard, S.C., S. Bittman, M.L. Swift, M. Beaulieu et M.I. Sheppard. 2011a. Ecoregion and farm size differences in dairy feed and manure nitrogen management: A survey. *Canadian Journal of Animal Science* 91:459–473.
- Sheppard, S.C., S. Bittman, M.L. Swift et J. Tait. 2011b. Modelling monthly NH₃ emissions from dairy in 12 Ecoregions of Canada. *Canadian Journal of Animal Science* 91:649–661.
- Statistique Canada. 2012. Tableau 95 640 XWE – Données sur les exploitations et les exploitants agricoles de 2011 (base de données). [consulté le 20 décembre 2012]. Disponible en ligne : <http://www29.statcan.gc.ca/ceag-web/fra/data-type-selection-type-donnees?geold=0>.

Chapitre 7, Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie

AAC. Agriculture et Agroalimentaire Canada. 1998. Le système canadien de classification des sols. Groupe de travail sur la classification des sols. Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada. Publication 1646, troisième édition, NRC Research Press.

- Bailey, A.W. et B.C. Liang BC. 2013. Burning of managed grasslands in Alberta, Saskatchewan and British Columbia. Western Rangeland Consultants Inc., Edmonton (Alberta); Division des inventaires et rapports sur les polluants, Environnement Canada, Gatineau (Québec).
- Bruce, J. P., M. Frome, E. Haites, H. Janzen, R. Lal et K. Paustian. 1999. Carbon sequestration in soils, *Journal of Soil Water Conservation*, 54:382–389.
- Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, F. Selles et D. Curtin. 1996. Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan, *Canadian Journal of Soil Science*, 76:395–401.
- Cleary, J. 2003. Greenhouse Gas Emissions from Peat Extraction in Canada : A Life Cycle Perspective. Mémoire de maîtrise, Université McGill, Montréal (Québec), Canada, rapport C2GCR n° 2003-1.
- Dyk, A., S. Tinis et D. Leckie. 2011. Deforestation Area Estimation for Canada : Quality Control Overview. Rapport interne DRS N-031, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. 9 p.
- Dymond, C. 2008. Overview QAQC Procedures for NIR 2009. Rapport interne. Ressources naturelles Canada – Service canadien des forêts. Victoria (Colombie-Britannique).
- Environnement Canada. 2003. Terres humides. Disponible en ligne : <http://www.ec.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=540B1882-1>.
- 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.htm.
- 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. Vol. 4, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.htm>.
- Groupe de travail national sur les terres humides. 1997. Le système de classification des terres humides du Canada. 2^e édition. Édité par B.G. Warner et C.D.A. Rubec (dir.). Waterloo (Ont.), Centre de recherche sur les terres humides, Université de Waterloo. Disponible en ligne : <http://www.portofentry.com/frenchWetlands.pdf>
- Hutchinson, J.J., P. Rochette, X. Verge, R. Desjardins et D. Worth. 2007. Uncertainties in Methane and Nitrous Oxide Emissions Estimates from Canadian Agroecosystems Using Crystal Ball. Rapport préliminaire présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par la Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada.
- Janzen, H.H., C.A. Campbell, E.G. Gregorich et B.H. Ellert. 1997. Soil carbon dynamics in Canadian agroecosystems. In R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett et B.A. Stewart (dir.). *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 on the Canadian prairies, *Soil & Tillage Research*, 47:181–195.
- Keys D. 1992. Canadian Peat Moss and the Environment. Issues Paper, n° 1992-3. North American Wetlands Conservation Council (Canada).
- Kull, S.J., G.J. Rampley, S. Morken, J. Metsaranta, E.T. Neilson, et W.A. Kurz. 2011. Modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien (MBC-SFC3) à l'échelle des opérations, Version 1.2: Guide de l'utilisateur. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alberta).
- Kurz, W.A. et M.J. Apps. 2006. Developing Canada's National Forest Carbon Monitoring, Accounting and Reporting System to Meet the Reporting Requirements of the Kyoto Protocol Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 11: 33–43.
- 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. 2011. Deforestation Area Estimation Uncertainty for Canada's National Inventory Report Greenhouse Gas Sources and Sinks 2011. Rapport interne DRS-N-0XX, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada. 12 p.
- Liang, B.C., G. Padbury et G. Patterson. 2004. Cultivated organic soils in Canada. Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada, Gatineau (Québec).
- Liang, B.C., C.A. Campbell, B.G. McConkey, B. Padbury et P. Collas. 2005. An empirical model for estimating carbon sequestration on the Canadian prairies. *Canadian Journal of Soil Science* 85:549–556.
- Marshall, I.B., et P. Shut. 1999. Cadre écologique national pour le Canada - Aperçu, Direction générale de la science des écosystèmes, Environnement Canada et Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada. Disponible en ligne : <http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/ecostrat/intro.html>.
- McConkey, B., B.C. Liang, C.A. Campbell, D. Curtin, A. Moulin, S.A. Brandt et G.P. Lafond. 2003. Crop rotation and tillage impact on carbon sequestration in Canadian prairie soils, *Soil & Tillage Research*, 74:81–90.

McConkey, B.G., A.J. VandenBygaart, J. Hutchinson, T. Huffman et T. Martin. 2007. Uncertainty Analysis for Carbon Change—Cropland Remaining Cropland. Rapport présenté à Environnement Canada par la Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Metsaranta, J., S. Morken et M. Hafer. 2011. Uncertainty Estimates: National Forest GHG Inventory Reporting for the 2011 National Inventory Report. Manuscrit inédit.

RNCan. Ressources naturelles Canada. 2005a. Initiative de l'Étude de faisabilité sur le boisement comme mode de piégeage du carbone (EFBMP) : analyse des politiques de boisement, Service canadien des forêts. Disponible en ligne : <http://scf.rnca.gc.ca/soussite/analysepolitique/initiativeetude>.

RNCan. Ressources naturelles Canada. 2005b. Programme d'évaluation et de démonstration de plantations (EDP) de Forêt 2020 : analyse des politiques de boisement, Service canadien des forêts. Disponible en ligne : <http://cfs.rnca.gc.ca/subsite/afforestation/forest2020pda>.

RNCan Ressources naturelles Canada. 2010. Inventaire forestier : Canada. Ressources naturelles Canada. Disponible en ligne : http://scf.rnca.gc.ca/profilstats/inventaire/canada?lang=fr_CA.

Stinson, G., W. Kurz, C.E. Smyth, E.T. Neilson, C.C. Dymond, J.M. Metsaranta, C. Boisvenue, G.J. Rampley, Q. Li, T.M. White et D. Blain. 2011. An inventory-based analysis of Canada's managed forest carbon dynamics, 1990 to 2008. *Global Change Biology*. doi:10.1111/j.1365-2486.2010.02369.x

VandenBygaart, A.J., E.G. Gregorich et D.A. Angers. 2003. Influence of agricultural management on soil organic carbon: A compendium and assessment of Canadian studies, *Canadian Journal of Soil Science*, 83:363–380.

VandenBygaart, A.J., B.G. McConkey, D.A. Angers, W. Smith, H. De Gooijer, M. Benthall et T. Martin. 2008. Soil carbon change factors for the Canadian agriculture national greenhouse gas inventory, *Canadian Journal of Soil Science* 88:671–680.

Waddington, J.M. et K.D. Warner. 2001. Restoring the carbon sink function of cut-over peatlands, *Écoscience*, 8(3):359–368.

White, T. et C. Dymond. 2008. NIR 2007 QAQC report. Rapport interne. Ottawa (Ontario) : Environnement Canada.

Chapitre 8, Déchets

AECOM Canada. 2010. Improved Methodology for the Estimation of Greenhouse Gases from Canadian Municipal Wastewater Treatment Facilities. 29 mars 2010.

AECOM Canada. 2012. Evaluation of Canada's Estimation Methodology of Nitrous Oxide Emissions from Human Sewage. Novembre 2012.

Bingemer, H.G. et P.J. Crutzen. 1987. The production of methane from solid wastes. *Journal of Geophysical Research* 92: 2181–2187.

CRA 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.

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. CRC Press. 1973.

Environnement Canada. 1996. Évaluation des aspects physiques, économiques et énergétiques de la gestion des déchets solides au Canada, série Perspectives sur la gestion des déchets solides au Canada, vol. I. Préparé pour Environnement Canada par Resource Integration Systems Ltd. Mars.

Environnement Canada. 1997, 1999b, 2001, 2003a. Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada. Bureau national de la prévention de la pollution.

Environnement Canada. 1999a. 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 énergétiques par Compass Environmental Inc.

Environnement Canada. 2003b. Inventaire national des gaz à effet de serre, 1990-2001, Division des gaz à effet de serre.

Environnement Canada. 2003c. 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 préparé par la Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada avec l'appui de l'Université du Manitoba.

Environnement Canada. 2009. An Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada 2006 and 2007. Rapport préparé par la Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada.

Environnement Canada. 2011a. An Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada 2008 and 2009. Rapport préparé par la Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada.

Environnement Canada. 2011b. Waste Incineration in Canada – a summary of facility level survey data 1990-2009. Rapport non publié préparé par la Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada.

Environnement Canada. 1941-2007. Données historiques sur les précipitations. Consulté en juin juillet 2008. Disponible en ligne : http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climateData/canada_f.html

Environnement Canada. 2013a. An Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada 2010 and 2011. Rapport préparé par la Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada.

Environnement Canada. 2013b. An Inventory of 2012 Waste Incineration Survey in Canada 2010 and 2011. Rapport interne non publié. Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada. Ottawa (Ont.).

EPA Environmental Protection Agency. 1995. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Vol. I, Stationary Point and Area Sources, Chapter 2: Solid Waste Disposal, 5^e édition, États-Unis. 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. 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.htm/

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>

ICF Consulting. 2004. Quantitative Assessment of Uncertainty in Canada's National GHG Inventory Estimates for 2001. Rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par ICF Consulting. Septembre.

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: season variations and methane emissions mitigation. *Cold Regions Science and Technology* 36:37–46.

McCann, T.J. 1994. Uncertainties in Canada's 1990 Greenhouse Gas Emission Estimates: A Quantitative Assessment. Préparé pour Environnement Canada par T.J. McCann and Associates. Mars.

NCASI. National Council for Air and Stream Improvement. 2003. Calculation Tools for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Wood Products Manufacturing Facilities. Rapport préparé par le National Council for Air and Stream Improvement, Inc.

Pelt, R., R.L. Bass, R.E. Heaton, C. White, A. Blackard, C. Burklin et A. Reisdorph. 1998. User's Manual Landfill Gas Emissions Model, Version 2.0. Rapport préparé pour le Control Technology Centre, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, par Radian International and the Eastern Research Group.

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 du Canada. Mars.

RTI Research Triangle Institute. 2004. Documentation for Changes to the Methodology for the Inventory of Methane Emissions from Landfills. Septembre 2004.

Statistique Canada. 2000, 2003, 2004, 2007a, 2008a, 2010b, 2013a. Enquête de l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques. Système de comptabilité national, Statistique Canada. N° 16F0023XIF au catalogue.

Statistique Canada. 2006. Statistiques démographiques annuelles. N° 91-213-XIB au catalogue.

Statistique Canada. 2007b, 2008b, 2010a. Statistiques sur les aliments. N° 21-020-XIF au catalogue.

Statistique Canada. 2013b. Estimations démographiques annuelles, Canada, provinces et territoires. N° 91-215-X au catalogue.

Tchobanoglous, G.H. et S. Vigil Theisen. 1993. Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues, McGraw Hill, New York, N.Y., États-Unis.

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.

Thompson, S. et S. Tanapat. 2005. Waste management options for greenhouse gas reduction, *Journal of Environmental Informatics* 6(1): 16–24.

