



Environnement  
Canada

Environment  
Canada

# Rapport d'inventaire national

1990–2011

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

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Canada

Vedette principale au titre :

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

Annuelle

1990/2011

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

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

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

Ce document est disponible 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.

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

On demande seulement :

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

Photo de couverture : © Photos.com – 2013

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

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

Also available in English



# 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 2011, qui ont contribué à améliorer le rapport de cette année.

## Résumé

Dominique Blain, Afshin Matin, Mark McGovern, Scott McKibbin, David Moore, Frank Neitzert, Lindsay Pratt, Steven Smyth.

## Chapitre 1 : Introduction

Douglas MacDonald, Loretta MacDonald, Afshin Matin, Jackie Mercer, Mark McGovern, David Moore, Lindsay Pratt, Emily West.

## Chapitre 2 : Tendances des émissions de gaz à effet de serre de 1990 à 2011

Warren Baker, Dominique Blain, Ana Blondel, Maxime Génier, Chia Ha, Shari Hayne, Chang Liang, Douglas MacDonald, Afshin Matin, Mark McGovern, Scott McKibbin, Frank Neitzert, Craig Palmer, Lindsay Pratt, Steve Smyth, Kristine Tracey.

## Chapitre 3 : Énergie (secteur 1 du CUPR)

Warren Baker, Maxime Génier, Chia Ha, Jason Hickey, Scott McKibbin, Frank Neitzert, Steve Smyth, Kristine Tracey, Eric von Graevenitz.

## Chapitre 4 : Procédés industriels (secteur 2 du CUPR)

Afshin Matin, Hy-Hien Tran, Renata Zarembo.

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

Afshin Matin, Renata Zarembo.

## Chapitre 6 : Agriculture (secteur 4 du CUPR)

Chang Liang, Douglas MacDonald, Mark McGovern.

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

Dominique Blain, Ana Blondel, Shari Hayne, 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, Mark McGovern, Jackie Mercer, Frank Neitzert, Craig Palmer, Lindsay Pratt, Steve Smyth, Resa Solomon-St. Lewis, Renata Zarembo.

## Annexes

Abishaike Balachandran (annexes 7 et 8)  
 Warren Baker (annexes 2, 3, 4, 7 et 8)  
 Ana Blondel (annexes 3 et 5)  
 Maxime Génier (annexes 2, 11 et 13)  
 Chia Ha (annexes 1, 2, 3, 4, 7 et 8)  
 Shari Hayne (annexe 3 et 7)  
 Francois Lavallée (annexe 10)  
 Chang Liang (annexes 3, 7 et 8)  
 Douglas MacDonald (annexes 3 et 7)  
 Afshin Matin (annexes 3, 5 et 8)  
 Mark McGovern (annexes 3 et 8)  
 Scott McKibbin (annexes 2 et 8)  
 Jackie Mercer (annexes 1, 5 et 6)  
 Frank Neitzert (annexes 2, 3, 4, 5, 8, 9, 11 et 13)  
 Craig Palmer (annexes 3, 5, 7, 8 et 14)  
 Lindsay Pratt (annexes 1, 5, 6, 7, 10, 11 et 12)  
 Resa Solomon-St. Lewis (annexe 10)  
 Steve Smyth (annexes 2, 3, 8, 11 et 12)  
 Kristine Tracey (annexes 2, 7, 8, 11, 12 et 13)  
 My Chau Thai (annexes 1, 5, 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. 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 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.

Enfin, nous tenons à saluer les efforts de nos collègues de Statistique Canada, en particulier de Peter Greenberg, Donna Stephens, Flo Mamanlac, Gwen Harding, Jacqueline Gravel, Cindy Ubartas, Holly Mullin, Does Zuccarini, Sean Fagan et Tracey Hart, qui ont contribué à la compilation, à l'analyse et à l'interprétation des données sur 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 Benthams, 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 divers industries, associations industrielles, cabinets d'ingénieurs-conseils, ministères provinciaux et universités qui nous ont offert une aide précieuse dans le domaine du génie 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 SacréCœur, 10e 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 nationales 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 pol-

lution 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 2012. 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 2013

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	Association de l’aluminium du Canada
AAC	Agriculture et Agroalimentaire Canada
ACÉ	Association canadienne de l’électricité
ACG	Association canadienne du gaz
ACPA	Association canadienne des producteurs d’acier
ACPP	Association canadienne des producteurs pétroliers
AIA	Association de l’Industrie d’Aluminium du Québec
AIE	Agence internationale de l’énergie
AKR	accumulation au kilomètre révisés
Al	aluminium
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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 <sub>0</sub>	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 <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	hexafluorure de carbone
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Ethylene
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	ethane
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	propane
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	butane
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Benzene
CA	climatisation de l’air
CaC <sub>2</sub>	Carbure de calcium
CaCO <sub>3</sub>	carbonate de calcium; calcaire
CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	dolomite (appelé également CaCO <sub>3</sub> ·MgCO <sub>3</sub> )
CANSIM	principale base de données socioéconomique de Statistique Canada
CanWEA	L’association canadienne de l’énergie éolienne
CaO	chaux; chaux vive; chaux calcinée
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CDIéger	camion léger à moteur diesel
CE	coefficient d’émission
CE <sub>BASE</sub>	coefficient d’émission de base
CEléger	Camions légers à essence
CENDRES	teneur en cendres des fumiers
Cendres <sub>a</sub>	teneur en cendres des anodes cuites
Cendres <sub>p</sub>	teneur en hydrogène du brai
CF <sub>4</sub>	tétrafluorure de carbone (tétrafluorométhane)
CFC	chlorofluorocarbure
CGT	changements dans la gestion des terres
CH <sub>3</sub> OH	méthanol
CH <sub>4</sub>	méthane
CHCL <sub>3</sub>	Chloroforme
CIEEDAC	entre canadien de données et d’analyse de la consommation finale d’énergie dans l’industrie



CIMC	motocyclette et du cyclomoteur
CMV	chlorure de monomère de vinyle
CO	monoxyde de carbone
CO <sub>2</sub>	dioxyde de carbone
COD	carbone organique dégradable
COD <sub>F</sub>	carbone organique dégradable dissimulé
CORINAIR	Core Inventory of Air Emissions in Europe
COS	carbone organique du sol
COVNM	composés organiques volatils non méthaniques
CP	consommation de pâte
C-PLR	carbone stocké dans les produits ligneux récoltés
CQ	contrôle de la qualité
CS	carbure de silicium
CSL	culture sans travail du sol
CTI	Classification type des industries
CUPR	Cadre uniformisé de présentation de rapports
DBO <sub>5</sub>	demande biochimique en oxygène sur cinq jours
DCE	dichlorure d'éthylène
DCO	demande chimique en oxygène
DGC	désulfuration des gaz de combustion
DJCh	degré-jour de chauffage
DSM	déchets solides municipaux
EB	énergie brute
EC	Environnement Canada
ED	énergie digestible
EEE	équipe d'examen composée d'experts
EFBMP	Étude de faisabilité du boisement comme mode de piégeage du carbone
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
Éq.	équivalent
Éq. CO <sub>2</sub>	équivalent CO <sub>2</sub>
ER	émissions des récoltes
ERCB	Energy Resources Conservation Board
EVC	Enquête sur les véhicules au Canada
FAA	Federal Aviation Administration (United States)
FCM	facteur de conversion du méthane (agriculture)
FCM	facteur de correction du méthane (déchets)
FCTC	forêts converties en terres cultivées
FCTH	forêts converties en terres humides
FEA	four électrique à arc
FMO	fabrication de matériel original
FOB	des fours à oxygène de base
FOI	Swedish Defence Research Agency
F <sub>TRAVAIL</sub>	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 <sub>2</sub>	hydrogène



H <sub>2</sub> O	eau
H <sub>2</sub> S	Sulfure d'Hydrogène
HCFC	hydrochlorofluorocarbure
HCl	acide chlorhydrique
HF	Fluorure d'Hydrogène
HFC	hydrofluorocarbure
HNO <sub>3</sub>	acide nitrique
HQ	Hydro-Québec
I/M	inspection et maintenance
IA	inclus ailleurs
IAI	International Aluminium Institute
ICCCR	Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération
ICPP	Institut canadien des produits pétroliers
IESO	Société financière de l'Industrie de l'électricité de l'Ontario
IFCan	Inventaire national des forêts du Canada
Imp <sub>a</sub>	fluor et autres impuretés
IMS	ingestion de matière sèche
INRP	Inventaire national des rejets de polluants
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	carbonate de potassium
kha	millier d'hectares
kg	kilogramme
kt	kilotonne
kWh	kilowattheure
L <sub>0</sub>	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 <sub>3</sub>	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 <sub>2</sub>	azote gazeux
N <sub>2</sub> O	oxyde de diazote
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	carbonate de sodium

Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	cryolite
NCASI	Le Conseil national pour l'amélioration de l'air et des cours d'eau
N/D	non disponible
NE	non estimé
NH <sub>3</sub>	ammoniac
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	ammonium
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	nitrate d'ammonium
NO	monoxyde d'azote
NO <sub>2</sub>	dioxyde d'azote
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	nitrate
NO <sub>x</sub>	oxydes d'azote
NOC	Nitrous Oxide of Canada
O <sub>2</sub>	oxygène
OACI	organisation de l'aviation civile internationale
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OMM	Organisation météorologique mondiale
ONE	Office national de l'énergie
PC	pouvoir calorifique supérieur
PCA	principaux contaminants atmosphériques
PCB	pouvoir calorifique brut
PCI	pouvoir calorifique inférieur
PCN	pouvoir calorifique net
PDGES	Programme de déclaration des gaz à effet de serre
PFC	perfluorocarbure
PFC	poussières des fours à ciment
PGA	pétrole et gaz naturel en amont
PIB	produit intérieur brut
PJ	pétajoule
PLR	produit ligneux récolté
PNBV	poids nominal brut du véhicule
POP	polluant organique persistant
PPC	pédo-paysages du Canada
P/PE	précipitations/évapotranspiration potentielle
PPR	produit pétrolier raffiné
PRP	potentiel de réchauffement planétaire
PTDE	production, transport et distribution d'électricité
PTRC	Centre de 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 <sub>a</sub>	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 <sub>6</sub>	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 <sub>2</sub>	dioxyde de soufre
SO <sub>x</sub>	oxydes de soufre
Sp	teneur en cendres du brai
SSCR	Système de surveillance, de comptabilisation et de rapports
SV	solides volatils
t	tonne
TI	travail du sol intensif
TPCC	taux pondéré de consommation de carburant
TRS	travail réduit du sol
TWh	térawattheure
UE	Union européenne
VDléger	véhicule léger à moteur diesel
VDlourd	véhicule lourd à moteur diesel
VEléger	véhicule léger à essence
VElourd	véhicule lourd à essence
VKP	véhicule-kilomètre parcouru
VTT	véhicule toutterrain
VUS	véhicule utilitaire sport

# Table des matières

<b>Remerciements .....</b>	<b>3</b>
<b>Avant-propos .....</b>	<b>5</b>
<b>Acronymes, abréviations et unités .....</b>	<b>6</b>
<b>Sommaire .....</b>	<b>19</b>
S.1 Inventaire canadien des gaz à effet de serre : Contexte	19
S.2 Résumé des émissions et tendances nationales des GES	19
S.3 Aperçu des émissions et tendances, par catégorie de sources et de puits	21
S.4 Émissions de GES des provinces et territoires	29
S.5 Système national et gestion de la qualité	30
S.6 Structure du rapport	31
<b>Chapitre 1 Introduction .....</b>	<b>32</b>
1.1. Inventaires de gaz à effet de serre et changements climatiques	32
1.2. Dispositions d'ordre institutionnel pour l'établissement des inventaires	36
1.3. Modalités de préparation de l'inventaire	41
1.4. Méthodologies et sources de données	41
1.5. Catégories clés	46
1.6. Assurance de la qualité/Contrôle de la qualité	46
1.7. Degré d'incertitude de l'inventaire	47
1.8. Évaluation de l'exhaustivité	47
<b>Chapitre 2 Tendances des émissions de gaz à effet de serre, 1990-2011 .....</b>	<b>49</b>
2.1. Sommaire des tendances	49
2.2. Tendances des émissions par gaz	50
2.3. Tendances des émissions par catégorie	51
2.4. Tableaux des émissions selon les secteurs économiques	78
2.5. Tendances des émissions des précurseurs de l'ozone et des aérosols	81
<b>Chapitre 3 Énergie (secteur 1 du CUPR).....</b>	<b>84</b>
3.1. Aperçu	84
3.2. Combustion de combustibles (catégorie 1.A du CUPR)	85
3.3. Émissions fugitives (catégorie 1.B du CUPR)	101
3.4. Postes pour mémoire (catégorie 1.C du CUPR)	109
3.5. Autres questions	111
<b>Chapitre 4 Procédés industriels (secteur 2 du CUPR) .....</b>	<b>116</b>
4.1. Aperçu	116
4.2. Production de ciment (catégorie 2.A.1 du CUPR)	118
4.3. Production de chaux (catégorie 2.A.2 du CUPR)	119
4.4. Utilisation de calcaire et de dolomite (catégorie 2.A.3 du CUPR)	121
4.5. Production et utilisation de carbonate de sodium (catégorie 2.A.4 du CUPR)	122
4.6. Utilisation de magnésite (catégorie 2.A.7.2 du CUPR)	124
4.7. Production d'ammoniac (catégorie 2.B.1 du CUPR)	125
4.8. Production d'acide nitrique (catégorie 2.B.2 du CUPR)	127
4.9. Production d'acide adipique (catégorie 2.B.3 du CUPR)	129

4.10.	Production pétrochimique – Production de carbure (catégorie 2.B.4 du CUPR)	131
4.11.	Production pétrochimique – Production de noir de carbone (catégorie 2.B.5.1 du CUPR)	133
4.12.	Production pétrochimique – Production d'éthylène (catégorie 2.B.5.2 du CUPR)	135
4.13.	Production pétrochimique – Production de dichlorure d'éthylène (catégorie 2.B.5.3 du CUPR)	137
4.14.	Production pétrochimique – Production de styrène (catégorie 2.B.5.4 du CUPR)	138
4.15.	Production pétrochimique – Production de méthanol (catégorie 2.B.5.5 du CUPR)	140
4.16.	Sidérurgie (catégorie 2.C.1 du CUPR)	141
4.17.	Production d'aluminium (catégorie 2.C.3 du CUPR)	144
4.18.	Production et moulage de magnésium (catégories 2.C.4.2 et 2.C.5.1 du CUPR)	149
4.19.	Production d'halocarbures (catégorie 2.E du CUPR)	151
4.20.	Consommation d'halocarbures (catégorie 2.F du CUPR)	152
4.21.	Production et consommation de SF <sub>6</sub> (catégories 2.E et 2.F du CUPR)	160
4.22.	Autres procédés et procédés indifférenciés (catégorie 2.G du CUPR)	162
<b>Chapitre 5</b>	<b>Utilisation de solvants et autres produits (secteur 3 du CUPR) .....</b>	<b>164</b>
5.1.	Aperçu	164
<b>Chapitre 6</b>	<b>Agriculture (CRF Sector 4).....</b>	<b>167</b>
6.1.	Aperçu	167
6.2.	Fermentation entérique (catégorie 4.A du CUPR)	169
6.3.	Gestion des fumiers (catégorie 4.B du CUPR)	172
6.4.	Émissions de N <sub>2</sub> O des sols agricoles (catégorie 4.D du CUPR)	177
6.5.	Émissions de CH <sub>4</sub> et de N <sub>2</sub> O provenant du brûlage des résidus agricoles dans les champs (catégorie 4.F du CUPR)	188
<b>Chapitre 7</b>	<b>Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (secteur 5 du CUPR) .....</b>	<b>190</b>
7.1.	Aperçu	190
7.2.	Définition des catégories de terres et représentation des terres aménagées	192
7.3.	Terres forestières	194
7.4.	Terres cultivées	202
7.5.	Prairies	212
7.6.	Terres humides	213
7.7.	Zones de peuplement	217
7.8.	Conversion des forêts	219
<b>Chapitre 8</b>	<b>Déchets (secteur 6 du CUPR).....</b>	<b>222</b>
8.1.	Aperçu	222
8.2.	Enfouissement des déchets solides dans le sol (catégorie 6.A du CUPR)	223
8.3.	Traitement des eaux usées (catégorie 6.B du CUPR)	230
8.4.	Incinération des déchets (catégorie 6.C du CUPR)	233
<b>Chapitre 9</b>	<b>Recalculs et mesures d'amélioration.....</b>	<b>237</b>
9.1.	Explication et justification des recalculs	237
9.2.	Améliorations prévues	243
<b>Références.....</b>		<b>246</b>

# Liste des tableaux

Tableau S-1	Émissions de GES du Canada en 1990-2011, par gaz à effet de serre	4
Tableau S-2	Émissions de GES du Canada de 1990 à 2011, selon les secteurs du GIEC	5
Tableau S-3	Émissions de GES du Canada de 1990 à 2011, par secteur économique	6
Tableau S-4	Tendances des émissions et indicateurs économiques, pour certaines années	7
Tableau 1-1	PRP et durée de vie atmosphérique, GIEC 1995	17
Tableau 1-2	Émissions de GES déclarées en 2011 par les installations, par province	26
Tableau 2-1	Tendances des émissions et indicateurs économiques, pour certaines années	31
Tableau 2-2	Émissions de GES du secteur de l'énergie, selon les catégories du GIEC, certaines	32
Tableau 2-3	Émissions de GES provenant de la production d'électricité et de chaleur dans le secteur public, certaines années	34
Tableau 2-4	Émissions de GES provenant du raffinage du pétrole, de la production de combustibles fossiles et de l'exploitation minière, certaines années	37
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	37
Tableau 2-6	Émissions de GES des industries manufacturières et de la construction, certaines années	41
Tableau 2-7	Émissions de GES du secteur des transports, certaines années	42
Tableau 2-8	Tendances du parc de véhicules au Canada, de 1990 à 2011	43
Tableau 2-9	Intensité des émissions fugitives de GES de la production de combustibles fossiles par catégorie, certaines années	47
Tableau 2-10	Émissions de GES des procédés industriels par catégorie, certaines années	49
Tableau 2-11	Émissions de GES provenant du secteur de l'agriculture par système de production, pour certaines années	52
Tableau 2-12	Émissions de GES du secteur des déchets, certaines années	57
Tableau 2-13	Détails des tendances des émissions de GES par secteur	61
Tableau 2-14	Émissions de GES en 2011 selon les catégories de l'inventaire national et les secteurs économiques	64
Tableau 3-1	Émissions de GES du secteur de l'énergie, certaines années	66
Tableau 3-2	Recalculs des émissions de GES dans le secteur de l'énergie (rapport de 2013 comparé au rapport de 2012)	67
Tableau 3-3	Contribution des industries énergétiques à la production de GES	68
Tableau 3-4	Contribution des industries manufacturières et de la construction à la production de GES	73
Tableau 3-5	Contribution des transports à la production de GES	76
Tableau 3-6	Contribution des autres secteurs à la production de GES	81
Tableau 3-7	Contribution des émissions fugitives de GES	83
Tableau 3-8	Degré d'incertitude des émissions fugitives de l'industrie de production de pétrole	89
Tableau 3-9	Degré d'incertitude des émissions fugitives de l'industrie de production de gaz naturel	89
Tableau 3-10	Degré d'incertitude des émissions fugitives du raffinage du pétrole	90
Tableau 3-11	Émissions de GES attribuables au transport aérien intérieur et international, 1990, 2000, 2005, 2007-2011	92
Tableau 3-12	Émissions de GES attribuables au transport maritime intérieur et international, 1990, 2000, 2005, 2007-2011	92
Tableau 3-13	Éthanol utilisé dans les transports au Canada, 1990, 2000, 2005, 2007-2011	93
Tableau 3-14	Biodiesel utilisé dans les transports au Canada, 1990, 2000, 2005, 2007-2011	93

Tableau 3–15	Pétrole brut – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années	95
Tableau 3–16	Gaz naturel – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années	96
Tableau 3–17	Total du pétrole brut et du gaz naturel – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années	96
Tableau 3–18	Pétrole brut classique – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années	97
Tableau 3–19	Pétrole brut non classique – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années	97
Tableau 4–1	Émissions de GES attribuables au secteur des procédés industriels, certaines années	99
Tableau 4–2	Coefficients d'émission typiques de l'industrie de l'acide nitrique	110
Tableau 4–3	Valeur par défaut des paramètres de niveau 2 pour l'estimation des émissions de CO <sub>2</sub> dues à la consommation d'anodes	128
Tableau 4–4	Valeur par défaut des paramètres de niveau 2 pour l'estimation des émissions de CO <sub>2</sub> dues à la cuisson d'anodes	129
Tableau 4–5	Coefficients par défaut de pente et de surtension, approche de niveau 2 (IAI, 2006)	130
Tableau 4–6	Coefficients d'émission pour les PFC	130
Tableau 4–7	Pertes d'assemblage en pourcentage de la quantité chargée (k) pour diverses applications	138
Tableau 4–8	Taux annuels de fuite (x) pour diverses applications	138
Tableau 4–9	Taux d'émission des PFC	140
Tableau 5–1	Sommaire des émissions de GES du secteur Utilisation de solvants et autres produits, pour des années particulières	146
Tableau 6–1	Évolution à court et à long terme des émissions de GES du secteur de l'agriculture	150
Tableau 6–2	Corrections et améliorations apportées aux rapports de 2011 et de 2012 du Canada	151
Tableau 6–3	Degré d'incertitude des estimations des émissions de CH <sub>4</sub> dues à la fermentation entérique	152
Tableau 6–4	Degré d'incertitude des estimations des émissions de CH <sub>4</sub> dues à la gestion des fumiers	155
Tableau 6–5	Recalculs des estimations des émissions des systèmes de gestion des fumiers et leur impact sur la tendance des émissions	158
Tableau 6–6	Recalculs des estimations des émissions provenant de l'application du fumier sur des terres agricoles et l'impact sur la tendance des émissions	161
Tableau 6–7	Recalculs des estimations des émissions provenant de l'application des fumiers des pâturages, grands parcours et enclos et l'impact sur la tendance des émissions	166
Tableau 6–8	Recalculs des estimations des émissions provenant de la volatilisation du NH <sub>3</sub> et l'impact sur la tendance des émissions	168
Tableau 6–9	Recalculs des estimations des émissions provenant du lessivage et l'érosion et leur impact sur la tendance des émissions	169
Tableau 7–1	Estimations des flux nets de GES du secteur ATCATF, certaines années	172
Tableau 7–2	Résumé des modifications apportées dans le secteur ATCATF	173
Tableau 7–3	Matrice sur l'affectation des terres et les changements d'affectation des terres pour l'année d'inventaire 2011 (superficie en kha)	175
Tableau 7–4	Bilan des GES des forêts aménagées par zone de déclaration, 2011	177
Tableau 7–5	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 <sub>2</sub> )	179
Tableau 7–6	Estimations des flux nets annuels de CO <sub>2</sub> des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990–2011, délimitées par les 2,5 <sup>e</sup> et 97,5 <sup>e</sup> percentiles	181
Tableau 7–7	Estimations des émissions annuelles de CH <sub>4</sub> des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990–2011, délimitées par les 2,5 <sup>e</sup> et 97,5 <sup>e</sup> percentiles	181



Tableau 7-8	Estimations des émissions annuelles de N <sub>2</sub> O des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990-2011, délimitées par les 2,5 <sup>e</sup> et 97,5 <sup>e</sup> percentiles	182
Tableau 7-9	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	185
Tableau 8-1	Sommaire des émissions de GES du secteur des déchets, certaines années	205
Tableau 8-2	Estimations des valeurs de k des décharges de DSM pour chaque province et territoire	208
Tableau 8-3	Potentiel de production de CH <sub>4</sub> (L <sub>0</sub> ) de 1941 à aujourd'hui	209
Tableau 8-4	Coefficients d'émission de N <sub>2</sub> O	213
Tableau 9-1	Sommaire des recalculs dus à des modifications ou à des ajustements sur le plan méthodologique	220
Tableau 9-2	Sommaire des recalculs	225
Tableau 9-3	Principales améliorations prévues	226

# Liste des figures

Figure S-1	Émissions du Canada, de 1990 à 2011	2
Figure S-2	Tendance indexée des émissions de GES et données importantes, 1990-2011	2
Figure S-3	Émissions par personne au Canada, en 1990-2011	3
Figure S-4	Ventilation des émissions totales du Canada en 2011, par gaz à effet de serre (Total de 702 Mt)	3
Figure S-5	Ventilation des émissions du Canada pour l'année 2011, selon les secteurs du GIEC (Total de 702 Mt)	4
Figure S-6	Ventilation des émissions du Canada pour l'année 2011, par secteur économique (Total de 702 Mt)	6
Figure S-7	Tendances des émissions pour 2005-2011, par grand secteur	8
Figure S-8	Émissions par province en 1990, 2010 et 2011	12
Figure 1-1	Variations des températures annuelles du Canada et tendance à long terme, 1948-2011 (°C)	14
Figure 1-2	Tendance des émissions de GES par personne au Canada, 1990-2011	18
Figure 1-3	Variation en pourcentage des émissions agrégées de GES pour les Parties visées à l'Annexe I, sans le secteur ATCATF, 1990–2010	19
Figure 1-4	Partenaires du système national	21
Figure 1-5	Processus de préparation de l'inventaire	22
Figure 1-6	Émissions de GES déclarées en 2011 par les installations, par secteur industriel (254 Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	27
Figure 2-1	Émissions canadiennes de GES par gaz, 1990 et 2011 (à l'exclusion du secteur ATCATF)	32
Figure 2-2	Répercussion de certains facteurs sur les émissions dues à la production d'électricité, 1990-2011	34
Figure 2-3	Répercussion de certains facteurs sur les émissions dues à la production d'électricité, 2005-2011	34
Figure 2-4	Électricité produite dans le secteur public par source et émissions de GES, 1990–2011	35
Figure 2-5	Production canadienne de combustibles fossiles de 1990 à 2011	39
Figure 2-6	Intensité des émissions selon le type de source pour l'industrie pétrolière et gazière (1990, 2002 et 2011)	40
Figure 2-7	Émissions de GES et degrés jours de chauffage (DJCh) des secteurs résidentiel et commercial, de 1990 à 2011	44
Figure 2-8	Principaux facteurs déterminant les émissions de GES de sources fixes du sous secteur résidentiel entre 1990 et 2011	45
Figure 2-9	Relation entre les DJCh et les émissions de GES du secteur résidentiel, 1990 2011	46
Figure 2-10	Émissions de GES des procédés industriels par sous secteur, 1990-2011	49
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, 1990–2011	53
Figure 2-12	Émissions de GES du secteur ATCATF par rapport aux émissions canadiennes totales, 1990–2011	55
Figure 2-13	Une partie des émissions et des absorptions de GES du secteur ATCATF, 1990–2011	55
Figure 2-14	Tendance du taux annuel de conversion des forêts en raison de l'expansion agricole, de l'extraction pétrolière et gazière et de l'aménagement hydroélectrique	56
Figure 2-15	Émissions de GES du secteur des déchets, 1990 2011	57
Figure 2-16	Nombre de sites de collecte des gaz d'enfouissement actifs au Canada	58
Figure 2-17	Proportion des gaz d'enfouissement utilisés par rapport à la quantité de gaz brûlés par torçage	58
Figure 2-18	Tendance des émissions de GES par personne dans le secteur des déchets, 1990-2011	59

Figure 3-1	Émissions de GES attribuables à la combustion de combustibles, 1990-2011	68
Figure 7-1	Zones de déclarations aux fins des estimations du secteur ATCATF	176
Figure 7-2	Grands flux annuels de carbone entre l'atmosphère et les forêts aménagées, 1990-2011 : Absorption nette (ou production primaire nette) de carbone et rejet par la décomposition (respiration hétérotrophe)	178
Figure 7-3	Superficies et émissions de CO <sub>2</sub> des tourbières aménagées, 1990-2011 (TTH = terres converties en terres humides; THTH = terres humides restant terres humides)	196



# Sommaire

## S.1 Inventaire canadien des gaz à effet de serre : Contexte

L'objectif ultime de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) est de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. À cette fin, la Convention incite toutes les Parties à établir, à mettre à jour régulièrement, à publier et à mettre à la disposition de la Conférence des Parties des inventaires nationaux des émissions anthropiques par les sources et des absorptions par les puits de tous les gaz à effet de serre qui ne sont pas réglementés par le Protocole de Montréal. L'élaboration, la publication et la tenue à jour d'un rapport d'inventaire national sont des engagements essentiels des signataires de la CCNUCC.

Le rapport d'inventaire national permet au Canada d'honorer ses obligations de déclaration annuelle dans le cadre de la Convention et sert d'indicateur faisant autorité et de base de comparaison des résultats nationaux. Pour les Canadiens, il est une source fiable de renseignements détaillés de grande qualité sur les tendances importantes des émissions provenant de sources, de régions et de secteurs précis et il fournit un ensemble central de données pour fixer des niveaux d'émissions de référence et faire d'autres analyses.

Le rapport d'inventaire national de 2013 du Canada à la CCNUCC, composé du Rapport d'inventaire national (RIN) et des tableaux du Cadre uniformisé de présentation de rapports, a été préparé en conformité avec les « 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 ».

Le Canada est résolu à s'attaquer aux changements climatiques en prenant des mesures durables pour bâtir une économie faible en carbone, mesures qui comprennent la conclusion d'une entente internationale sur les

changements climatiques pour l'après 2020, la collaboration avec nos partenaires nord-américains et une intervention à l'échelle nationale. Aux termes de l'Accord de Copenhague, le Canada s'est engagé à ramener, d'ici 2020<sup>1</sup>, ses émissions à 17 % sous le niveau de 2005. Compte tenu du fait qu'avec le temps, les données et méthodes sous-jacentes pour estimer les émissions sont soumises à des révisions, le niveau d'émissions de toutes les années est appelé à changer puisque les données et méthodes sont améliorées.

## S.2 Résumé des émissions et tendances nationales des GES

D'après l'ensemble de données de 2011, le plus récent de ce rapport, les émissions totales de gaz à effet de serre du Canada ont été estimées à 702 mégatonnes d'équivalent dioxyde de carbone (Mt d'éq. CO<sub>2</sub><sup>2</sup>), soit une augmentation d'environ 1 Mt (0,14 %) par rapport au niveau de 2010, qui était de 701 Mt. Depuis 2005, les émissions canadiennes de GES ont baissé de 36 Mt (4,8 %).

Les changements survenus dans les tendances depuis le début des années 2000 peuvent être attribués à des améliorations de l'efficacité, à la modernisation des procédés industriels et à des changements structurels dans la composition de l'économie, soit des tendances à long terme qui ont un impact croissant sur les émissions depuis la fin des années 1990.

Au Canada, la variation du taux de croissance des émissions depuis environ 2000 est notable et peut être attribuée aux facteurs suivants :

- La stabilisation des émissions de la production d'électricité, qui avaient connu jusque-là une augmentation accélérée. En 2000, la production de charbon atteignait son niveau le plus élevé jamais enregistré ou s'en approchait. La contribution du secteur de la production de charbon aux diverses sources de production d'électricité a par la suite diminué (Statistique Canada, 2011a).
- La mise en place d'un plus grand nombre de programmes pour accroître l'efficacité et réduire les émissions, y compris les mesures fédérales, comme la

<sup>1</sup> Allez à l'adresse <http://climatechange.gc.ca/cdp15-cop15/default.asp?lang=En&n=970E8B07-1>.

<sup>2</sup> À moins d'indication contraire explicite, toutes les estimations d'émissions exprimées en Mt représentent des émissions de GES en Mt d'éq. CO<sub>2</sub>.

Figure S–1 Émissions du Canada, de 1990 à 2011

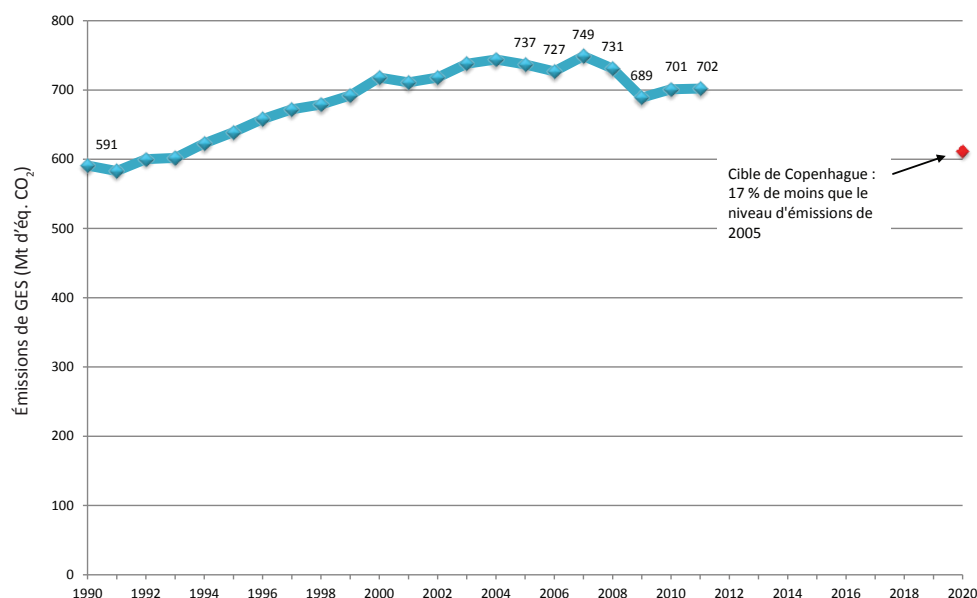
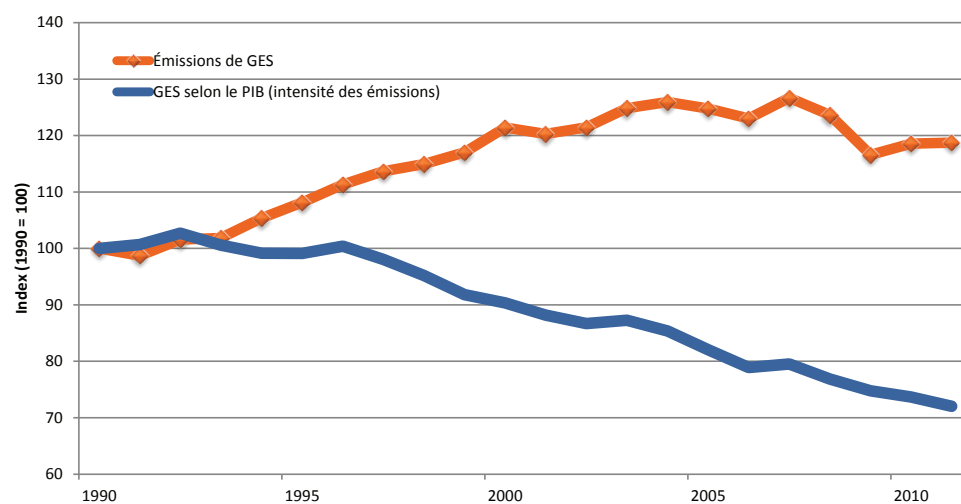


Figure S–2 Tendance indexée des émissions de GES et données importantes, 1990-2011



réglementation concernant les émissions des véhicules légers, et les mesures provinciales et territoriales, comme le *Specified Gas Emitters Regulation* de l'Alberta.

- Les changements structurels comprenant le passage d'une économie axée sur l'industrie à une économie axée davantage sur les services. Entre 2000 et 2008, le produit intérieur brut (PIB) des industries de services s'est accru de 32 %, alors que ceux de l'industrie lourde et du secteur manufacturier n'ont ensemble augmenté que de 3 %. Les industries de services ont une intensité d'émission de GES plus basse que celle des industries productrices de biens, alors ce changement continu contribue à faire baisser les émissions de GES du Canada.

- La production de pétrole classique a atteint un sommet en 1998 au Canada et la production de gaz s'est stabilisée en 2002 (Statistique Canada, 2011b). Ces deux situations s'expliquent par les limites des réserves classiques. Récemment, la production de pétrole et de gaz naturel classiques a chuté, ce qui a eu pour effet de diminuer les émissions fugitives et, dans une certaine mesure, de contrebalancer l'impact de la croissance de la production non classique.

Pris ensemble, les changements technologiques et structurels et les augmentations d'efficacité ont continué d'atténuer le lien entre la croissance du PIB et les émissions, de sorte que l'émission de GES par unité de PIB (ou

Figure S-3 Émissions par personne au Canada, en 1990-2011

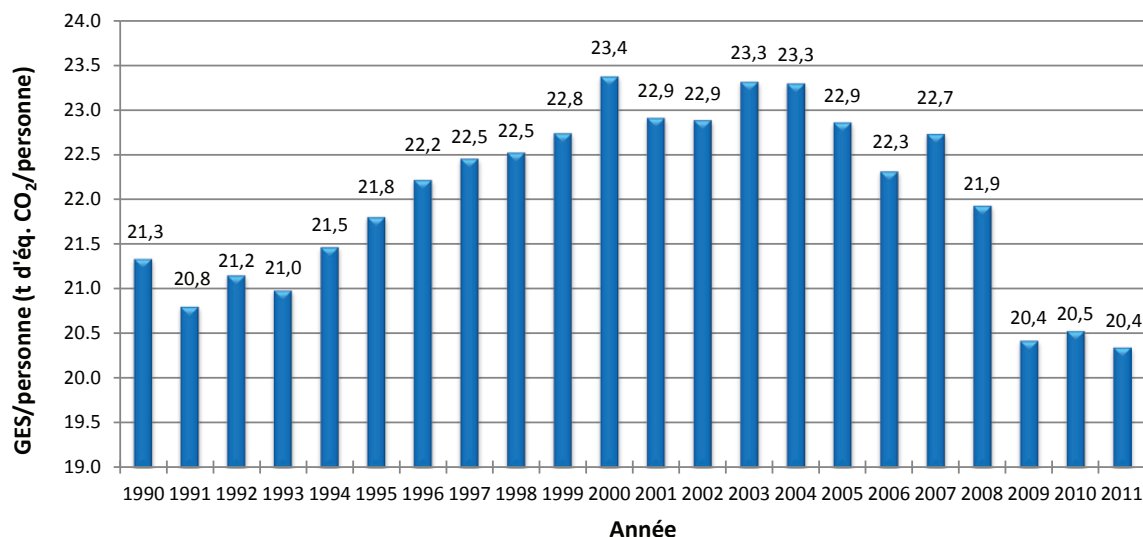
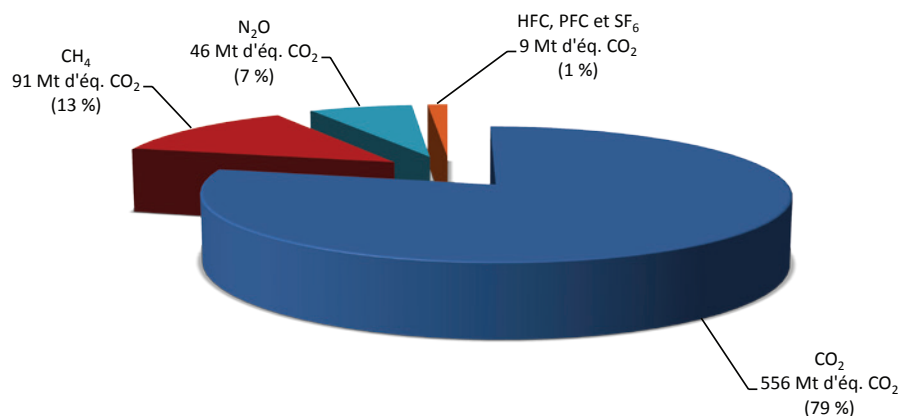


Figure S-4 Ventilation des émissions totales du Canada en 2011, par gaz à effet de serre (Total de 702 Mt)



l'intensité économique des GES) a baissé en moyenne de 2 % par an depuis 1996 (Figure S-2). Cette situation a entraîné le découplage de la croissance économique et des émissions.

Bien que le Canada n'ait contribué que pour environ 2 % aux émissions mondiales totales de GES en 2005 (CAIT, 2012), il est un des plus grands émetteurs par personne, 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 personne. En 2005, le rejet est monté à 22,9 tonnes; cependant, en 2011, il était redescendu à 20,4 tonnes par personne (Statistique Canada, 2012) (Figure S-3).

### S.3 Aperçu des émissions et tendances, par catégorie de sources et de puits

Le principal gaz à effet de serre émis par les activités humaines en 2011 était le CO<sub>2</sub>, qui contribuait à 79 % des émissions totales du Canada (Figure S-4 et Tableau S-1). La majeure partie de ces émissions provenait de la combustion de combustibles fossiles. Le méthane (CH<sub>4</sub>) représentait 13 % des émissions totales du pays, et provenait d'activités menées dans les secteurs Agriculture et Déchets du GIEC ainsi que d'émissions fugitives des systèmes pétroliers et gaziers. Les émissions d'oxyde de diazote (N<sub>2</sub>O) provenant d'activités telles que la gestion des terres cultivées et le transport comptaient pour 7 % des émissions. Les perfluorocarbones (PFC), l'hexafluorure

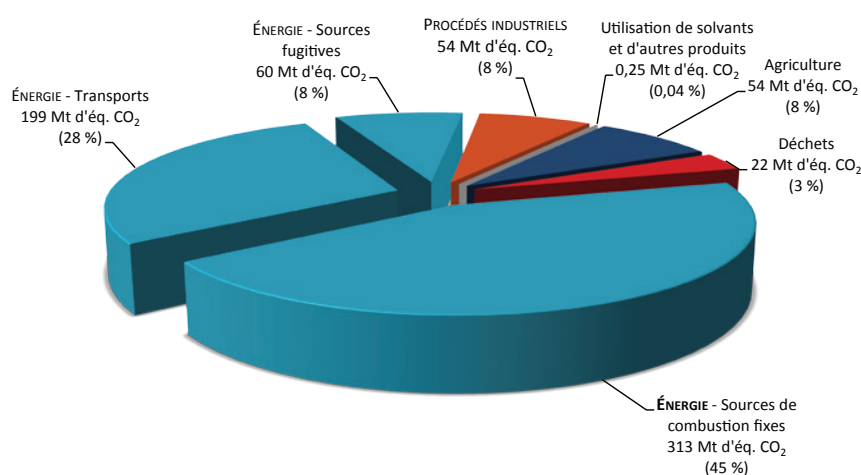


Tableau S-1 Émissions de GES du Canada en 1990-2011, par gaz à effet de serre

Gaz à effet de serre	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
<i>Mt d'équivalent CO<sub>2</sub></i>								
<b>Total des émissions nationales de GES</b>	<b>591</b>	<b>718</b>	<b>737</b>	<b>749</b>	<b>731</b>	<b>689</b>	<b>701</b>	<b>702</b>
CO <sub>2</sub>	459	565	579	595	577	542	554	556
CH <sub>4</sub>	72	94	98	96	94	91	90	91
N <sub>2</sub> O	49	49	50	49	52	47	47	46
HFC, PFC et SF <sub>6</sub>	11	10	10	8	9	9	9	9

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

Figure S-5 Ventilation des émissions du Canada pour l'année 2011, selon les secteurs du GIEC (Total de 702 Mt)



de soufre (SF<sub>6</sub>) et les hydrofluorocarbures (HFC) constituaient le reste des émissions (un peu plus de 1 %).

Quand on utilise les définitions basées sur les catégories du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)<sup>3</sup>, c'est le secteur de l'énergie qui a produit la majeure partie des émissions totales de GES du Canada en 2011, soit 81 % ou 572 Mt; ces émissions provenaient de sources fixes de combustion, du transport et de sources fugitives. Les derniers 19 % des émissions totales provenaient largement de sources du secteur de l'agriculture (8 % du total) et de celui des procédés industriels (8 %), avec des contributions mineures du secteur des déchets (3 %) et de celui de l'utilisation de solvants et d'autres produits (Figure S-5 et Tableau S-2). Le secteur de

l'affectation des terres, des changements d'affectation des terres et de la foresterie (ATCATF) a été une source nette, avec 87 Mt, en 2011, en grande partie à cause de perturbations naturelles comme les feux de forêt. Cependant, conformément aux lignes directrices de la CCNUCC sur la présentation de rapports, ces émissions ne sont pas incluses dans les totaux des inventaires nationaux. 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 2007-2011. Des ventilations supplémentaires par catégorie et par gaz, ainsi qu'une série chronologique complète, figurent à l'annexe 12.

Dans la mesure du possible, les émissions sont également réparties en fonction du secteur économique d'où elles proviennent, à des fins d'analyse des tendances et des politiques (Figure S-6 et Tableau S-3). C'est, par exemple, le cas dans le rapport Tendances en matière d'émissions

3 Dans le présent rapport, le mot « secteur » désigne généralement les secteurs d'activité définis par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, à l'exception des cas où l'expression « secteurs économiques » est utilisée pour faire référence au contexte canadien.

Tableau S-2 Émissions de GES du Canada de 1990 à 2011, selon les secteurs du GIEC

Catégories de gaz à effet de serre		1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
		Mt d'éq. CO <sub>2</sub>							
<b>TOTAL<sup>1,2</sup></b>		<b>591</b>	<b>718</b>	<b>737</b>	<b>749</b>	<b>731</b>	<b>689</b>	<b>701</b>	<b>702</b>
<b>ÉNERGIE</b>		<b>469</b>	<b>589</b>	<b>597</b>	<b>610</b>	<b>592</b>	<b>560</b>	<b>570</b>	<b>572</b>
a.	Sources de combustion fixes	281	346	341	352	336	315	316	313
	Production d'électricité et de chaleur	94	129	123	122	115	100	101	93
	Production de combustibles fossiles et raffinage du pétrole	51	67	71	72	67	67	65	62
	Exploitation minière et extraction de gaz et de pétrole	6,6	12,1	18,9	28,9	30,0	31,7	35,0	36,4
	Industries manufacturières	55,8	55,6	48,6	47,6	45,1	40,3	41,1	42,7
	Construction	1,9	1,1	1,4	1,4	1,4	1,2	1,5	1,3
	Commercial et institutionnel	25,7	33,3	31,9	30,2	29,6	29,4	28,0	29,9
	Résidentiel	43	45	44	47	46	44	41	44
	Agriculture et foresterie	2,4	2,5	2,1	2,6	2,6	2,5	2,9	3,6
b.	Transports	146	180	193	195	194	186	196	199
	Aviation civile (intérieure)	7,1	7,4	7,6	7,7	7,3	6,4	6,4	6,0
	Transport routier	97	118	130	133	132	132	134	135
	Transport ferroviaire	7,0	7,0	7,0	7,0	8,0	5,0	7,0	7,0
	Transport maritime (intérieur)	5,0	5,1	6,7	6,8	6,5	6,7	7,0	6,0
	Autres	30	43	41	41	41	36	42	45
c.	Sources fugitives	42	63	63	63	62	59	59	60
	Exploitation de la houille	2,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0
	Pétrole et gaz naturel	40,2	62,1	62,4	62,0	61,0	57,9	57,6	58,7
<b>PROCÉDÉS INDUSTRIELS</b>		<b>56,0</b>	<b>52,1</b>	<b>60,5</b>	<b>59,8</b>	<b>58,5</b>	<b>50,8</b>	<b>53,3</b>	<b>54,3</b>
a.	Produits minéraux	8,4	9,8	9,9	9,8	9,0	7,0	7,6	7,7
b.	Industries chimiques	16,0	8,0	9,3	7,9	9,4	7,1	6,5	7,0
c.	Production de métaux	22,6	22,5	19,7	18,9	18,5	15,4	15,8	16,6
d.	Production et consommation d'halocarbures et de SF <sub>6</sub>	1,0	3,2	5,5	5,7	5,8	6,5	7,3	7,7
e.	Autres procédés industriels et procédés indifférenciés	7,6	8,6	16,0	17,0	16,0	15,0	16,0	15,0
<b>UTILISATION DE SOLVANTS ET D'AUTRES PRODUITS</b>		<b>0,18</b>	<b>0,45</b>	<b>0,38</b>	<b>0,33</b>	<b>0,34</b>	<b>0,26</b>	<b>0,24</b>	<b>0,25</b>
<b>AGRICULTURE</b>		<b>47</b>	<b>56</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>54</b>
a.	Fermentation entérique	16	20	22	21	20	19	19	18
b.	Gestion des fumiers	5,7	7,0	7,5	7,2	6,9	6,7	6,5	6,4
c.	Sols agricoles	25	29	29	30	31	30	30	30
d.	Incinération des résidus agricoles dans les champs	0,21	0,12	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03
<b>DÉCHETS</b>		<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>22</b>
a.	Enfouissement des déchets	17	18	20	20	20	20	20	20
b.	Traitement des eaux usées	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
c.	Incinération des déchets	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENTS D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE</b>		<b>-62</b>	<b>-52</b>	<b>63</b>	<b>52</b>	<b>-11</b>	<b>-10</b>	<b>100</b>	<b>87</b>
a.	Terres forestières	-88	-64	54	45	-18	-15	99	83
b.	Terres cultivées	12	0	-4	-6	-7	-7	-8	-8
c.	Prairies	-	-	-	-	-	-	-	-
d.	Terres humides	5	3	3	3	3	3	3	3
e.	Zones de peuplement	9	8	9	10	10	9	9	9

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.

au Canada (Environnement Canada, 2012)<sup>4</sup>, qui donne les projections relatives aux émissions jusqu'en 2020 au Canada.

Le chapitre 2 fournit plus d'informations sur les définitions des secteurs du GIEC et des secteurs économiques, et sur les tendances, ainsi qu'une corrélation détaillée entre les catégories (Tableau 2-14).

4 Le rapport intitulé Tendances en matière d'émissions au Canada de 2012 est disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://www.ec.gc.ca/Publications/default.asp?lang=Fr&xml=253AE6E6-5E73-4AFC-81B7-9CF440D5D2C5>

Figure S-6 Ventilation des émissions du Canada pour l'année 2011, par secteur économique (Total de 702 Mt)

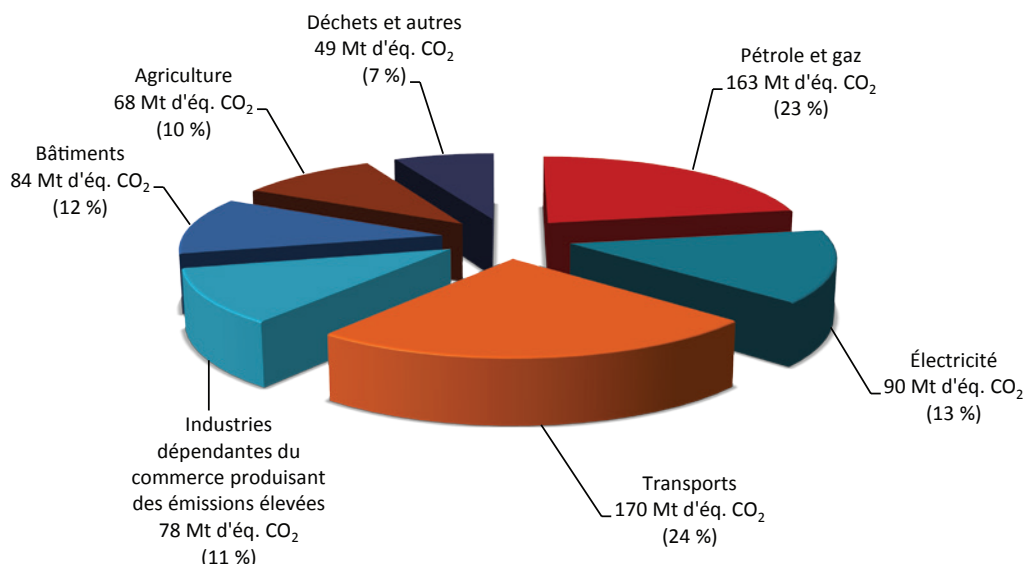


Tableau S-3 Émissions de GES du Canada de 1990 à 2011, par secteur économique

Émissions de GES	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
<i>Mt d'équivalent CO<sub>2</sub></i>								
TOTAL DES ÉMISSIONS NATIONALES DE GES	591	718	737	749	731	689	701	702
Pétrole et gaz	101	150	162	170	164	162	164	163
Électricité	94	129	121	120	112	97	99	90
Transports	128	155	168	169	166	163	167	170
Industries dépendantes du commerce produisant des émissions élevées <sup>1</sup>	93	85	87	89	86	74	75	78
Bâtiments	70	82	84	84	83	82	79	84
Agriculture	54	66	68	69	71	67	69	68
Déchets et autres <sup>2</sup>	50	51	49	48	49	46	48	49

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 qui augmentent dans les secteurs des activités minières, la fonte et le raffinage, la production et 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.3.1 Aperçu des tendances sur la période 1990-2011, par secteur du GIEC

Presque tous les changements à long terme survenus dans les émissions concernent six grands domaines : les industries des combustibles fossiles (charbon, pétrole et

gaz)<sup>5</sup>, le transport<sup>6</sup>, la production d'électricité, le secteur manufacturier<sup>7</sup>, le secteur commercial/institutionnel et

5 Les « industries des combustibles fossiles » regroupent l'exploitation minière et l'extraction de gaz et de pétrole, la production de combustibles fossiles et le raffinage du pétrole, le transport par pipelines et les émissions fugitives.

6 La catégorie Transport correspond au secteur Transport, moins la catégorie Pipelines.

7 Le « secteur manufacturier » comprend la catégorie des industries manufacturières (dans le secteur de l'énergie) et le secteur des procédés industriels.

Tableau S-4 Tendances des émissions et indicateurs économiques, pour certaines années

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Total des GES (Mt)</b>	<b>591</b>	<b>639</b>	<b>718</b>	<b>737</b>	<b>727</b>	<b>749</b>	<b>731</b>	<b>689</b>	<b>701</b>	<b>702</b>
Variation depuis 2005 (%)	SO	SO	SO	SO	-1,4	1,5	-0,9	-6,6	-5,0	-4,8
Variation depuis 1990 (%)	SO	8,1	21,4	24,8	23,0	26,7	23,7	16,6	18,6	18,7
<b>PIB (milliards de \$ de 2007)</b>	<b>983</b>	<b>1072</b>	<b>1321</b>	<b>1495</b>	<b>1533</b>	<b>1566</b>	<b>1582</b>	<b>1533</b>	<b>1582</b>	<b>1620</b>
Variation depuis 2005 (%)	SO	SO	SO	SO	2,5	4,7	5,8	2,5	5,8	8,4
Variation depuis 1990 (%)	SO	9,1	34,4	52,1	56,0	59,3	60,9	55,9	61,0	64,8
<b>Intensité des GES (Mt/milliard de \$ de PIB)</b>	<b>0,60</b>	<b>0,60</b>	<b>0,54</b>	<b>0,49</b>	<b>0,47</b>	<b>0,48</b>	<b>0,46</b>	<b>0,45</b>	<b>0,44</b>	<b>0,43</b>
Variation depuis 2005 (%)	SO	SO	SO	SO	-3,8	-3,0	-6,3	-8,9	-10,2	-12,2
Variation depuis 1990 (%)	SO	-0,9	-9,7	-18,0	-21,1	-20,5	-23,2	-25,2	-26,3	-28,0

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.

l'agriculture. La contribution relative de chacun a quelque peu varié avec le temps. La tendance à long terme de la croissance des émissions a surtout été régie par les industries des combustibles fossiles et le transport, alors que la baisse à court terme (2005–2011) des émissions l'a été par la production d'électricité et le secteur manufacturier.

Entre 1990 et 2011, les secteurs des industries des combustibles fossiles et du transport étaient responsables d'environ 51 % et 49 %, respectivement, de la croissance totale des émissions, soit 111 Mt. D'importantes augmentations de la production pétrolière et gazière (majoritairement destinée à l'exportation), ainsi qu'un fort accroissement du nombre de véhicules motorisés, surtout des camions légers à essence (camionnettes, véhicules utilitaires sport et fourgonnettes) et des véhicules lourds au diesel (camions de transport commercial), ont contribué à la hausse significative des émissions de GES.

Les émissions du secteur manufacturier ont baissé d'environ 15 Mt (13 %), ce qui atténue la tendance dominante à la hausse. Des changements de combustible, des améliorations de l'efficacité et de la technologie, de même que des réductions de la production manufacturière (en particulier dans les catégories des pâtes et papiers et d'autres sous-secteurs manufacturiers), se sont traduits par des réductions des émissions.

Bien qu'en 2011 les émissions attribuables à la production d'électricité aient été presque identiques à ce qu'elles étaient il y a 20 ans, elles ont augmenté jusqu'en 2003 avant de retomber rapidement aux niveaux actuels. Au cours de cette même période, la production d'électricité a augmenté substantiellement. Cependant, la part relative

de production d'électricité à partir de charbon a d'abord augmenté rapidement avant de chuter (de manière nettement plus notable après 2004), ce qui a donné lieu à une croissance des émissions pratiquement nulle.

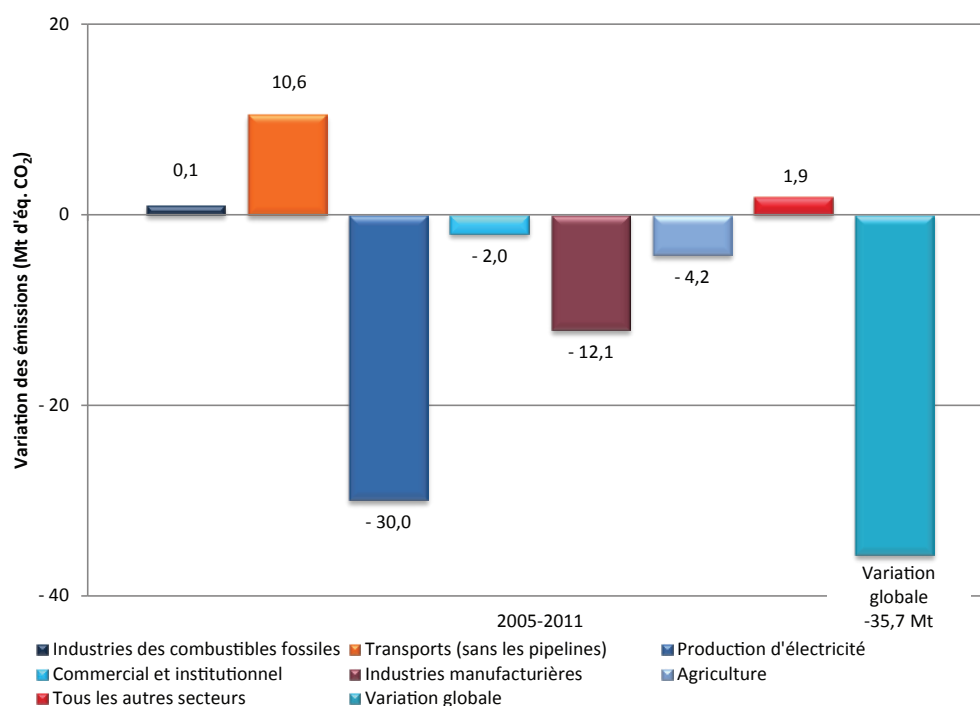
L'agriculture a été à l'origine d'une hausse d'environ 7 Mt des émissions depuis 1990, en grande partie à cause d'une utilisation croissante d'engrais et de l'augmentation des cheptels de bovins de boucherie et de porcs.

Même si les émissions de gaz à effet de serre ont augmenté de 19 % au cours des deux dernières décennies, l'économie du Canada a connu une croissance beaucoup plus rapide, le PIB ayant augmenté de 65 % (Tableau S-4). L'intensité des émissions de l'ensemble de l'économie (en GES par PIB) s'est donc considérablement améliorée, avec une baisse de 28 %. Elle a cependant connu certaines fluctuations avec le temps.

Au début des années 1990, les prix de l'énergie étaient bas (AIE, 2004), ce qui a significativement limité les incitatifs économiques à une amélioration de l'efficacité énergétique. Entre 1990 et 1994, l'intensité des émissions est restée stable (Figure S-2), et les émissions ont augmenté presque proportionnellement à la croissance économique (qui se renforçait après la récession). Durant cette période, les émissions et le PIB ont augmenté d'environ 5 % et 6 %, respectivement. À partir de 1995, on a cependant observé un découplage du PIB et des émissions.

La tendance révélée depuis la fin des années 1990 montre un ralentissement de l'augmentation des émissions de GES (même si la baisse marquée de 2009 n'est pas prise en compte). Durant une décennie, la croissance annuelle moyenne des émissions avait été de 2,0 %; en revanche,

Figure S-7 Tendances des émissions pour 2005-2011, par grand secteur



entre 2000 et 2008, elle a été d'environ 0,2 % et, entre 2008 et 2011, elle a baissé à -1,3 %.

### S.3.2 Aperçu des tendances sur la période 2005-2011, par secteur du GIEC

Depuis 2005, les émissions canadiennes totales de GES ont baissé de 35,7 Mt (4,8 %). Les fluctuations des taux d'émission depuis cette date sont surtout dues à des changements dans l'ensemble des sources utilisées pour la production d'électricité, à des changements dans les émissions de la production de combustibles fossiles et à des variations de la demande de combustibles de chauffage.

La Figure S-7 présente les principaux contributeurs aux tendances des émissions. Les émissions de la production d'électricité et de chaleur ont été le principal facteur contribuant à la tendance à la baisse, avec une diminution de 30 Mt depuis 2005, principalement en raison de la baisse de production à partir de charbon, du passage à des ressources renouvelables et à des améliorations de l'efficacité en matière de production d'électricité par combustion. L'Ontario a largement contribué à cette tendance en déployant des efforts en vue de réduire la production

d'électricité à partir de charbon : la centrale de Lakeview a été fermée en 2005, et avant la fin de 2011, six unités à d'autres centrales ont aussi été déclassées de façon permanente<sup>8</sup>. En même temps, la production à partir de combustibles fossiles variait avec la disponibilité des filières hydroélectrique, nucléaire et, jusqu'à un certain point, éolienne et solaire. Dans l'ensemble, les sources d'énergie renouvelable à petite échelle gagnent du terrain : en 2011, les centrales éoliennes, marémotrices et solaires du Canada ont produit un total d'environ 10 000 GWh d'électricité, soit 1,7 % du total<sup>9</sup>.

Les émissions du secteur manufacturier ont diminué de 12,1 Mt (11 %) entre 2005 et 2011, à cause d'une baisse significative de la production. Au cours de la même période, les émissions de la catégorie « commercial et institutionnel » ont baissé d'environ 2 Mt. En 2011, le cumul des degrés-jours de chauffage, indicateur de la nécessité de chauffer les locaux en réponse à la rigueur de l'hiver,

8 En décembre 2011, 10 des 19 centrales au charbon actives en Ontario avaient été fermées (« L'Ontario ferme deux autres unités au charbon », site Web du gouvernement de l'Ontario, 1er décembre 2011, à l'adresse <http://news.ontario.ca/mei/fr/2011/12/ontario-ferme-deux-autres-unites-au-charbon.html>, consulté le 24 février 2013).

9 Source : Statistique Canada, CANSIM 127-0007 (2005-2010), consulté le 24 février 2013.

avait baissé d'environ 1,3 % par rapport à 2005<sup>10</sup>. Cette situation a permis de réduire la consommation de combustibles fossiles et les émissions qui l'accompagnent.

À l'opposé de ces réductions, les émissions de GES du transport (à l'exclusion des pipelines) ont augmenté de 10,6 Mt (5,8 %) entre 2005 et 2010. Les réductions d'émissions découlant d'une baisse de l'activité des véhicules commerciaux en 2008-2009 ont été presque totalement annulées lorsque l'augmentation de l'activité économique a ramené les niveaux près de ceux de 2007. En fait, les émissions ont augmenté d'environ 3 Mt entre 2010 et 2011. La plus grande partie de cette hausse est survenue dans le transport par véhicules diesel, notamment les véhicules lourds routiers à moteur diesel utilisés pour le transport de marchandises et les véhicules industriels hors route.

Bien qu'il n'y ait eu pratiquement aucune variation des émissions des industries des combustibles fossiles (0,1 % d'augmentation) entre 2005 et 2011, il y a eu des changements significatifs dans certains sous-secteurs. Ainsi, une diminution de la production de gaz naturel et une baisse de la production de pétrole brut classique ont contribué à réduire les émissions; cependant, cette situation a été annulée par la hausse des émissions découlant de l'augmentation de la production de bitume brut et de pétrole brut synthétique des sables bitumineux du Canada<sup>11</sup>.

### S.3.3 Catégories du GIEC

#### Énergie—Émissions de GES en 2011 (572 Mt)

##### *Tendances à court terme*

En 2011, les émissions de GES du secteur Énergie du GIEC ont baissé de 26 Mt (environ 4,3 %) comparativement à celles de 2005. Comme dans le cas de la tendance nationale, cette baisse était surtout due aux catégories Production d'électricité et de chaleur et Industries manufacturières.

Les émissions de la catégorie Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public<sup>12</sup> ont baissé de 30 Mt (environ 24 %) par rapport aux niveaux de 2005. Entre 2005 et 2011, on a cependant observé des variations des émissions, en grande partie en raison des changements dans la composition des sources de production d'électricité<sup>13</sup> (voir la section S.2 Résumé des émissions et tendances nationales des GES). Une baisse de la demande en électricité a significativement contribué à celle des émissions entre 2008 et 2009.

Les émissions de GES des industries manufacturières ont diminué de 5,9 Mt (12 %) entre 2005 et 2011, en raison d'une baisse significative de la production.

##### *Tendances à long terme*

C'est de loin le secteur de l'énergie qui contribue le plus à la croissance des émissions totales du Canada. Les tendances à long terme des émissions de ce secteur (1990-2011) montrent à la fois des baisses et des hausses, mais une croissance nette de 102 Mt, ou 22 %. Comme il est décrit plus haut (section S.2), la plus grande partie de la croissance des émissions nationales est attribuable aux industries des combustibles fossiles et au transport qui font tous partie du secteur Énergie. Les industries des combustibles fossiles (comprenant l'extraction de charbon et la production, la transmission, la transformation, le raffinage et la distribution de tous les produits pétroliers et gaziers) ont enregistré une augmentation nette d'environ 56 Mt (51 %) des émissions de GES entre 1990 et 2011.

En 2011, la production totale de pétrole brut et de gaz naturel était supérieure de 66 % aux niveaux de 1990. Cependant, l'industrie des sables bitumineux avait abaissé ses émissions par unité et, en 2011, l'intensité était de 26 % inférieure à celle de 1990. Cette réduction de l'intensité est significative, puisque des fractions croissantes de la production sont tirées des sables bitumineux.

La plupart des émissions découlant du transport au Canada proviennent de la catégorie du transport routier, qui a dominé la tendance à la croissance des GES dans ce

10 Source : adapté de : a) Environnement Canada, Archives nationales d'information et de données climatologiques, à l'adresse [http://climat.meteo.gc.ca/advanceSearch/searchHistoricData\\_f.html?timeframe=1&Prov=XX&StationID=9999&Year=2009&Month=12&Day=16](http://climat.meteo.gc.ca/advanceSearch/searchHistoricData_f.html?timeframe=1&Prov=XX&StationID=9999&Year=2009&Month=12&Day=16) et b) Statistique Canada, Produits de données du Recensement de 2006, à l'adresse <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2006/dp-pd/index-fra.cfm> ; voir le chapitre 2.

11 Source : Alberta Energy Resources Conservation Board, ST98, chapitre 2.

12 La catégorie de la production d'électricité et de chaleur dans le secteur public inclut les émissions des services publics (telles que déclarées à Statistique Canada). Selon la définition du GIEC, elle n'inclut pas la cogénération industrielle.

13 La composition des sources de production d'électricité est caractérisée par la quantité de combustibles fossiles par rapport à la production à partir de sources hydroélectriques, d'autres sources renouvelables et d'énergie nucléaire. En général, les sources de combustibles fossiles sont les seules à produire des émissions nettes de GES.



secteur. Les émissions du transport routier se sont accrues de 38,5 Mt (40 %) entre 1990 et 2011.

La cause principale de cette tendance nette à la hausse des émissions est l'augmentation du nombre de passagers-kilomètres parcourus (un plus grand nombre de personnes ont effectué de plus longs trajets) (RNCAN, 2009). Cependant, l'utilisation de camions légers a augmenté nettement plus rapidement que celle des automobiles. Or, étant donné que les camions légers ont une cote de consommation de carburant moins favorable que les automobiles, ce changement a entraîné une augmentation des émissions (RNCAN, 2009).

Les émissions des véhicules lourds à moteur diesel (gros camions de transport de marchandises) ont augmenté de 21,8 Mt (109 %) entre 1990 et 2011. La croissance des émissions correspond à une augmentation de 137 % en tonnes-kilomètres du transport pour compte d'autrui entre 1990 et 2003 (Statistique Canada, 2013a). La quantité de marchandises transportées par camion (plutôt que par d'autres moyens de transport) a augmenté en raison des échanges transfrontaliers et du fait que les clients exigent des livraisons juste à temps (RNCAN, 2009). Entre 2004 et 2010, le nombre de tonnes-kilomètres transportées oscillait entre +4 % (2004–2005) et -7 % (2008–2009) ce qui, au bout du compte, se traduit par une croissance nulle pour cette période de six ans (Statistique Canada, 2013b).

### Procédés industriels—Émissions de GES de 2011 (54 Mt)

Le secteur Procédés industriels inclut les émissions de GES découlant de sources non énergétiques comme la calcination du calcaire (CO<sub>2</sub>) dans la production de ciment, ou l'utilisation d'hydrofluorocarbones (HFC) et de perfluorocarbones (PFC) comme réfrigérants pour remplacer des substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO). Les émissions du secteur ont baissé de 1,7 Mt depuis 1990. En 2011, on a observé une augmentation de 1,9 % par rapport à 2010. Des augmentations de la production ont été notées dans les catégories de la sidérurgie et du ciment. 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, soit 2,4 Mt (45 %) depuis 2005.

Dans la catégorie Production de métaux, les émissions de CO<sub>2</sub> dues à la sidérurgie sont en baisse depuis le début des années 1990, malgré de petites augmentations de la production d'acier au Canada. La réduction de l'intensité

des émissions réalisée par l'industrie sidérurgique au cours de la période 1990-2008 a été maintenue, notamment par une utilisation accrue d'acier recyclé pour leur production. L'année 2009 a connu une importante réduction de la production, suivie d'une reprise partielle en 2010 et d'une reprise presque complète en 2011. L'industrie de l'aluminium, dont la production a augmenté de près de 100 % depuis 1990, montre une réduction des émissions de procédé de 29 %. La baisse globale de 57 % des émissions de GES entre 1990 et 2011 provenant des procédés des industries chimiques est principalement due à la fermeture de l'usine d'acide adipique en Ontario. Les diminutions ont cependant été partiellement contrebalancées par une augmentation des émissions des catégories Production d'ammoniac et Production d'acide nitrique.

### Agriculture—Émissions de 2011 (54 Mt)

L'agriculture canadienne peut être séparée en deux volets : élevage du bétail et 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 petite partie de l'économie agricole.

Les émissions provenant directement de la production animale et agricole contribuaient à 54 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>, ou 8 %, des émissions totales de GES en 2011 au Canada, soit une augmentation de 7 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>, ou 15 %, depuis 1990. L'agriculture compte pour 23 % des émissions nationales de CH<sub>4</sub> et 72 % des émissions de N<sub>2</sub>O.

Les principaux facteurs régissant la tendance des émissions dans le secteur Agriculture sont l'augmentation des cheptels bovin et porcin, et des accroissements de l'utilisation d'engrais azotés de synthèse dans les Prairies.

De façon globale, la contribution relative des émissions provenant du bétail est restée supérieure à 60 % des émissions agricoles totales, sauf tout récemment. De 2005 à 2008, les émissions du secteur Agriculture se sont stabilisées, les déclinés des émissions de la production de bétail étant compensés par les augmentations dans la production agricole. Avec la baisse continue des populations de bétail depuis 2008 et le faible rendement des cultures en 2011, les émissions agricoles se situent environ 4 Mt plus bas que le niveau moyen d'émissions pour la période de 2005 à 2008.



## Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie—2011 (source nette de 87 Mt)

Le secteur ATCATF (affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie) déclare les flux de GES entre l'atmosphère et les terres gérées du Canada, et ceux associés au changement d'affectation des terres. Contrairement aux autres estimations de l'inventaire, les émissions et absorptions de GES des terres gérées du Canada peuvent comprendre de très importants échanges dus à des phénomènes non anthropiques. 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 émissions de CO<sub>2</sub> vers l'atmosphère et des absorptions à partir de celle-ci, plus les émissions autres que le CO<sub>2</sub>. En 2011, ce flux net correspondait à des émissions de 87 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>, qui auraient fait croître le total canadien d'émissions de GES d'environ 12 %. Les tendances du secteur ATCATF sont régies en premier lieu par celles des terres forestières, des terres cultivées et de la conversion des forêts.

Dans les terres forestières, le flux net montre une importante variabilité interannuelle due au comportement imprévisible des feux de forêt, qui masque les régimes d'intérêt sous-jacents dans le secteur. Parmi les importantes tendances des sous-secteurs associées aux activités humaines dans les forêts aménagées figure une hausse de 28 % de la quantité de carbone extraite dans le bois récolté entre 1990 et le record de récolte de 2004. Depuis, les activités de gestion forestière ont connu des baisses significatives, avec un déclin de 33 % des taux de récolte, qui ont atteint en 2009 leur minimum pour la période de 22 ans couverte par le présent rapport (30 Mt C). Néanmoins, les effets immédiats et à long terme des grandes perturbations naturelles dans les forêts aménagées, comme l'infestation de dendroctone du pin dans l'ouest du Canada, vont sans aucun doute continuer de dominer la tendance apparente.

La baisse constante des émissions provenant des terres cultivées est notable, passant de 12 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 1990 à une absorption nette de 8 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2011. Cette situation découle en grande partie des changements apportés aux pratiques de gestion agricole dans l'Ouest canadien, tels que l'adoption généralisée de pratiques culturelles de conservation du sol (plus de 13 Mha de terres cultivées depuis 1990), une réduction de 68 % des jachères

et une augmentation des cultures fourragères vivaces. Les absorptions nettes de CO<sub>2</sub> dues à la gestion des sols minéraux ont augmenté, passant de 2,1 Mt en 1990 à 14 Mt en 2011. Une diminution de la conversion des terres forestières en terres cultivées a aussi contribué à cette tendance.

## Déchets—Émissions de 2011 (22 Mt)

Les émissions de CH<sub>4</sub> qui proviennent de l'enfouissement des déchets solides dans le sol (décharges) constituent la principale catégorie de source dans le secteur Déchets; elles contribuaient à environ 92 % des émissions de ce secteur. Les émissions de CH<sub>4</sub> des décharges municipales publiques et privées constituaient la majeure partie de la catégorie de l'enfouissement des déchets solides dans le sol (environ 88 %). Une fraction plus petite (environ 12 %) provient des usines de pâtes et papiers et des scieries qui enfouissent sur place leurs résidus de bois; cette pratique est cependant en train de baisser à mesure que progresse le marché des résidus de bois.

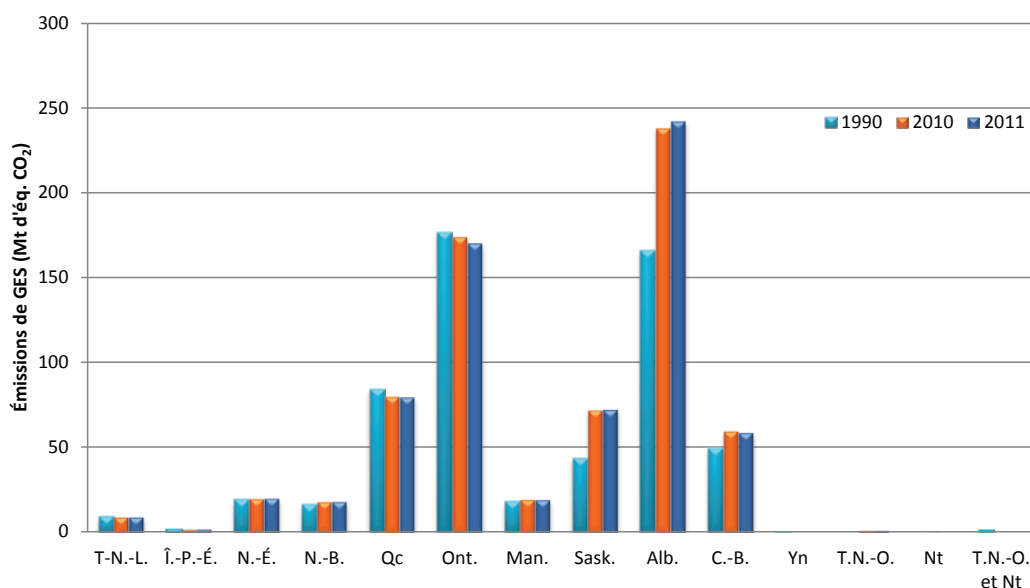
Depuis 1990, les émissions globales du secteur ont augmenté de 14 %, surtout à cause de la croissance des émissions provenant des sites d'enfouissement. La quantité de gaz d'enfouissement capté a augmenté de 81 % pour atteindre 349 kt de CH<sub>4</sub> en 2011. Une proportion de 51 % du total du gaz d'enfouissement capté a été utilisée pour produire de l'énergie, et le reste de ce gaz a été brûlé par torchage. Le nombre de sites d'enfouissement munis d'un système de captage du gaz augmente rapidement au Canada, 68 de ces systèmes étant actifs en 2011 (soit une hausse d'environ 45 % depuis 2005).

Les installations de traitement des eaux usées et d'incinération des déchets du Canada sont des sources mineures d'émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O, qui sont généralement restées stables.

## S.4 Émissions de GES des provinces et territoires

L'Ontario, avec sa vaste base manufacturière, était la province la plus émettrice en 1990, mais elle a été dépassée, ces dernières années, par l'Alberta (Figure S-8). Depuis 1990, la province de l'Alberta a connu une augmentation de 46 % de ses émissions, surtout à cause de la production accrue de ses ressources pétrolières destinées à l'exportation.

Figure S-8 Émissions par province en 1990, 2010 et 2011



En général, l'année 2011 a connu une croissance de la demande de production industrielle comparativement à 2010 et, par conséquent, une augmentation des émissions de GES provenant des activités manufacturières, particulièrement en Ontario. Cependant, au cours de la même période, les émissions du secteur de l'électricité de l'Ontario ont diminué de 4,8 Mt (24 %). Dans l'ensemble, le secteur de l'électricité de l'Ontario a connu une baisse de ses émissions de 19 Mt (56 %) par rapport aux niveaux de 2005, grâce surtout à la fermeture de centrales au charbon.

En 2011, les émissions combinées de l'Alberta et de l'Ontario contribuaient à 59 % (35 % et 24 %, respectivement) du total national de 702 Mt. Les provinces du Québec et de la Colombie-Britannique, qui disposent d'abondantes ressources hydroélectriques, ont montré des régimes d'émissions plus stables au cours de la même période avec, cependant, une diminution modérée au Québec par rapport aux niveaux de 1990. Ces derniers profils peuvent plus ou moins s'appliquer aux autres provinces canadiennes, exception faite de la Saskatchewan, où les activités dans l'industrie pétrolière et gazière ainsi que dans l'extraction de potasse et d'uranium ont fait croître les émissions de 67 % entre 1990 et 2011.

Enfin, on a observé des augmentations des émissions dues au transport, surtout dans les provinces dont la population s'est accrue, soit l'Ontario, l'Alberta et la Colombie-Britannique; ces émissions ont monté de 38 % entre 1990 et 2011.

## S.5 Système national et gestion de la qualité

La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999) (Canada 1999) confère l'autorité législative pour désigner Environnement Canada comme unique entité nationale chargée préparer et de présenter l'inventaire national à la CCNUCC ainsi que d'élaborer un système national. Le système national du Canada inclut les dispositions institutionnelles nécessaires à la préparation de l'inventaire, dont :

- les rôles et responsabilités de l'organisme responsable de l'inventaire et des divers intervenants concernés;
- les processus de préparation de l'inventaire, de collecte de données et d'élaboration des estimations;
- la gestion de la qualité de l'inventaire;
- les procédures d'approbation officielle de l'inventaire.

La présentation annuelle d'informations au système national, y compris les détails des dispositions institutionnelles de préparation de l'inventaire, est aussi une exigence des lignes directrices de la CCNUCC pour les inventaires annuels (section 1.2).

Les procédures d'assurance de la qualité et de contrôle de la qualité (AQ/CQ) font partie intégrante de la préparation du présent inventaire (annexe 6). Le système canadien comporte un plan d'AQ/CQ, un système d'archivage, des procédures documentées pour la collecte des données et l'élaboration des estimations, l'identification des

principales catégories de sources par analyse (annexe 1), des évaluations quantitatives de l'incertitude (annexe 7) et un processus de recalcul à des fins d'amélioration de l'inventaire (chapitre 9). Les nouveaux calculs résultant de changements aux données sur les activités sont présentés dans les chapitres pertinents au secteur où les changements se sont produits (chapitre 3-8).

Dans l'inventaire de cette année, il convient de noter tout particulièrement que l'estimation révisée pour 2010 au Canada a augmenté d'environ 9 Mt par rapport aux 692 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>. Cette révision est principalement due aux améliorations des données sous-jacentes sur l'énergie et rend compte des mises à jour concernant la consommation de gaz naturel pour les activités d'exploitation de ressources pétrolières et gazières. Les précisions concernant cette révision sont données au chapitre 3.

## S.6 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 sont un ensemble de tableaux de données standardisés, présentant surtout des informations numériques, qui sont présentés par voie électronique. Le RIN contient l'information sur laquelle sont fondés les tableaux du CUPR, dont une description exhaustive des méthodologies utilisées pour compiler l'inventaire, les sources de données, les structures institutionnelles et les procédures d'assurance de qualité et de contrôle de la qualité.

La partie 1 du RIN comprend les chapitres 1 à 9. Le chapitre 1 (Introduction) fournit un survol des dispositions légales, 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. On trouve au chapitre 2 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 du CUPR de la CCNUCC. Le chapitre 9 comprend 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, des procédures d'assurance et de contrôle de la qualité, des évaluations du niveau d'exhaustivité, l'incertitude des données de l'inventaire, les coefficients d'émission, les procédures d'arrondissement des calculs, et un sommaire des précurseurs de l'ozone et des aérosols.

La partie 3 est composée des annexes 11 à 13 qui présentent 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 d'émission de GES 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.

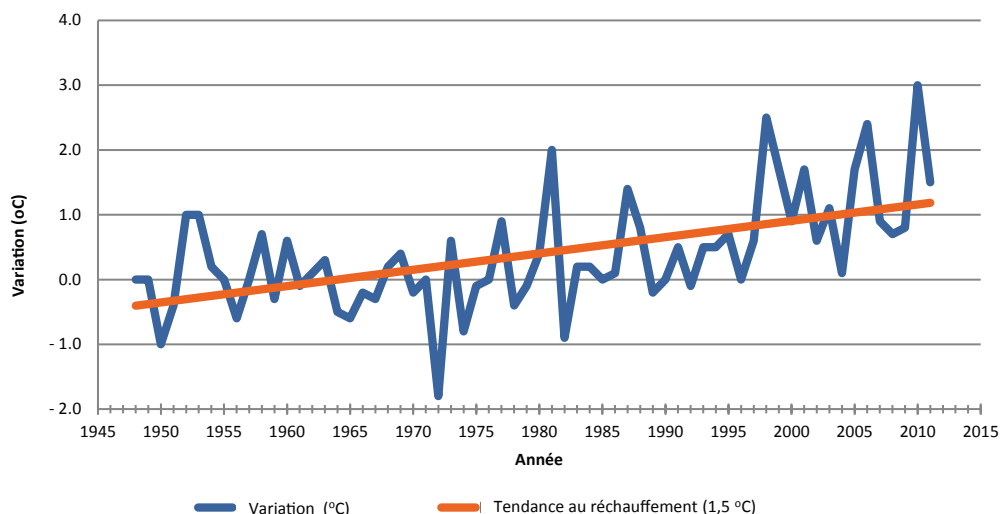
Par ailleurs, le climat désigne le régime météorologique moyen (généralement établi sur une période de 30 ans)

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 ( $\text{CO}_2$ ) s'est accrue de 140 %, celle de méthane ( $\text{CH}_4$ ) de 259 %, et celle d'oxyde de diazote ( $\text{N}_2\text{O}$ ) de 120 % (OMM, 2012). À l'échelle mondiale entre 1970 et 2004, les émissions de GES attribuables aux activités humaines ont augmenté d'environ 70 % (GIEC, 2007a). Ces tendances peuvent être expliquées en grande partie par l'utilisation des combustibles fossiles (y compris l'approvisionnement en énergie, les transports, les bâtiments résidentiels et commerciaux et la consommation industrielle) ainsi que le changement d'affectation des terres, dont la perte permanente du couvert forestier.

Selon le quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Figure 1-1 Variations des températures annuelles du Canada et tendance à long terme, 1948-2011 (°C)



Source des données : Environnement Canada (2012)

(GIEC) [GIEC, 2007b], les impacts du changement climatique présenteront des différences régionales. En général, on s'attend à une élévation des températures et du niveau de la mer et à une augmentation de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes. Dans certaines régions, les effets pourraient être catastrophiques, alors que d'autres régions pourraient bénéficier des changements climatiques. Les impacts dépendront de la forme et de l'ampleur de ces changements et, dans le cas des effets négatifs, de la capacité des systèmes naturels et humains à s'y adapter. Au Canada, les répercussions des changements climatiques pourraient se traduire par des phénomènes météorologiques extrêmes, une diminution des ressources d'eau douce, un accroissement des risques et de la gravité des feux de forêt et des infestations d'insectes, une réduction de l'étendue des glaces dans l'Arctique et une accélération de la fonte des glaciers.

La température moyenne nationale du Canada pour l'année 2011 était de 1,5 °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 1,5 °C au cours des 64 dernières années (Environnement Canada, 2012).

### 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 régulièrement<sup>1</sup>, publier et mettre à la disposition de la Conférence des Parties des inventaires nationaux des émissions anthropiques<sup>2</sup> par les sources et des absorptions par les puits de tous les GES qui ne sont pas réglementés par le Protocole de Montréal, 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 1990-2011. 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 : 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 Conférence des Parties (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 : CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>), 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<sub>x</sub>), les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) et les oxydes de soufre (SO<sub>x</sub>).

#### 1.1.2.1. Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

Le CO<sub>2</sub> 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

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.



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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère à l'échelle planétaire, mesurées depuis la période préindustrielle. Les sources anthropiques d'émissions de CO<sub>2</sub> comprennent la combustion de combustibles fossiles et de biomasse pour produire de l'énergie, chauffer et la 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 (CH<sub>4</sub>)

Le CH<sub>4</sub> est un gaz incolore, inodore et inflammable se présentant sous la forme du plus simple hydrocarbure. Le CH<sub>4</sub> est présent dans l'atmosphère terrestre à de faibles concentrations et il agit en tant que gaz à effet de serre. Le CH<sub>4</sub>, 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 CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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 (N<sub>2</sub>O)

Le N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O est le plus souvent produit en chauffant le nitrate d'ammonium (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>). 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 N<sub>2</sub>O 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 semiconducteurs. 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 semiconducteurs et le gonflement de la mousse.

### 1.1.2.6. Hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>)

Le SF<sub>6</sub> est un gaz synthétique incolore, inodore et non toxique (sauf s'il est exposé à des températures extrêmes),

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

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

Note :  
 Le PRP du CH<sub>4</sub> 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 CO<sub>2</sub> ne sont pas inclus.

et il agit en tant que gaz à effet de serre en raison de sa très grande capacité de rétention de la chaleur. Le SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> 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

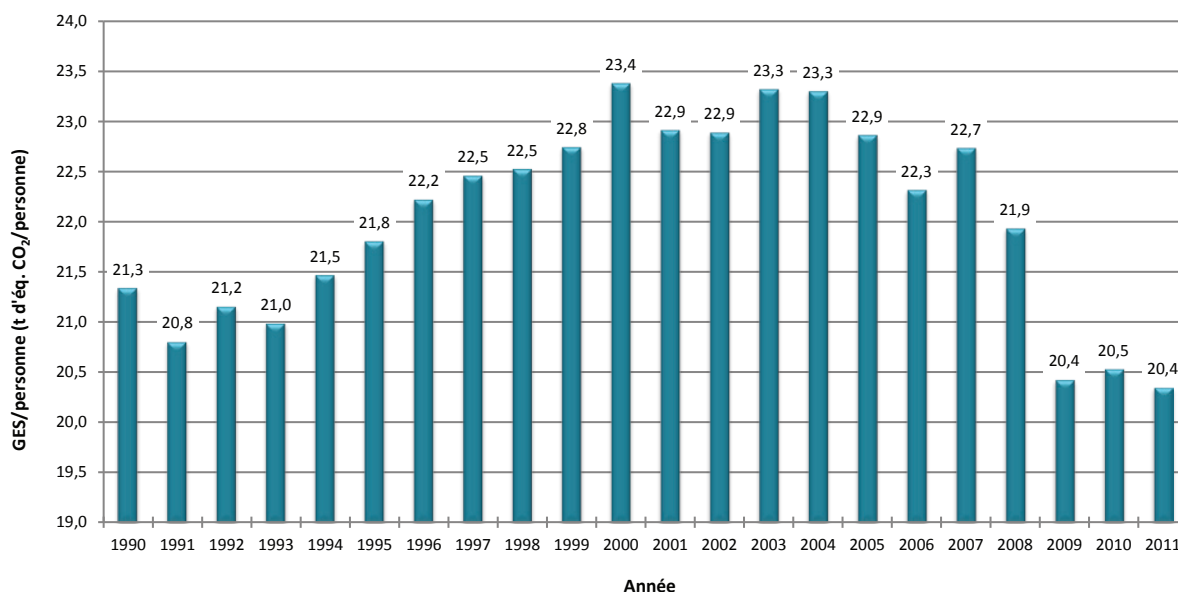
Il convient de noter que les gaz à effet de serre ne sont pas similaires. En fait, chacun a une durée de vie dans

l'atmosphère et un potentiel de rétention de chaleur qui lui est propre. Cela étant, pour interpréter les données sur les émissions présentées dans le rapport, il faut comprendre que l'effet de forçage radiatif<sup>3</sup> 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 troposphère, qui tient compte à la fois du

3 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).



Figure 1–2 Tendence des émissions de GES par personne au Canada, 1990–2011



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 CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub>. Les émissions de gaz à effet de serre sont souvent calculées par rapport à la quantité de CO<sub>2</sub> qui serait nécessaire pour produire un effet de réchauffement similaire. C'est ce qu'on appelle l'équivalent en dioxyde de carbone (ou éq. CO<sub>2</sub>). 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 (CH<sub>4</sub>) 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. CO<sub>2</sub>.

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 11) 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 2 % des émissions mondiales de GES en 2005 (CAIT, 2012), 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 2011, ce chiffre est descendu à 20,4 t (Statistique Canada, 2012) (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 Parties visées à l'Annexe 1, avec une augmentation de ses émissions de 17,4 % entre 1990 et 2010 (figure 13) et au premier rang des pays du G8.

## 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 1-3 Variation en pourcentage des émissions agrégées de GES pour les Parties visées à l'Annexe I, sans le secteur ATCATF, 1990-2010**



Source : CCNUCC (2012)

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<sup>e</sup> étage, 200, boul. Sacré-Cœur  
Gatineau QC K1A 0H3

Présentation 2013 du Canada à la CCNUCC

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

La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999) [LCPE 1999] confère à Environnement Canada l'autorité législative pour mettre en œuvre un système national d'inventaire ainsi que la responsabilité de préparer et de présenter l'inventaire national à la CCNUCC (Gouvernement du Canada 1999).

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 ainsi qu'Agriculture et Agroalimentaire 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 1.2.2.3, 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.

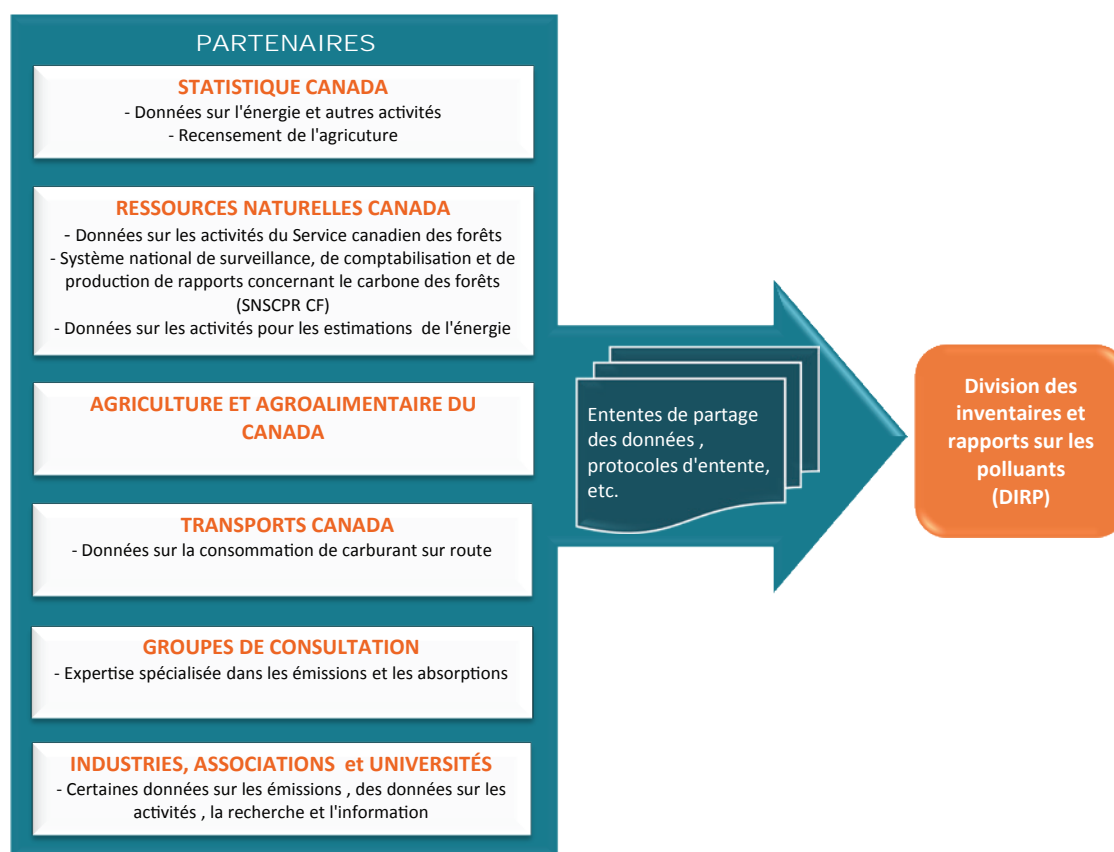
### 1.2.2.1. Statistique Canada

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 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

Figure 1-4 Partenaires du système national



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

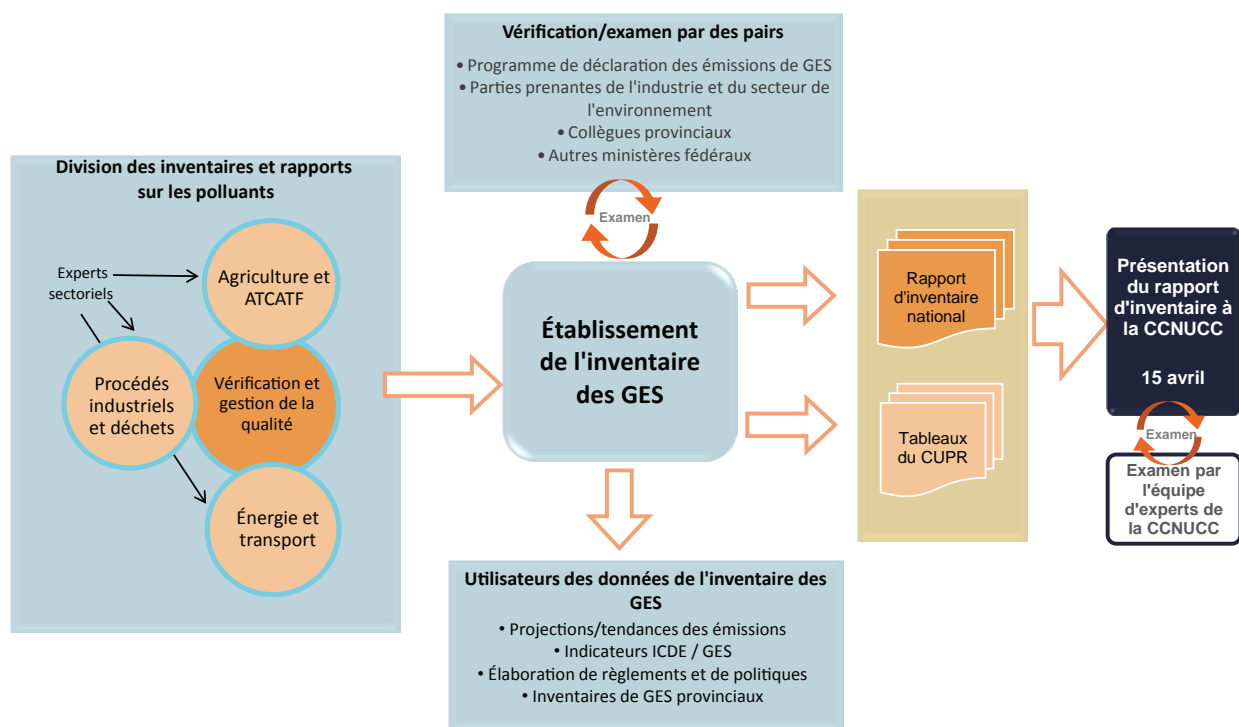
Depuis 2005, Environnement Canada a confié des responsabilités officielles à Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) et au Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada (SCF de RNCAN) pour l'élaboration d'éléments clés du secteur ATCATF, et a défini à cette fin des mécanismes formels 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 RNCAN. Des groupes de travail techniques sont respectivement chargés des soussecteurs 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 RNCAN 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

Figure 1–5 Processus de préparation de l'inventaire



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 RNCAN/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.

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 SNSCPR 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 1.2.2.3), 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 CO<sub>2</sub>, les

PFC et le SF<sub>6</sub>. Une entente similaire a été négociée avec l'Association canadienne de l'électricité pour la fourniture de données sur les émissions de SF<sub>6</sub> 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 (voir la 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'examen 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.

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, des travaux de 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'avantprojet 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 : CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, et SF<sub>6</sub>. Les Lignes directrices pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre de 2006 proposent des méthodes actualisées, mais-celles-ci n'ont pas encore été mises en œuvre pour les déclarations à la CCNUCC.

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<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, 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)<sup>4</sup>. 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 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

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



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 quatre principaux objectifs du programme sont les suivants :

- fournir aux Canadiens une information opportune sur les émissions de GES;
- valider les estimations présentées dans l'inventaire national des gaz à effet de serre;
- respecter les exigences provinciales et territoriales relatives aux données sur les émissions de GES;
- appuyer l'élaboration de règlements.

Les données sur les gaz à effet de serre déclarées au PDGES sont recueillies par le Système de déclaration à Guichet unique d'Environnement Canada<sup>5</sup> 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;
- les fabriques de pâtes et papiers et les scieries;
- les raffineries de pétrole;
- les usines de produits chimiques.

L'information obtenue dans le cadre du PDGES auprès de ces grandes installations industrielles appuie la prise de décisions stratégiques et l'élaboration 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 CO<sub>2</sub> ou plus doivent présenter un rapport d'émissions de GES au plus tard le 1<sup>er</sup> 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 qui sont utilisées pour préparer l'inventaire national des GES.

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

Le site Web<sup>6</sup> 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 2011 représentent à peine plus du tiers (36 %) des émissions totales de GES du Canada en 2011 (702 Mt) et plus de la moitié (57 %) des émissions de GES du secteur

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

6 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.asp?lang=En&n=040E378D-1](http://www.ec.gc.ca/ges-ghg/default.asp?lang=En&n=040E378D-1)

Tableau 1–2 Émissions de GES déclarées en 2011 par les installations, par province

Province	Nombre d'installations	Émissions totales (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )	Pourcentage des émissions totales
Terre-Neuve-et-Labrador	8	4 255	2%
Île-du-Prince-Édouard	1	65	0,02%
Nouvelle-Écosse	13	9 893	4%
Nouveau-Brunswick	13	7 854	3%
Québec	78	20 199	8%
Ontario	141	49 310	19%
Manitoba	14	2 020	1%
Saskatchewan	36	22 461	9%
Alberta	160	123 271	48%
Colombie-Britannique	69	14 227	6%
Territoires du Nord-Ouest	4	554	0,2%
Nunavut	2	199	0,08%
<b>Total</b>	<b>539</b>	<b>254 308</b>	

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

industriel du Canada<sup>7</sup>. 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.

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. C'est le niveau de détail et le type de données disponibles qui déterminent dans quelle mesure les informations sur les émissions déclarées de GES peuvent être pleinement intégrées. 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.

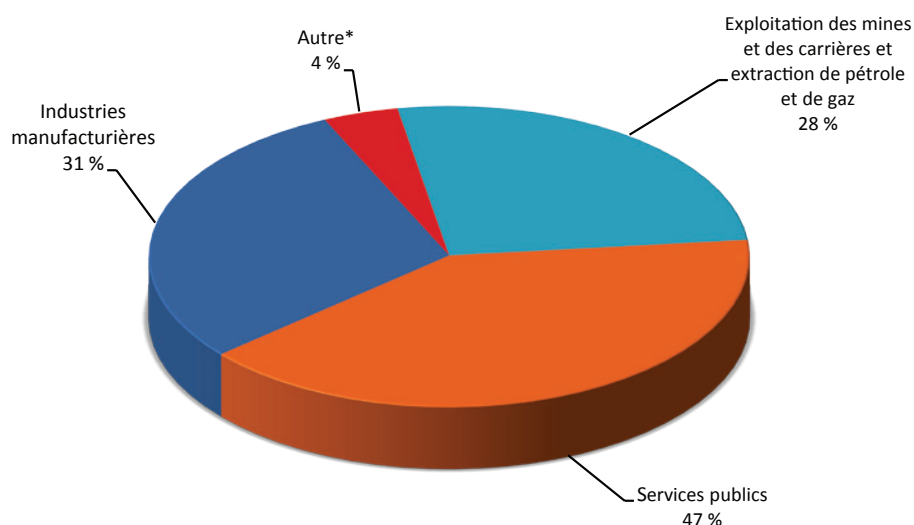
7 Les « émissions de GES du secteur industriel » du Canada mentionnées ici comprennent les catégories de GES suivantes tirées du Rapport d'inventaire national, 1990–2010 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada : sources de combustion fixes (à l'exception du secteur résidentiel), autre transport,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

#### 1.4.1.2. Émissions de GES déclarées par les installations en 2011

Au cours de cette huitième 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 2011. Un total de 539 installations a présenté une déclaration sur des émissions de GES pour l'année civile 2011; ensemble, elles ont émis 254 Mt de GES<sup>8</sup>. Au nombre de ces installations, 306 ont déclaré avoir émis plus de 100 kt d'éq. CO<sub>2</sub>, ce qui représente 95 % du total des émissions déclarées, 28 ont déclaré leurs émissions de GES pour la première fois et ensemble, les émissions de ces installations représentaient 0,7 % du total déclaré. Les installations peuvent déclarer sur une base volontaire leurs émissions de GES si celles-ci sont inférieures au seuil de déclaration; 46 installations l'ont fait en 2011. 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 48 % 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 (voir le Tableau 1–2). Cette ventilation régionale des émissions de GES reflète bien la concentration des grandes installations industrielles dans certaines provinces

8 Les données présentées sont à jour au 6 décembre 2012.

Figure 1-6 Émissions de GES déclarées en 2011 par les installations, par secteur industriel (254 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>)

\* La catégorie Autre inclut divers types d'installations, comme les pipelines 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.

par rapport à d'autres et l'utilisation relative 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)<sup>9</sup> qui correspond à ses activités. En 2011, trois secteurs industriels du SCIAN ont représenté la majorité des émissions de GES :

- le secteur des services, principalement les installations de production d'électricité, représentant 37 % (94 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>);
- le secteur manufacturier, représentant 31 % des émissions (78 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>);
- le secteur de l'exploitation des mines et des carrières et de l'extraction du pétrole et du gaz, représentant 28 % des émissions (71 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) (voir la Figure 1-6).

La catégorie « Autre » inclut divers types d'installations, comme les pipelines de transport de gaz naturel, les sites d'enfouissement de déchets solides, les aéroports, les universités, les hôpitaux et les immeubles de l'administration publique. Ces installations représentent les 4 % restants d'émissions (11 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>), dont la majeure

partie provient des pipelines de transport de gaz naturel (6 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) et des sites d'enfouissement de déchets solides (4 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>).

Parmi les autres faits saillants du cycle de collecte de données du PDGES de 2011 figurent les suivants :

- Les principales sources d'émissions qui ont contribué au total des émissions de GES déclarées en 2011 sont les sources de combustion de combustibles fixes et les procédés industriels, dans une proportion respective de 76 % et de 15 % du total des sources combinées de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de méthane (CH<sub>4</sub>) et d'oxyde de diazote (N<sub>2</sub>O).
- Les émissions totales déclarées par les installations ont reculé de 3 % (8 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) dans l'ensemble par rapport à un total déclaré en 2010 et légèrement révisé de 262 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>. Ce recul est en grande partie attribuable à une baisse de 12 Mt des émissions des centrales utilisant des combustibles fossiles pour produire de l'électricité, atténuée par une hausse des émissions des secteurs de l'exploitation du pétrole et du gaz naturel et manufacturier et du secteur de la production de produits chimiques.
- Les émissions totales de l'ensemble des installations ayant présenté une déclaration affichent une baisse globale de 8 % depuis 2005. Les installations du secteur des services publics et du secteur manufacturier situées en Ontario accusent les baisses les plus importantes (18 et 9,5 Mt respectivement) au cours de la période de 7 ans, tandis qu'on observe une augmentation des émissions dans le secteur de l'exploitation des mines et des carrières et de l'extraction du pétrole et du gaz ,

<sup>9</sup> 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 soussecteurs, 323 groupes industriels, 711 industries et 922 industries nationales.

principalement en Alberta. Dans les autres provinces, pour la grande majorité, les installations ont déclaré une baisse des émissions totales, inférieure à 1 Mt et pouvant atteindre jusqu'à 5 Mt

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 *Aperçu des émissions de gaz à effet de serre déclarées en 2011*<sup>10</sup>.

## 1.5. Catégories clés

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 clé* 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 :

1. L'usage privilégié de méthodes détaillées du plus haut niveau.
2. 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 1990-2011, les évaluations du niveau et des tendances des catégories clés 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

<sup>10</sup> La publication est disponible à l'adresse suivante : <http://www.ec.gc.ca/ges-ghg/default.asp?lang=Fr&n=8044859A-1>.

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 l'assurance de la qualité et le contrôle de la qualité.

## 1.7. Degré d'incertitude de l'inventaire

Même si les inventaires nationaux de GES doivent être précis, exhaustifs, comparables, transparents et vérifiables, les estimations seront toujours entachées d'incertitudes.<sup>11</sup> Ces incertitudes peuvent résulter de des paramètres d'entrée ou être inhérente 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. Les lignes directrices du GIEC précisent que l'objectif principal des informations quantitatives sur l'incertitude est de participer à l'établissement de l'ordre des priorités afin d'améliorer les inventaires futurs et d'orienter les décisions sur les méthodes à utiliser. En général, le degré d'incertitude qui se rattache aux tendances et aux totaux nationaux est nettement inférieur à celui qui se rattache aux gaz et aux secteurs individuels.

L'annexe 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,  $\pm 39\%$ . 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  $\pm 8$ ,  $\pm 19$  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;
- Agriculture – Sols agricoles – Émissions directes de  $N_2O$ .

Quand les émissions et les absorptions de l'ATCATF sont incluses dans le total national, l'incertitude s'élève à  $15\%$ .

L'incertitude des tendances, excluant l'ATCATF, a été mesurée à  $0,94\%$ . Par conséquent, l'augmentation totale des émissions depuis 1990 est susceptible à  $95\%$  d'être comprise entre  $17,8\%$  et  $19,7\%$ . 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. catégories ne sont pas présentes 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

<sup>11</sup> 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)

adéquates et rentables qui a conduit à exclure une source mineure.

1

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<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O provenant des résidus de cultures brûlés ont été estimées. Dans le secteur ATCATF, 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, 1990-2011

### 2.1. Sommaire des tendances

En 2011, 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 702 Mt, soit une augmentation d'environ 19 % par rapport aux niveaux de 1990. Entre 2010 et 2011, elles ont augmenté de 0,1 % ou 1 Mt.

Les industries des combustibles fossiles<sup>1</sup> sont responsables d'environ 51 % de la croissance totale de 111 Mt des émissions depuis 1990, tandis que le sous-secteur

des transports<sup>2</sup> est, pour sa part, responsable de 49 % 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. Même si ce sont les augmentations des émissions attribuables aux industries des combustibles fossiles et aux transports qui ont le plus influé sur les tendances des 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 SF<sub>6</sub> (7 Mt) et des commerces et des institutions (4 Mt). Les secteurs des industries manufacturières et des procédés industriels ont, pour leur part, connu une diminution de leurs émissions de 15 Mt et de 2 Mt, respectivement. L'augmentation des émissions qui s'est produite depuis 1990 – d'environ 19 % – est très semblable à l'augmentation de la consommation d'énergie primaire, qui est d'environ 21 %.

Durant cette période, le produit intérieur brut (PIB) du Canada a augmenté beaucoup plus (environ 65 %) que les émissions, et, par conséquent, l'intensité économique des émissions de GES (GES selon le PIB) a diminué d'environ 28 % (Tableau 2-1). 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.

1 Les émissions des « industries des combustibles fossiles » comprennent les émissions issues des sous-secteurs des mines et de l'extraction de pétrole et de gaz, de la production et du raffinage de combustibles fossiles, des pipelines (transports) ainsi que les rejets fugitifs.

2 Le sous-secteur « Transport » comprend le transport moins les pipelines.

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

Année	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Total des GES (Mt)	591	718	737	749	731	689	701	702
Variation depuis 2005 (%)	S.O.	S.O.	S.O.	1,5	-0,9	-6,6	-5,0	-4,8
Variation depuis 1990 (%)	S.O.	21,4	24,8	26,7	23,7	16,6	18,6	18,7
PIB - (milliards de \$ de 2007)	983	1 321	1 495	1 566	1 582	1 533	1 592	1 620
Variation depuis 2005 (%)	S.O.	S.O.	S.O.	4,7	5,8	2,5	5,8	8,4
Variation depuis 1990 (%)	S.O.	34,4	52,1	59,3	60,9	55,9	61,0	64,8
Intensité des GES (Mt/milliards de \$ de PIB)	0,60	0,54	0,49	0,48	0,46	0,45	0,44	0,43
Variation depuis 2005 (%)	S.O.	S.O.	S.O.	-3,0	-6,3	-8,9	-10,2	-12,2
Variation depuis 1990 (%)	S.O.	-9,7	-18,0	-20,5	-23,2	-25,2	-26,3	-28,0

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).



Les émissions de gaz à effet de serre de 2011 étaient moindres qu'en 2005 d'environ 36 Mt. Durant cette période, les émissions attribuables à l'électricité ont baissé de 30 Mt, principalement à cause de la production réduite d'énergie thermique au charbon – qui a atteint ses plus bas niveaux depuis 1990 – de l'adoption de ressources renouvelables et de l'efficacité accrue de la production d'électricité par combustion. L'augmentation de la capacité de production hydroélectrique a aussi contribué à réduire la quantité d'électricité produite par combustion et donc les émissions.

Les émissions causées par les procédés industriels et la production d'énergie dans le secteur des industries manufacturières ont connu une baisse totale de 12 Mt (11 %) entre 2005 et 2011, à cause d'une diminution importante de la production, accentuée par la chute du PIB des entre-

prises manufacturières qui s'est matérialisée particulièrement au cours des dernières années.

## 2.2. Tendances des émissions par gaz

Le CO<sub>2</sub> est de loin le gaz qui contribue le plus aux émissions de gaz à effet de serre du Canada, et sa contribution relative a très peu changé entre 1990 et 2011 (de 78 % à 79 %).

Figure 2-1 Émissions canadiennes de GES par gaz, 1990 et 2011 (à l'exclusion du secteur ATCATF)

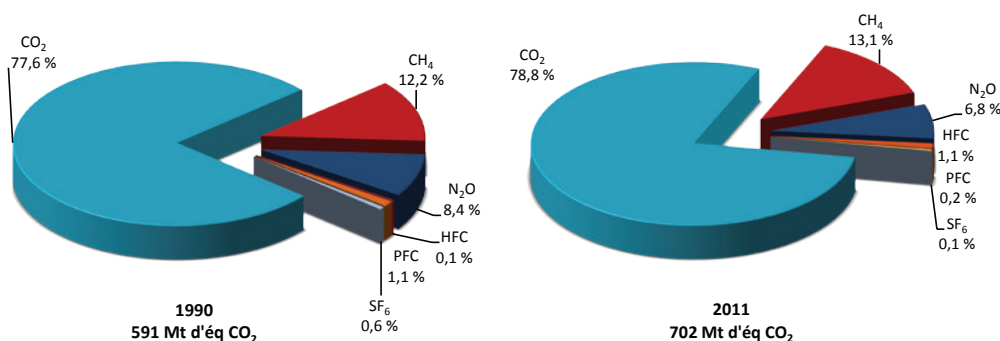


Tableau 2-2 Émissions de GES du secteur de l'énergie, selon les catégories du GIEC, certaines

Puits/sources de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Énergie	469	589	597	610	592	560	570	572
Combustion de combustibles (Méthode sectorielle) (1.A)	427	526	534	547	530	502	512	512
Industries énergétiques (1.A.1)	145	197	194	194	182	166	166	155
Exploitation minière (1.A.2.F.ii)	6,6	12,1	18,9	28,9	30,0	31,7	35,0	36,4
Industries manufacturières et construction (1.A.2) <sup>1</sup>	57,7	56,7	50,1	49,0	46,4	41,5	42,6	44,1
Transport (1.A.3)	146	180	193	195	194	186	196	199
Autres secteurs (1.A.4)	71,6	80,7	78,4	79,3	78,1	75,9	72,2	77,9
Émissions fugitives (1.B)	42,4	63,0	63,4	63,0	62,0	58,8	58,6	59,7
Combustibles solides (charbon) (1.B.1)	2,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0
Pétrole et gaz naturel (1.B.2)	40,2	62,1	62,4	62,0	61,0	57,9	57,6	58,7

Note :

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

1. Le soussecteur 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 soussecteur sont attribuables à l'extraction de pétrole et de gaz.

## 2.3. Tendances des émissions par catégorie

### 2.3.1. Secteur de l'énergie (émissions de GES en 2011 : 572 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 est de fournir de l'énergie. Les émissions de ce secteur sont classées soit comme résultant de la combustion de combustibles, soit comme rejets fugitifs. 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 2011 (respectivement 512 Mt et 60 Mt). Entre 1990 et 2011, les émissions attribuables à la combustion de combustibles ont augmenté de 20 %, alors que les émissions fugitives ont progressé de 41 % (Tableau 2-2).

Les sous-secteurs des industries énergétiques, de l'exploitation minière et des émissions fugitives combinés sont ceux qui contribuent le plus aux émissions du Canada. Ces industries, qui englobent la production et le raffinage de combustibles fossiles et la production d'électricité et de chaleur et l'exploitation minière, génèrent à la fois des rejets de gaz de combustion et des émissions fugitives, qui sont calculés comme étant la somme de la catégorie « Combustion de combustibles – Industries énergétiques », « Combustion de combustibles – Exploitation minière » et « Émissions fugitives » dans le Tableau 2-2. En raison de la façon dont les données sur la combustion de combustibles sont obtenues et réunies, les émissions provenant de l'extraction de pétrole et de gaz, ainsi que du raffinage du bitume brut, constituent la grande majorité des émissions associées à l'énergie attribuables au sous-secteur des mines, l'exploitation minière classique (mines de minerai de fer, de nickel et de diamants) représentant le reste. Le sous-secteur de l'exploitation minière et celui des industries énergétiques sont combinés pour analyser

des tendances. Ensemble, le sous-secteur des industries énergétiques et ceux de l'exploitation minière et des émissions fugitives ont rejeté 251 Mt, ou 36 %, des émissions totales du Canada et environ 44 % de celles du secteur de l'énergie en 2011.

La catégorisation des sources d'émissions associées à l'énergie (Tableau 2-2) tient compte des *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), combustion de combustibles et émissions fugitives. Avec cette ventilation, la combustion de combustibles dans les industries énergétiques et l'exploitation minière ont représenté 155 et 36,4 Mt respectivement, en 2011, et les émissions fugitives, 59,7 Mt. 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 2011, elles ont progressé d'environ 453 %.

#### 2.3.1.1. Émissions dues à la combustion de combustibles (émissions de GES en 2011 : 512 Mt)

Les émissions de GES attribuables à la combustion de combustibles sont passées de 427 Mt en 1990 à 512 Mt en 2011, soit une hausse de 20 %. Les émissions attribuables à la combustion de combustibles sont réparties dans les sous-catégories suivantes de la CCNUCC : industries énergétiques, exploitation minière, secteur manufacturier et construction, transports et autres secteurs. La sous-catégorie des autres secteurs englobe les émissions des catégories résidentielles et commerciales, de même que les contributions de la combustion de combustibles de sources fixes liées à l'agriculture et aux forêts.

#### Industries énergétiques et exploitation minière (émissions de GES en 2011 : 191 Mt)

Les sous-secteurs des industries énergétiques et de l'exploitation minière constituent ensemble la deuxième part la plus importante des émissions du Canada attribuables à la combustion de combustibles (28 % du total), 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, la fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques et l'exploitation minière. En 2011, les émissions attribuables à la combustion des sous-secteurs des industries énergétiques et de l'exploitation minière se sont élevées à 191 Mt, soit une hausse de 26 % par rapport aux 151 Mt émises en 1990.

### Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public<sup>3</sup> (émissions de GES en 2011 : 93 Mt)

Cette catégorie a produit 13 % (193 Mt) des émissions de GES du Canada en 2011 (Tableau 2–3) et a contribué dans une proportion de 0,3 % à la baisse des émissions entre 1990 et 2011.

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.

Les émissions provenant de la production et de la distribution 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 légèrement diminué (0,3 Mt) entre 1990 et 2011, la production d'électricité a augmenté de 31 %. Entre 2005 et 2011, la production a augmenté de 2 %, alors que les émissions ont diminué de 30 Mt. La combinaison de sources utilisées pour produire de l'électricité depuis 1990 a généralement contrebalancé les augmentations de la demande (voir l'encadré ci-dessous).

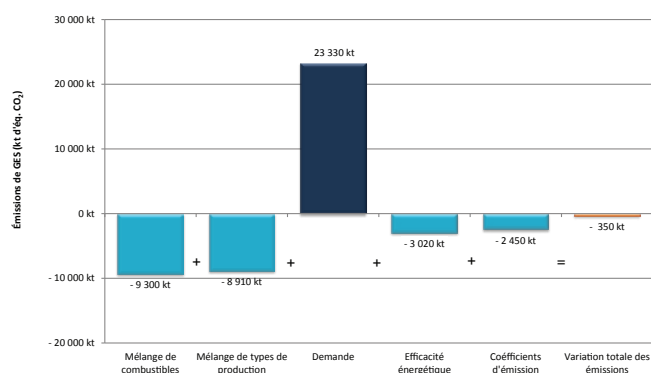
La décomposition en principaux facteurs responsables des variations des émissions permet une analyse plus détaillée. Les répercussions de ces divers facteurs sur les émissions dues à l'électricité en 2011 (comparativement aux années de référence 1990 et 2005) sont présentées à la Figure 2–2 et à la Figure 2–3. Dans ce cas-ci, les facteurs sont le mélange de combustibles, le mélange de types de production, la demande, l'efficacité énergétique et les coefficients d'émission.

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

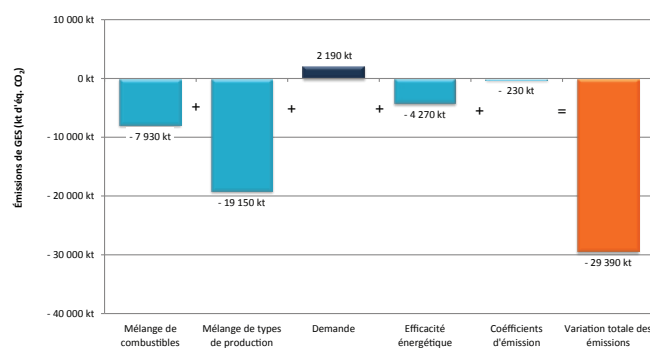
Catégorie de source de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )								Variation (%)
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	1990–2011
Production d'électricité et de chaleur	93,6	129,3	123,2	122,2	115,0	99,6	101,3	93,3	-0,3%

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

**Figure 2–2 Répercussion de certains facteurs sur les émissions dues à la production d'électricité, 1990-2011**



**Figure 2–3 Répercussion de certains facteurs sur les émissions dues à la production d'électricité, 2005-2011**



Note : Les émissions présentées dans les figures comprennent celles provenant de la production d'électricité, mais elles excluent les émissions du SF<sub>6</sub> provenant du transport et de la distribution de l'électricité.

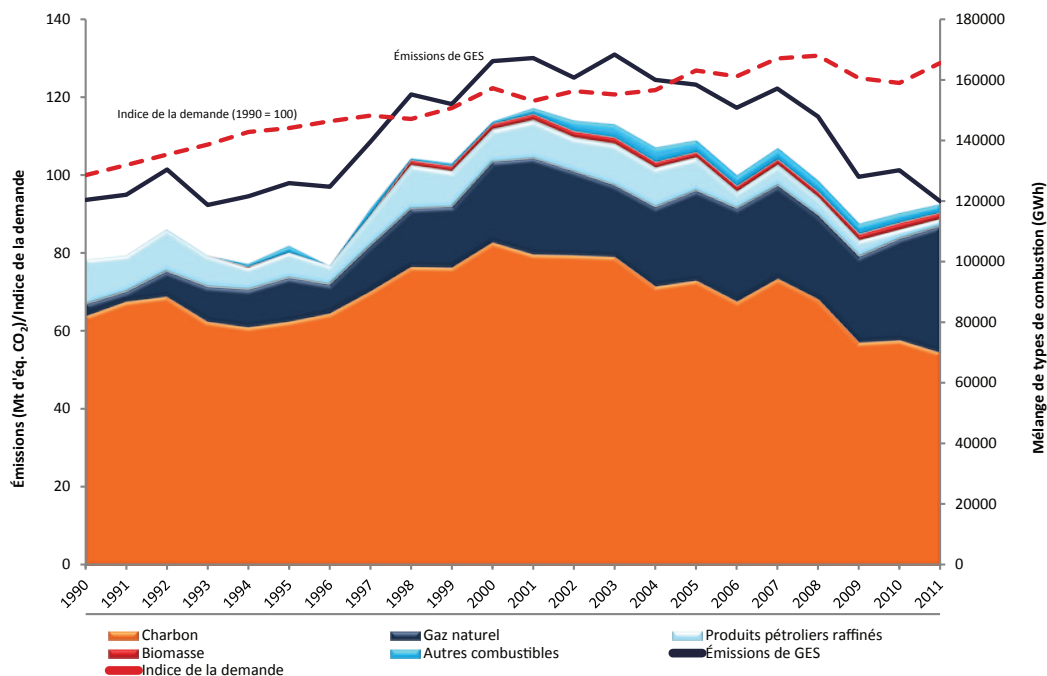
## Production par combustion et émissions de GES

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

Au début des années 1990, les émissions attribuables à la production d'électricité ont oscillé autour des niveaux de 1990 (Figure 2-4); par la suite, de 1994 à 2000, les émissions ont fait un bond de 37 %, même si la production d'électricité n'avait 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 2003, puis elles ont connu une baisse de 29 % au cours des huit années suivantes. Pendant cette période, la production d'énergie relevant du charbon et du pétrole 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 même, les sources autres que les sources de combustion (comme l'hydroélectricité et les filières nucléaires et d'autres énergies renouvelables) sont mises en service, lorsqu'elles sont disponibles. À mesure que le mélange de types de production penche en leur faveur, les émissions de GES diminuent.

Figure 2-4 Électricité produite dans le secteur public par source et émissions de GES, 1990-2011



### Notes :

- 1) Les données sur la production d'électricité se rapportent uniquement à la production d'électricité dans le secteur public, mais elles représentent plus de 90 % de l'approvisionnement total.
- 2) Les émissions du secteur de la production d'électricité ne tiennent compte que du secteur public et n'incluent pas les émissions associées au transport de l'électricité.

Les tendances illustrées à la Figure 2-2 et à la Figure 2-3 peuvent être résumées comme suit :

**Mélange de combustibles (production d'électricité par combustion)** – Entre 1990 et 2011, la quantité d'électricité produite par des centrales au gaz naturel a augmenté de plus de 1 000 %, tandis que la quantité d'électricité

produite à partir du charbon et des produits pétroliers raffinés (PPR) a diminué de 15 % et de 84 %, respectivement. La production d'électricité par les centrales au charbon a atteint un sommet en 2000, mais elle a lentement diminué depuis ce temps.

En 1990, le gaz naturel ne représentait que 4 % de l'énergie totale produite par la combustion de combustibles fossiles, le charbon et les PPR représentant le reste; en 2011, le gaz naturel représentait 35 % de la production d'électricité à partir de combustibles fossiles. 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 de façon significative les émissions de GES. La tendance a été plus significative durant la dernière partie de la période, de sorte que la plus grande incidence peut être observée entre 2005 et 2011. (Voir aussi l'encadré « Production par combustion et émissions de GES » ci-dessus.)

**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 14 % et 80 % de l'augmentation de production entre 1990 et 2011; 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 2011 a grandement contribué à la réduction des émissions depuis 1990, et c'est le facteur qui a contribué le plus à la baisse des émissions par rapport à 2005.

**Demande** – La quantité d'électricité produite en 2011 était 31 % supérieure à celle produite en 1990. La demande en électricité a augmenté dans tous les secteurs entre 1990 et 2011, avec l'importante augmentation de l'exportation aux États-Unis (184 %). Dans la période 2005-2011, la consommation d'énergie par le secteur industriel a fortement baissé, de sorte que la demande globale n'a augmenté que de 1 %.

**Efficacité énergétique et coefficients d'émission** – L'efficacité énergétique, ou les améliorations apportées sur le plan de l'équipement utilisé dans la production d'électricité par combustion, ont permis de réduire les émissions par rapport à 1990. Les variations de la teneur en énergie

observées au fil du temps se reflètent dans les coefficients d'émission. Le changement entre 1990 et 2011 est 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 par année. Les variations de la teneur en énergie observées au fil du temps pour le mazout lourd, le mazout léger et le gaz de raffinerie ont aussi eu une incidence.

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.

Pour plus d'information sur la production d'électricité et les tendances, veuillez consulter l'annexe 13 – Sommaire et tableaux sur l'intensité des émissions du secteur de l'électricité au Canada.

### **Raffinage du pétrole, production de combustibles fossiles<sup>4</sup> et exploitation minière (émissions de GES en 2011 : 98 Mt)**

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 (minerais de fer, or, diamants, potasse et agrégats). Comme on le voit au Tableau 2–4, entre 1990 et 2011, 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 40 Mt, ou 70 %. 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.

La répartition des émissions attribuables aux industries des combustibles fossiles du Canada selon les catégories

4 Dans le Rapport d'inventaire national (RIN), 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).

**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 <sub>2</sub> )								Variation (%)
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	1990-2011
Raffinage du pétrole	16,8	16,2	20,2	20,7	19,4	19,0	17,8	16,1	-4%
Production de combustibles fossiles	34,4	51,2	50,6	51,5	47,2	47,6	47,0	45,5	32%
Exploitation minière	6,6	12,1	18,9	28,9	30,0	31,7	35,0	36,4	453%
<b>Total</b>	<b>58</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>101</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>100</b>	<b>98</b>	<b>70%</b>

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

**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 <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Pétrole et gaz – secteur amont</b>	<b>82</b>	<b>130</b>	<b>138</b>	<b>145</b>	<b>140</b>	<b>139</b>	<b>142</b>	<b>143</b>
Production et traitement du gaz naturel	34	55	56	58	55	50	49	47
Production de pétrole classique	22	34	32	32	30	29	29	30
Production de pétrole léger classique et de pétrole des régions pionnières	11	13	12	12	12	11	11	12
Production de pétrole lourd classique	11	21	21	20	19	18	18	18
Sables bitumineux (exploitation minière, valorisation et extraction sur place)	15	25	34	41	42	48	52	55
Exploitation minière et extraction	4	5	9	11	11	13	14	14
Extraction sur place	5	8	11	14	17	18	21	23
Valorisation	7	12	14	16	14	17	18	18
Transport du pétrole et du gaz	11	17	16	14	13	12	11	11
<b>Pétrole et gaz – secteur aval</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>20</b>
Raffinage du pétrole	18	18	22	23	21	21	20	18
Distribution du gaz naturel	1	2	2	2	2	2	2	2
<b>Total pour le secteur du pétrole et du gaz</b>	<b>101</b>	<b>150</b>	<b>162</b>	<b>170</b>	<b>164</b>	<b>162</b>	<b>164</b>	<b>163</b>
Production de charbon	4	2	2	3	3	3	4	4
Exploitation minière à des fins non énergétiques	5	6	5	7	8	7	7	8

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

du GIEC ne fournit pas une vue sectorielle transparente des tendances au sein du secteur du pétrole et du gaz au Canada. En outre, les émissions résultant de la combustion de combustibles ne sont pas la seule source d'émissions dans ce secteur, étant donné que les émissions fugitives sont aussi significatives. Le Tableau 2-5 montre une répartition des émissions des sous-secteurs de la production de combustibles fossiles et de l'exploitation minière en des catégories plus pertinentes, dont la production et le traitement de gaz naturel, la production de pétrole clas-

sique, les sables bitumineux, la production de charbon et l'exploitation minière à des fins non énergétiques. Veuillez noter que les émissions présentées dans le Tableau 2-5 comprennent non seulement les émissions attribuables à la combustion de combustibles de sources fixes indiquées dans le Tableau 2-4, mais aussi les émissions fugitives (voir la section 2.3.1.2), ainsi que certaines émissions du sous-secteur des véhicules hors route (voir la discussion sur le transport) et les émissions issues des unités de cogénération. De plus, certaines de ces unités qui fonctionnent pour



le secteur des sables bitumineux au Canada appartiennent à des entreprises de services publics et sont exploitées par celles-ci; elles se retrouvent donc dans la catégorie du GIEC de production d'électricité et de chaleur dans le secteur public. Ces unités de cogénération sont désormais placées dans la catégorie des sables bitumineux dans le Tableau 2–5. Enfin, à des fins de complétude, les émissions issues des secteurs du transport du pétrole et du gaz (pipelines) sont ajoutées aux émissions fugitives connexes.

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 du GIEC.

Les émissions résultant de la production, du transport et du traitement du pétrole et du gaz ont atteint 163 Mt d'équivalent CO<sub>2</sub> en 2011 (23 % des émissions totales au Canada), une augmentation de 62 % par rapport à 1990. En 2011, environ 88 % des émissions totales du secteur du pétrole et du gaz peuvent être attribuées au secteur d'amont de l'industrie des combustibles fossiles, qui comprend la production de pétrole brut (de pétrole brut classique<sup>5</sup> ainsi que de bitume et de pétrole brut synthétique des exploitations de sables bitumineux), la production et le traitement de gaz naturel et le transport du pétrole et du gaz. La portion aval, qui comprend le raffinage du pétrole brut pour obtenir des produits pétroliers aux fins de vente et la distribution de gaz naturel (par des pipelines à basse pression) aux utilisateurs industriels, commerciaux et résidentiels, représente le 12 % restant des émissions totales.

En 2011, 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) (32 %), à la production et au traitement du gaz naturel (30 %), à la production de pétrole classique (18 %) 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).

## Croissance de la production

Les taux de production de combustibles fossiles varient grandement en fonction de la demande sur le marché de l'exportation et le marché intérieur (en 1990 et en 2011, les exportations nettes<sup>6</sup> de pétrole brut et de gaz naturel représentaient 49 % et 39 % de la production totale, respectivement). De 1990 à 2011, la production totale de pétrole brut et de gaz naturel a augmenté de 89 % et de 45 %, respectivement. La production de pétrole brut classique a augmenté de 6,5 %; cependant, après avoir augmenté de façon constante jusqu'en 1998, la production a été relativement constante jusqu'en 2004, puis elle a généralement diminué depuis ce temps (Statistique Canada, 2012). En revanche, la production de bitume et de pétrole brut synthétique à partir des sables bitumineux du Canada a connu une croissance de 393 %, principalement depuis 1996 (ERCB, 2012 – Figure 2–5).

La production de gaz naturel a connu une croissance rapide depuis 1990 pour atteindre un pic en 2002. Cependant, de 2002 à 2011, la production a diminué de 16 %, cette baisse étant entièrement causée par une diminution de la production de gaz naturel classique en raison d'une baisse des réserves dans la portion albertaine du bassin sédimentaire de l'Ouest canadien (BSOC), la plus grande région productrice de gaz au Canada (Nyboer et Tu, 2010). En fait, la production de gaz naturel non classique, incluant le gaz de formation imperméable, le méthane de houille et le gaz de schiste, a connu une hausse rapide. En 2011, le gaz naturel non classique représentait environ 41 % de la production totale de gaz, alors que le gaz de formation imperméable, le méthane de houille et le gaz de schiste représentaient 79 %, 14 % et 8 % du total de gaz non classique, respectivement. En comparaison, en 2002, le gaz non classique représentait 20 % de la production totale de gaz, alors que le gaz de formation imperméable représentait jusqu'à 98 %. Depuis 2002, la production de gaz non classique a fait un bond de 73 %, tandis que la production de gaz classique a diminué de 38 %.

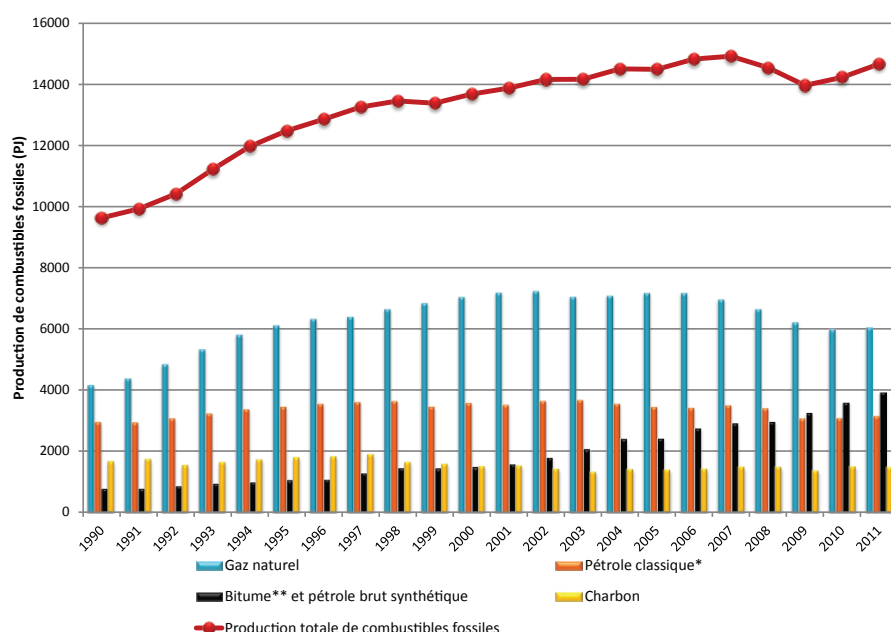
Depuis 2002, la production de pétrole brut a connu une augmentation globale d'environ 30 %. Cette croissance, qui était accompagnée d'une hausse de 148 % du prix

5 Dans ce rapport, la production de pétrole « classique » sous-entend le pétrole léger, moyen et lourd ainsi que les pentanes plus et les condensats.

6 Bien que le Canada exporte des volumes considérables de pétrole et de gaz naturel (principalement vers les États-Unis), il importe aussi des produits pétrole brut et de pétrole raffiné. Cette situation reflète en partie les événements historiques ayant aidé à assurer des importations significatives vers Montréal et d'autres lieux à l'est de la vallée de l'Outaouais. Néanmoins, en tant que pourcentage de la production totale, les exportations nettes de pétrole brut sont en hausse.



Figure 2-5 Production canadienne de combustibles fossiles de 1990 à 2011



Notes:

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

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

du pétrole brut<sup>7</sup>, a été observée presque totalement sur le marché des exportations de produits de sables bitumineux. Les exportations de pétrole brut classique ont quant à elles augmenté de 12 % et les exportations de pétrole brut non classique (bitume brut et pétrole brut synthétique) ont augmenté de 128 %. En outre, la consommation intérieure de brut a diminué de 11 % entre 2002 et 2011. En 2011, le déclin de la production de pétrole brut classique dans le BSOC a été interrompu de façon efficace pour la première fois en plus de dix ans, ce qui peut être attribué à l'utilisation accrue de puits horizontaux et de techniques de fracturation à plusieurs étapes. Cette technologie a produit de meilleurs résultats que prévu au cours des dernières années et a été encouragée par des prix plus élevés et des changements favorables sur le plan des redevances dans la province de l'Alberta (ACPP, 2011).

### 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 remplacées par des sources

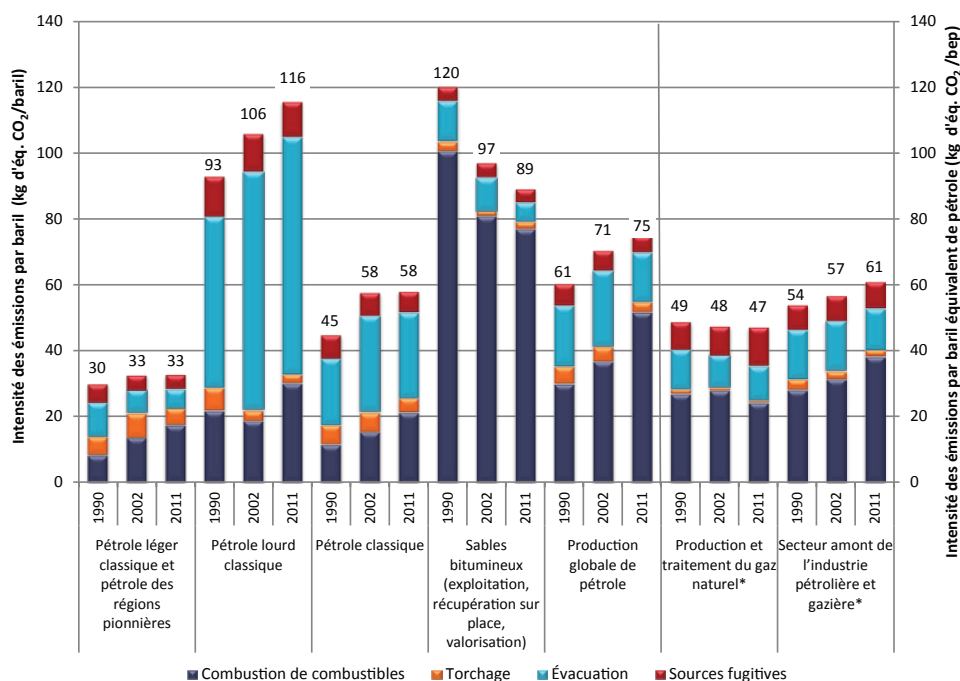
nécessitant plus d'énergie et émettant plus de GES, entre autres, le pétrole brut synthétique (c.-à-d. les sables bitumineux) et le pétrole classique plus lourd ou plus difficile à extraire comme le pétrole provenant de sources en mer et d'installations de récupération assistée du pétrole. Entre 1990 et 2000, les exigences énergétiques pour chaque baril de pétrole léger classique extrait ont augmenté d'environ 60 % (Nyboer et Tu, 2010). L'intensité des émissions se définit comme étant la quantité moyenne d'émissions de GES générées par un baril équivalent de pétrole. L'intensité des émissions attribuables à la production de pétrole (y compris le pétrole classique et non classique) au Canada a augmenté d'environ 24 % entre 1990 et 2011. 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 13 % au cours de la même période.

Faits saillants relativement à l'intensité des émissions attribuables à l'industrie des combustibles fossiles :

- L'intensité globale des émissions attribuables à l'exploitation des sables bitumineux a diminué de 26 % entre 1990 et 2011. Cette réduction est le résultat de l'innovation technologique et du renouvellement de l'équipement, d'une fiabilité accrue dans l'ensemble des activités d'exploitation et de l'évitement d'émissions dues à la valorisation en exportant plus de bitume brut.

7 Les prix (en dollars canadiens) ont augmenté en moyenne d'environ 32 \$ le baril en 2002 à 78,54 \$ en 2011 (ACPP, 2012).

Figure 2-6 Intensité des émissions selon le type de source pour l'industrie pétrolière et gazière (1990, 2002 et 2011)



## Notes :

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

\*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

Les taux à la baisse des émissions de la combustion de combustibles sont le facteur le plus significatif ayant contribué à cette tendance générale. Pour chaque baril de pétrole produit à partir des sables bitumineux, les émissions attribuables à la combustion de combustibles ont diminué d'environ 24 %.

- Une quantité de plus en plus grande de bitume provenant des sables bitumineux est expédiée aux États-Unis, où la capacité de valorisation et de raffinage est plus grande pour le pétrole lourd (ONÉ, 2006). Des données de l'Energy Resources and Conservation Board de l'Alberta indiquent que le rapport entre la production de bitume et la production de pétrole brut synthétique au Canada a augmenté de 29 % entre 2002 et 2011 (ERCB, 2012). À cause de l'augmentation croissante du bitume dans le mélange de types de production et de la grande majorité de la capacité de traitement existant aux États-Unis, un plus grand volume d'émissions dues à la valorisation et au raffinage du bitume est produit à l'extérieur du pays.
- L'augmentation de 30 % de la production de pétrole entre 2002 et 2011 est entièrement due aux activités d'exploitation des sables bitumineux, qui ont montré

une croissance de 117 %, alors que la production de pétrole classique a diminué d'environ 13 %. Parallèlement aux augmentations de la production nette, les émissions dues à la production globale de pétrole ont augmenté d'environ 38 % (23 Mt d'éq. CO₂), les émissions attribuables aux sables bitumineux augmentant de 27 Mt et celles associées au pétrole classique diminuant de 4 Mt. La hausse de l'intensité des émissions dues à la production globale de pétrole est le résultat des gains d'efficacité dans les sables bitumineux qui sont neutralisés par l'intensité accrue de la production de pétrole classique, particulièrement la production de pétrole lourd classique.

- La production de bitume sur place (le sable étant séparé du bitume sous terre pendant l'extraction) représente, depuis peu, une part de plus en plus grande de la production dans les sables bitumineux. Un certain nombre d'améliorations technologiques ont été effectuées dans ce domaine, de l'injection cyclique de vapeur (ICV) au drainage par gravité au moyen de vapeur (DGV). De plus, les exploitants sur place sont en train de tester des techniques expérimentales, comme l'injection de vapeur de solvant (VAPEX),

l'injection pneumatique par dispositif de puits horizontal et vertical et le drainage par gravité au moyen de combustion dans des puits verticaux (COGD). Ces méthodes peuvent être utilisées pour optimiser le processus d'extraction du bitume tout en réduisant la demande énergétique. En plus de choisir les méthodes d'extraction sur place les plus efficaces, les producteurs de sables bitumineux ont apporté des améliorations en matière d'efficacité énergétique de la valorisation du bitume (où la matière extraite est convertie en pétrole brut synthétique).<sup>8</sup>

- Même si la production de gaz a quelque peu diminué depuis le sommet atteint en 2002, la production et le traitement du gaz naturel ont contribué de 30 % aux émissions totales dues au secteur pétrolier et gazier. Depuis 1990, les émissions ont augmenté de 40 %, avec une augmentation correspondante de 45 % de la production de gaz naturel. Cependant, en raison des quantités réduites de gaz naturel utilisées par les installations mêmes qui le produisent (c.-à-d. le gaz naturel brut consommé par les installations qui l'ont produit), l'intensité des émissions pour le secteur de la production et du traitement du gaz naturel a diminué de 3 %.

8 La valorisation nécessite d'importantes quantités de gaz naturel et de gaz de traitement afin de fournir du combustible de traitement, de produire de l'électricité et de générer de l'hydrogène. Des gains ont été réalisés en efficacité énergétique dans le processus de valorisation au cours des dernières années, grâce à des améliorations technologiques et des changements de processus. En particulier, des projets d'exploitation, d'extraction et de valorisation intégrées ont été élaborés, réduisant les exigences énergétiques par baril de pétrole comparativement aux exigences des unités de valorisation indépendantes. On a également utilisé la gazéification afin de mettre au point les combustibles appropriés requis par le processus de valorisation.

## Industries manufacturières et construction (émissions de GES en 2011 : 44,1 Mt)

Les émissions 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 2011, les émissions de GES ont atteint 44,1 Mt (Tableau 2-6). Dans l'ensemble, ce sous-secteur a été responsable de 6,3 % des émissions totales de GES du Canada, soit une baisse de 14 Mt depuis 1990.

Entre 1990 et 2011, il y a eu des fluctuations dans les 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 et du ciment ont augmenté de 2,0 Mt et de 0,1 Mt, respectivement. Les autres catégories ont toutes enregistré des baisses à long terme, allant de 57 % pour le secteur des pâtes, des papiers et de l'imprimerie à 4,4 % pour le secteur des métaux non ferreux, qui sont probablement dues à la 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 2011, des diminutions marquées ont été enregistrées dans les catégories des pâtes, des papiers et de l'imprimerie (29 %), de la sidérurgie (21 %), du ciment

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 <sub>2</sub> )									Changement (%)
	1990	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	1990-2011
Sidérurgie	4,95	6,05	5,57	5,54	5,99	5,76	4,28	4,44	4,41	-11%
Métaux non ferreux	3,26	3,23	3,57	3,40	3,75	3,75	2,81	2,95	3,11	-4%
Produits chimiques	8,22	9,40	8,29	8,83	8,67	8,75	8,83	9,91	10,23	24%
Ciment	3,92	4,33	5,38	5,71	5,04	4,91	4,48	4,03	4,05	3%
Construction	1,87	1,07	1,44	1,39	1,39	1,37	1,21	1,50	1,33	-29%
Pâtes, papier et imprimerie	14,5	12,3	8,8	7,6	7,8	6,4	6,5	6,1	6,2	-57%
Autres industries manufacturières	21,0	20,3	17,1	15,4	16,3	15,5	13,4	13,7	14,7	-30%
<b>Total</b>	<b>57,7</b>	<b>56,7</b>	<b>50,1</b>	<b>47,8</b>	<b>49,0</b>	<b>46,4</b>	<b>41,5</b>	<b>42,6</b>	<b>44,1</b>	<b>-24%</b>

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

(25 %) et des métaux non ferreux (13 %) (tableau 2-6). Elles reflètent les pressions exercées par le milieu économique mondial.

### Transports (émissions de GES en 2011 : 199 Mt)

Le sous-secteur des transports est vaste et diversifié, et ses émissions ont représenté 28 % des émissions de GES du Canada en 2011. Sont incluses dans ce sous-secteur les émissions attribuables à la combustion de combustibles servant au transport de passagers et de marchandises dans cinq catégories distinctes :

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

Entre 1990 et 2011, les émissions de GES du sous-secteur des transports, qui proviennent surtout de l'énergie consommée lors des déplacements personnels, ont augmenté de 36 %, ou 52 Mt. Dans l'ensemble, la catégorie des transports a produit 199 Mt d'émissions en 2011, ce qui représente 47 % de l'augmentation des émissions du Canada entre 1990 et 2011.

Les émissions des camions légers à essence, sous-catégorie qui englobe les VUS, les camionnettes et les fourgonnettes, ont augmenté de 111 % entre 1990 et 2011 (de 20,3 Mt en 1990 à 42,7 Mt en 2010), alors que les émissions des voitures particulières (véhicules légers à essence) ont reculé de 13 % (passant de 45,5 Mt en 1990 à 39,5 Mt en 2011) (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 50 % du parc total de véhicules depuis 1990 (12 % depuis 2005), mais également à une désaffection 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 44 % de GES de plus par kilomètre.

Entre 1990 et 2011, les augmentations respectives de 22 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 2011, les émissions des véhicules lourds au diesel ont contribué pour 42 Mt aux émissions totales de GES (soit environ 109 % de plus qu'en 1990 et 11 % de plus qu'en 2005). Celles des véhicules lourds à essence étaient plus

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

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Transports (Total)</b>	<b>146</b>	<b>180</b>	<b>193</b>	<b>195</b>	<b>194</b>	<b>186</b>	<b>196</b>	<b>199</b>
Aviation civile (intérieure)	7,1	7,4	7,6	7,7	7,3	6,4	6,4	6,0
Véhicules légers à essence	45,5	42,1	40,2	40,0	39,5	39,7	40,0	39,5
Camions légers à essence	20,3	36,4	42,7	42,7	42,3	42,5	42,9	42,7
Véhicules lourds à essence	7,44	5,47	6,54	6,75	6,80	6,91	7,02	7,13
Motocyclettes	0,152	0,162	0,254	0,262	0,263	0,266	0,271	0,273
Véhicules légers au diesel	0,469	0,466	0,574	0,616	0,652	0,699	0,750	0,798
Camions légers au diesel	0,702	1,660	1,920	2,010	2,020	2,030	2,090	2,160
Véhicules lourds au diesel	20,0	30,9	37,6	39,5	39,2	39,0	40,2	41,8
Véhicules au propane et au gaz naturel	2,20	1,10	0,72	0,83	0,88	0,78	0,78	0,82
Transport ferroviaire	7	7	7	7	8	5	7	7
Transport maritime (intérieur)	5,0	5,1	6,7	6,8	6,5	6,7	7,0	6,0
Véhicules hors route à essence	7,8	8,8	8,3	8,0	7,3	7,3	7,9	9,4
Véhicules hors route à moteur diesel	16	23	23	24	26	23	28	30
Pipelines	6,85	11,20	10,10	8,38	7,46	6,31	5,67	5,60

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 2011

Year	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
2007	11 429	7 715	455	456	166	291	897	21 409
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
Changement depuis 1990	15%	151%	-5%	87%	65%	185%	142%	50%

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.

basses, avec 7 Mt pour 2011, soit une baisse de 4 % par 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.

Les émissions dues à la combustion de carburant hors route<sup>9</sup> dans le sous-secteur des autres modes de transport ont augmenté de 66 % entre 1990 et 2011 sans compter l'apport des pipelines.

Les émissions du secteur des pipelines comprises dans le sous-secteur des autres modes de transport sont des rejets de gaz de combustion attribuables essentiellement au transport de gaz naturel. Depuis 2005, les émissions sont en diminution constante, principalement à cause d'une réduction de 32 % des volumes de production de gaz naturel (Statistique Canada, 2011).

### Autres secteurs (émissions de GES en 2011 : 77,9 Mt)

Le sous-secteur des autres secteurs englobe les émissions attribuables à la combustion de combustibles dans la catégorie résidentielle et commerciale, de même que les rejets de gaz de combustion de sources fixes du secteur de l'agriculture et des forêts<sup>10</sup>. Dans l'ensemble, ce sous-secteur a affiché une hausse de 9 % des émissions de GES entre 1990 et 2011, et chacune de ses catégories a connu diverses fluctuations.

#### Secteur résidentiel et commercial

Les émissions de ces catégories résultent essentiellement de la combustion de combustibles pour chauffer les édifices résidentiels et commerciaux. La combustion de combustibles dans la catégorie résidentielle et commerciale<sup>11</sup> a représenté respectivement 6,3 % (44 Mt) et 4,3 % (30 Mt) de l'ensemble des émissions de GES en 2011.

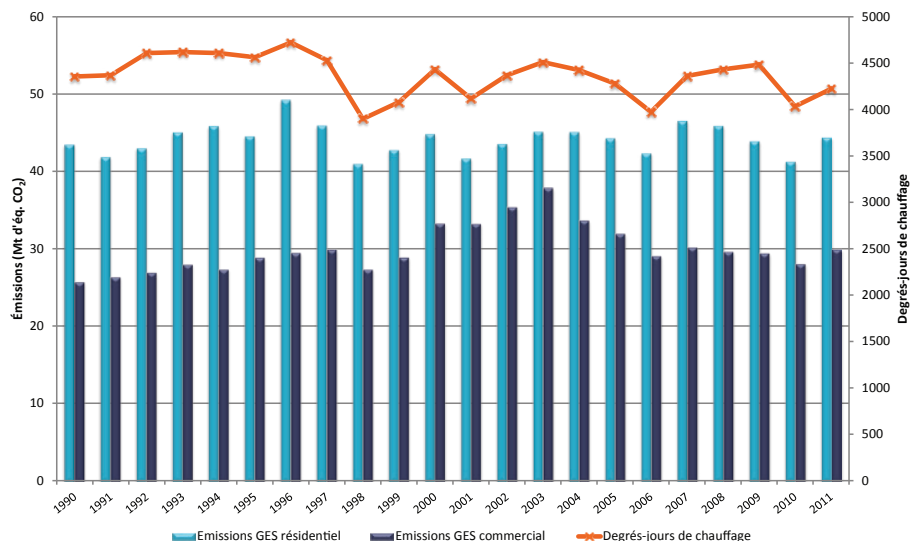
Comme l'indique la Figure 2-7, de 2010 à 2011, les émissions résidentielles fluctuent d'une année à l'autre, mais,

9 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 tout-terrains (VTT), et de l'équipement résidentiel comme les tondeuses à gazon et taille-haies.

10 La catégorie des autres secteurs de la CCNUCC regroupe les secteurs suivants du RIN : résidentiel, commercial et institutionnel, et agriculture et foresterie (figurant sous la rubrique de l'énergie et de la combustion de combustibles à l'annexe 12).

11 Les émissions du secteur commercial sont basées sur l'utilisation de combustible déclarée dans le Bulletin de la disponibilité et d'écoulement de l'énergie au Canada (BDEEC; Statistique Canada no 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.

Figure 2-7 Émissions de GES et degrés jours de chauffage (DJCh) des secteurs résidentiel et commercial, de 1990 à 2011



dans l'ensemble, elles ont augmenté de 0,9 Mt. À court terme, les émissions résidentielles ont aussi augmenté de 3,1 Mt. Les émissions du secteur commercial ont augmenté de 4,2 Mt. Ensemble, les deux catégories ont enregistré une augmentation générale de 5,1 Mt, ou 7,4 %, entre 1990 et 2011.

Les émissions de GES, en particulier celles provenant de la catégorie Résidentiel, suivent étroitement les degrés-jours de chauffage (DJCh)<sup>12</sup> (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, par conséquent, sur la demande en gaz naturel, en mazout de chauffage domiciliaire et en biocombustibles.

Plusieurs facteurs importants ont eu une incidence sur la variation des émissions de GES associées à l'énergie dans la catégorie Résidentiel (Figure 2-9). Par exemple, il s'est construit environ 3,7 millions de maisons au Canada depuis 1990 (RNCAN, 2012a), entraînant ainsi une augmentation correspondante de 50 % de la surface utile<sup>13</sup>. Une analyse de décomposition permet d'isoler l'impact de cette hausse et de montrer qu'elle correspond à une augmentation d'environ 18 Mt des émissions de GES entre

1990 et 2011, toutes choses étant égales par ailleurs.

La hausse des émissions de GES attribuable à l'augmentation de l'espace utile a été compensée par des changements sur le plan des combustibles utilisés, soit en remplaçant les PPR et le charbon par le gaz naturel (entraînant une réduction de 1,8 Mt) et des améliorations sur le plan de l'efficacité énergétique, en utilisant de meilleures méthodes de construction et d'isolation et des systèmes de chauffage plus efficaces. Des programmes comme l'initiative R-2000 et des programmes incitatifs d'amélioration des résidences, tels que le programme écoÉNERGIE pour les maisons (remplacé par le programme écoÉNERGIE Rénovation en 2007) ont favorisé la construction de nouvelles maisons écoénergétiques. Ces programmes 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 sur le plan des émissions de GES. Ces améliorations ont entraîné une réduction des émissions totales d'environ 13 Mt.

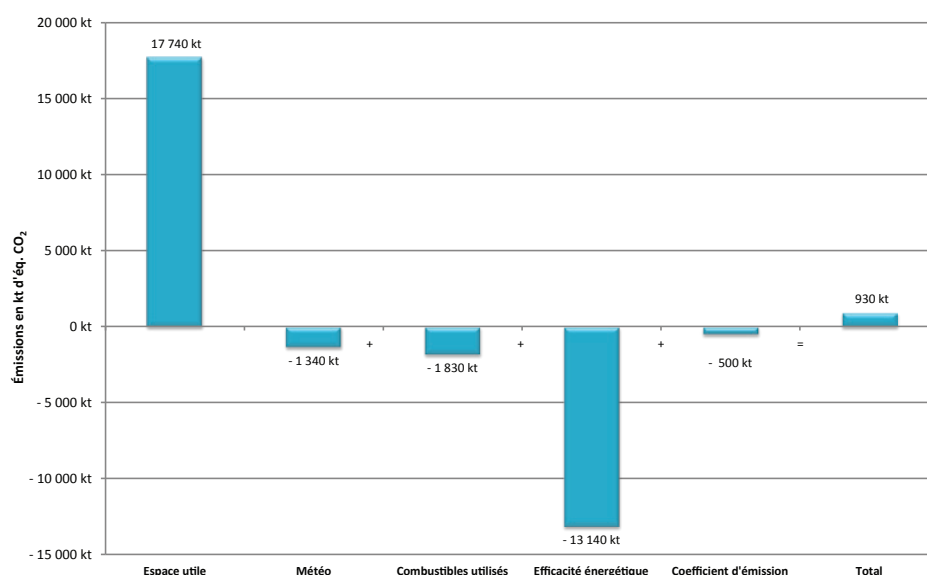
De plus, les répercussions des conditions météorologiques sur les besoins énergétiques (mesurées selon les degrés-jours de chauffage (DJCh) annuels) ont causé une réduction supplémentaire des émissions de GES d'environ 1,3 Mt. (Voir l'encadré « Réduction des besoins de chauffage dans les bâtiments commerciaux et résidentiels » pour connaître les liens entre la température et la demande énergétique.)

12 Les DJCh sont calculés en déterminant le nombre moyen de jours, sur l'ensemble du Canada, où la température est inférieure à 18,0 °C et en multipliant cette valeur par le nombre correspondant de degrés inférieurs au seuil de 18,0 °C et en pondérant la valeur obtenue en fonction de la population.

13 Les données sur le nombre de résidences et l'espace utile étaient disponibles en 2010 au moment de la publication du rapport.



**Figure 2-8 Principaux facteurs déterminant les émissions de GES de sources fixes du sous secteur résidentiel entre 1990 et 2011**



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 % depuis 1990, la consommation d'énergie par les gros appareils électroménagers<sup>14</sup> s'est améliorée d'environ 24 % depuis 1990. Cette baisse est contrebalancée par une augmentation de 148 % de la consommation d'énergie par les autres appareils ménagers<sup>15</sup> (RNCAN, 2012a).

### Agriculture et foresterie

Les rejets de gaz de combustion de sources fixes provenant de l'agriculture et de la foresterie se sont chiffrés à 3,6 Mt en 2011, une augmentation de 49 % par rapport à 1990. Les émissions provenant de ces catégories ont contribué à environ 0,5 % des émissions totales en 2011.

### 2.3.1.2. Émissions fugitives des combustibles fossiles (émissions de GES en 2011 : 59,7 Mt)

Comme nous l'avons vu plus haut, 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 maintenance du charbon et les activités de l'industrie du pétrole et du gaz naturel. Elles ont représenté 8,5 % des émissions totales de GES du Canada en 2011 et contribué dans une proportion de 16 % à l'augmentation des émissions entre 1990 et 2011.

<sup>14</sup> Parmi les gros appareils électroménagers, on retrouve les réfrigérateurs, les congélateurs, les lave-vaisselles, les laveuses, les sècheuses et les cuisinières.

<sup>15</sup> Parmi les autres appareils ménagers, on retrouve les micro-ondes, les télévisions, les boîtiers décodeurs, les magnétoscopes, les chaînes stéréophoniques et les ordinateurs.

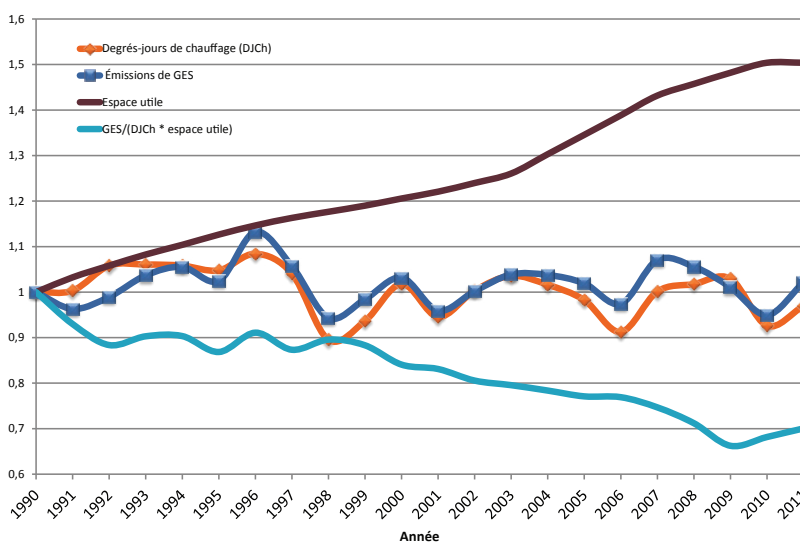


## Réduction des besoins de chauffage dans les bâtiments commerciaux et résidentiels

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.

En général, il y a une forte corrélation entre les DJCh au Canada et les émissions de GES liées 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. Il existe une autre relation importante, c'est à dire 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). 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.

Figure 2–9 Relation entre les DJCh et les émissions de GES du secteur résidentiel, 1990–2011



Notes :

1. Afin d'éliminer les effets des variables liées au climat et à la population, la tendance est mesurée en termes d'émissions de GES divisées par le produit de l'espace utile et des DJCh au cours de la période. La courbe est indexée par rapport à 1990. Si l'efficacité ou les modes d'utilisation des combustibles n'avaient pas changé, le graphique montrerait une ligne horizontale. Cependant, le taux d'émission indique une tendance à la baisse de 1990 à 2009, ce qui montre que l'amélioration du rendement énergétique des édifices et le changement de types de combustibles favorisent une réduction des émissions de GES.
2. Les données sur la surface utile résidentielle proviennent de RNCan (2013b).

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

fugitives ont augmenté d'environ 41 % entre 1990 et 2011, passant de 42,4 Mt à 59,7 Mt, tandis que les émissions de la catégorie du pétrole et du gaz naturel ont contribué à

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

2

	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
<b>PRODUCTION DE CHARBON</b>								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	2,2	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	-55,9%	-54%	-56%	-57%	-61%	-54%	-55%
Production (PJ)	1 673	1 510	1 401	1 495	1 490	1 372	1 509	1 485
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	-9,8%	-16%	-11%	-11%	-18%	-10%	-11%
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> / PJ)	1,31	0,64	0,72	0,65	0,63	0,63	0,67	0,67
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	-51,1%	-46%	-51%	-52%	-52%	-49%	-49%
<b>PRODUCTION DE PÉTROLE ET DE GAZ EN AMONT</b>								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	38,0	58,8	58,6	58,1	57,3	54,2	53,7	55,0
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	54,6%	54%	53%	51%	43%	41%	45%
Production (PJ)	7 958	12 171	13 091	13 429	13 059	12 593	12 721	13 181
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	52,9%	65%	69%	64%	58%	60%	66%
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> / PJ)	4,78	4,83	4,47	4,33	4,39	4,31	4,22	4,17
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	1,1%	-6%	-9%	-8%	-10%	-12%	-13%
<b>Production pétrolière classique</b>								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	16,2	25,2	23,0	21,8	20,5	18,6	18,2	18,9
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	56,1%	42%	35%	27%	15%	13%	17%
Production (PJ)	2 973	3 590	3 459	3 517	3 418	3 089	3 098	3 167
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	20,7%	16%	18%	15%	4%	4%	7%
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> / PJ)	5,44	7,03	6,65	6,21	6,00	6,02	5,88	5,95
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	29,3%	22%	14%	10%	11%	8%	9%
<b>Exploitation, extraction et valorisation des sables bitumineux</b>								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	2,5	4,2	5,4	6,6	6,4	7,0	7,3	7,6
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	72,8%	119%	168%	162%	186%	198%	209%
Production (PJ)	801	1 520	2 440	2 938	2 980	3 274	3 616	3 952
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	89,7%	204%	267%	272%	309%	351%	393%
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> / PJ)	3,06	2,79	2,19	2,23	2,15	2,14	2,02	1,92
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	-8,9%	-28%	-27%	-30%	-30%	-34%	-37%
<b>Production et traitement du gaz naturel</b>								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	15,1	23,7	24,5	23,9	24,6	22,9	22,5	22,8
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	57,3%	63%	59%	63%	52%	49%	51%
Production (PJ)	4 184	7 062	7 192	6 975	6 661	6 229	6 007	6 062
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	68,8%	72%	67%	59%	49%	44%	45%
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> / PJ)	3,61	3,36	3,41	3,43	3,69	3,68	3,74	3,77
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	-6,8%	-5%	-5%	2%	2%	4%	4%
<b>Transport du gaz naturel</b>								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	4,3	5,6	5,7	5,8	5,7	5,7	5,7	5,8
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	29,4%	32%	34%	34%	33%	33%	34%
Longueur des pipelines (km)	64 222	81 390	83 245	84 362	84 077	84 013	84 345	84 679
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	26,7%	30%	31%	31%	31%	31%	32%
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> / km)	0,067	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	2,1%	2%	2%	2%	2%	2%	1%
<b>PRODUCTION EN AVAL</b>								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	2,1	3,3	3,8	3,9	3,7	3,7	3,8	3,7
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	53,3%	77%	83%	76%	73%	78%	72%
Production (PJ)	3 907	4 341	4 699	4 783	4 586	4 489	4 572	4 359
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	11,1%	20%	22%	17%	15%	17%	12%
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> / PJ)	0,54	0,75	0,80	0,81	0,82	0,82	0,83	0,84
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	38,0%	47%	50%	50%	50%	52%	54%
<b>Raffinage du pétrole</b>								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	0,9	1,7	2,0	2,0	1,8	1,7	1,8	1,6
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	93,4%	127%	133%	113%	101%	108%	89%
Production (PJ)	3 907	4 341	4 699	4 783	4 586	4 489	4 572	4 359
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	11,1%	20%	22%	17%	15%	17%	12%
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> / PJ)	0,22	0,38	0,42	0,42	0,40	0,38	0,39	0,37
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	74,1%	89%	90%	81%	75%	78%	70%
<b>Distribution du gaz naturel</b>								
Émissions fugitives (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	1,3	1,6	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	26,2%	43%	49%	51%	54%	57%	61%
Longueur des pipelines (km)	168 813	212 991	241 344	252 371	254 512	259 844	265 431	271 290
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	26,2%	43%	49%	51%	54%	57%	61%
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> / km)	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
Changements intervenus depuis 1990 (%)	S.O.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Notes : S.O. = sans objet.

98 % des émissions fugitives totales en 2010, dépassant de très loin la part de 1,7 % 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 (55 %) entre 1990 et 2011 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 46 % durant la même période.

Cette augmentation des émissions 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, on a enregistré une très forte augmentation de l'énergie nette exportée du Canada (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 187 % 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 13 % (voir le Tableau 2–9). Cette réduction est due à une baisse de 37 % de l'intensité des émissions fugitives attribuables aux sables bitumineux, laquelle a été compensée en partie par une augmentation de 9 % 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 remplacées 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.

### 2.3.2. Secteur des procédés industriels (émissions de GES en 2011 : 54,3 Mt)

Le secteur des procédés industriels comprend les émissions de GES dérivées directement des procédés, notamment la production de minéraux, l'industrie chimique, la production de métaux, la production et la consommation d'halocarbures et de SF<sub>6</sub> et la catégorie des autres procé-

dés et procédés indifférenciés. Les émissions de GES du secteur des procédés industriels représentent 54,3 Mt dans l'inventaire national des GES de 2011, contre 56,0 Mt en 1990. La Figure 2–10 illustre les changements survenus dans chacun des sous-secteurs au cours de la période 1990–2011, et le Tableau 2–10 ventile les émissions par catégorie pour certaines années.

Entre 1990 et 2011, les émissions globales du secteur ont diminué d'environ 1,7 Mt (3,0 %). Ce changement peut s'expliquer par des réductions marquées des émissions de la production d'acide adipique (N<sub>2</sub>O), d'aluminium (PFC) et de magnésium (SF<sub>6</sub>), qui ont été compensées par la croissance dans le secteur des autres procédés et procédés indifférenciés (CO<sub>2</sub>)<sup>16</sup> et des émissions dans les catégories de la consommation de HFC et de la production d'ammoniac (CO<sub>2</sub>).

#### 2.3.2.1. Produits minéraux

Entre 1990 et 2011, il y a eu une légère augmentation de 5,6 % (0,31 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) des émissions de la catégorie de production de ciment. La légère augmentation représente l'effet net d'une diminution significative de la production de clinker, qui a atteint son plus bas niveau (9,9 Mt) en 2009, suivi par une reprise de la production de clinker, qui a augmenté à 11,1 Mt en 2011 (Statistique Canada, 44-001, 303-0060 et 303-0061). La fluctuation des niveaux de production de clinker peut être attribuée à la demande de ciment au Canada et, principalement, aux États-Unis.

L'augmentation des émissions de la catégorie de production de ciment pour la période 1990–2011 est plus que contrebalancée par une diminution de 18 % (0,31 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) des émissions de la catégorie de production de chaux. La diminution peut être attribuée à une réduction de la capacité de production globale. Entre 1990 et 2011, la capacité de production de chaux a diminué de 22 %. La plus faible production de chaux (1,6 Mt) a été enregistrée en 2009, la production enregistrant une remontée à 2,0 Mt en 2011.<sup>17</sup>

La catégorie de produits minéraux (qui est composée de l'utilisation de calcaire et de dolomite, de carbonate de sodium et de magnésite) a présenté une baisse des

16 Les autres procédés et procédés indifférenciés forment une catégorie d'émissions principalement composée de la production pétrochimique, qui utilise les hydrocarbures comme matière première.

17 Ressources naturelles Canada. 2011. Information fournie par Doug Pangapko, Ressources naturelles Canada, par courriel à la Division des inventaires et rapports sur les polluants, en date du 13 juillet 2012.

Figure 2-10 Émissions de GES des procédés industriels par sous secteur, 1990-2011

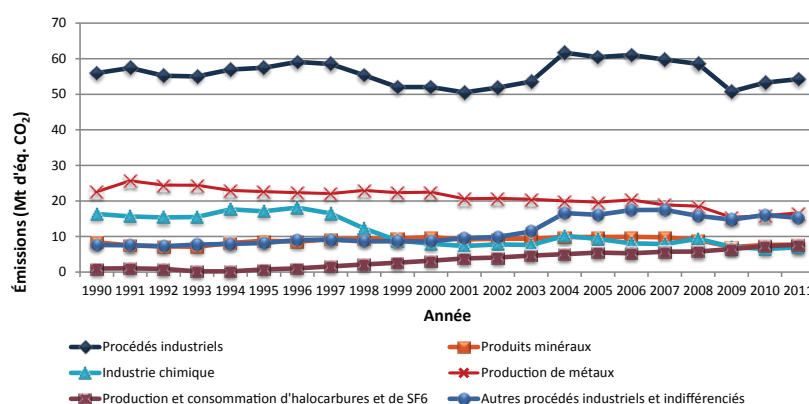


Tableau 2-10 Émissions de GES des procédés industriels par catégorie, certaines années

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Procédés industriels (total)</b>	<b>56,0</b>	<b>52,1</b>	<b>60,5</b>	<b>59,8</b>	<b>58,5</b>	<b>50,8</b>	<b>53,3</b>	<b>54,3</b>
Produits minéraux	8,4	9,8	9,9	9,8	9,0	7,0	7,6	7,7
Production de ciment	5,4	6,7	7,2	7,3	6,6	5,1	5,7	5,7
Production de chaux	1,8	1,9	1,7	1,6	1,5	1,2	1,4	1,4
Utilisation de calcaire et de dolomite	0,80	0,77	0,64	0,59	0,67	0,54	0,36	0,36
Utilisation de carbonate de sodium	0,25	0,25	0,18	0,19	0,16	0,11	0,10	0,10
Utilisation de magnésite	0,147	0,181	0,175	0,067	0,057	0,069	0,081	0,091
Industrie chimique	16,3	8,0	9,3	7,9	9,4	7,1	6,5	7,0
Production d'ammoniac	4,5	5,7	5,3	5,2	5,6	5,2	5,3	5,7
Production d'acide nitrique	1,01	1,23	1,25	1,13	1,28	1,15	1,10	1,16
Production d'acide adipique	10,7	0,9	2,6	1,5	2,4	0,7	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	18,9	18,6	15,4	15,8	16,6
Sidérurgie	10,2	11,5	10,2	11,1	10,7	8,0	9,0	9,9
Production d'aluminium	9,3	8,2	8,2	7,3	7,4	7,2	6,6	6,6
Production de magnésium	2,87	2,31	1,09	0,32	0,18	0,00	0,00	0,00
Moulage de magnésium	0,236	0,471	0,201	0,198	0,280	0,193	0,193	0,193
Production et consommation d'halocarbures	0,8	2,9	5,3	5,5	5,6	6,3	7,1	7,5
SF <sub>6</sub> – équipement électrique (s. publics) et semiconducteurs	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
Autres procédés industriels et procédés indifférenciés	7,6	8,6	16,1	17,5	15,8	14,8	16,1	15,2

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

émissions de 0,65 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> (54 %) entre 1990 et 2011. Les usines de pâtes et papiers et les fabricants de verre sont d'importants consommateurs industriels de calcaire et de carbonate de sodium. Une baisse importante de la production de pâtes et papiers et l'utilisation accrue de verre recyclé (Cullet – RNCAN, 2007) ont diminué l'utilisation de ces produits minéraux et les émissions connexes.

La réduction des émissions attribuables à l'utilisation de calcaire et de dolomite est le résultat de la production réduite dans le secteur de la sidérurgie, particulièrement en 2001-2002 et en 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 1990<sup>18</sup>. Cependant, l'usine qui produit de la magnésie pour des utilisations industrielles, environnementales et agricoles fonctionne toujours, et les émissions de 2011 attribuables à l'utilisation de magnésite proviennent uniquement de la production de magnésie à ces fins (Baymag, 2011). Par conséquent, les émissions attribuables à l'utilisation de magnésite en 2011 ont diminué de 38 % comparativement aux émissions en 1990 (0,06 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>).

### 2.3.2.2. Industrie chimique

Le principal facteur responsable de la réduction des émissions dans l'industrie chimique, entre 1990 et 2011, est la production d'acide adipique. En fait, les émissions issues de la production d'acide adipique étaient nulles en 2011, 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. CO<sub>2</sub> par rapport au niveau atteint en 1990<sup>19</sup>. La même usine avait permis de réduire de façon significative les émissions à la fin des années 1990, grâce à l'intégration de contrôles rigoureux visant les émissions de N<sub>2</sub>O. On a observé une réduction de 57 % (9,4 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) de 1990 à 2011 pour l'ensemble de l'industrie chimique.

Les émissions attribuables à l'industrie de la production d'ammoniac ont augmenté de 28 % (1,24 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>), de 1990 à 2011. L'augmentation découle principalement d'une nouvelle capacité mise en service en 1992 et de l'augmentation 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 26 % (6,0 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) des émissions liées à la production de métaux, de 1990 à 2011. Les émissions attribuables

à la production de magnésium ont diminué de 2,87 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> par rapport au niveau de 1990.

L'industrie de la production d'aluminium est parvenue à abaisser ses émissions de perfluorocarbones (PFC) de 5,1 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> (78 %), tout en augmentant sa production de 90 %, entre 1990 et 2011. La réduction des émissions de PFC a été atteinte en intégrant des capteurs informatisés et des alimentateurs d'aluminium automatisés, ce qui a aidé à réduire l'effet anode. De plus, les données montrent que l'industrie a continué à hausser sa production dans des usines plus modernes (p. ex., celles utilisant la précuison) plutôt que dans ses usines plus anciennes (celles utilisant la technologie Söderberg). Cependant, l'augmentation de la production d'aluminium a aussi accru de 2,4 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> (ou 87 %) les émissions de CO<sub>2</sub>, puisque la réduction de l'alumine par des anodes de carbone, une réaction essentielle à la production d'aluminium, dégage du CO<sub>2</sub>. Les émissions globales liées à la production d'aluminium ont diminué de 29 % (2,7 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>), de 1990 à 2011.

De façon générale, de 1990 à 2011, les émissions attribuables à l'industrie sidérurgique ont diminué de 3,3 % (0,33 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>), ce qui a contribué à la réduction globale des émissions du sous-secteur de la production de métaux. Les émissions ont diminué considérablement (25 % ou 2,6 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) entre 2008 et 2009, en raison d'une baisse de la production, mais celle-ci a été suivie d'une forte remontée, et, en 2011, les émissions avaient augmenté de 23 % (1,8 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) comparativement aux émissions de 2009.

### 2.3.2.4. Production et consommation d'halocarbures et de SF<sub>6</sub>

Il y a eu une augmentation des émissions de 6,95 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> (950 %) 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. Il faut signaler que, même si dans le Tableau 2–10 on donne une valeur de production et de consommation de HFC pour 1990, cette valeur 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 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.

<sup>18</sup> Timminco 2009. Courriel de Greg Donaldson de Timminco à Alice Au de la Division des gaz à effet de serre le 27 novembre 2009.

<sup>19</sup> Invista 2011. Courriel de Steve Lauridson à Mohamed Abdul de la Division des rapports et des inventaires sur les polluants, le 8 août 2011.



### 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 7,6 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> (100 %) de 1990 à 2011. 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 870 % (4,5 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) (Statistique Canada, 57-003 – BDEEC), l'utilisation d'éthane a augmenté de 132 % (1,6 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>), l'utilisation de charges d'alimentation pétrochimiques a augmenté de 19,6 % (0,4 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>), et l'utilisation de butane a augmenté d'environ 166 % (0,5 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>).

### 2.3.3. Secteur de l'utilisation de solvants et d'autres produits (émissions de GES en 2011 : 0,25 Mt)

Le secteur de l'utilisation de solvants et d'autres produits est responsable des émissions dues à l'utilisation de N<sub>2</sub>O comme anesthésique en médecine et comme agent propulseur dans les aérosols. Ce secteur a contribué à 247 kt d'éq. CO<sub>2</sub> de l'inventaire national des GES de 2011, contre 179 kt d'éq. CO<sub>2</sub> en 1990. Les tendances des émissions ont été principalement régies par la demande intérieure de N<sub>2</sub>O comme anesthésique ou comme gaz propulseur.

### 2.3.4. Secteur de l'agriculture (émissions de GES en 2011 : 54 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 70 % 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 70 % 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. 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 54 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> ou 8 % des émissions totales du Canada en 2011, soit une hausse de 7 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> ou de 15 % depuis 1990. L'agriculture est responsable de 23 % et de 72 % des émissions nationales de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O, respectivement. L'oxyde de diazote a représenté 62 % des émissions sectorielles estimées et le CH<sub>4</sub>, 38 %, en 2011. Toutes ces émissions proviennent de sources non énergétiques. 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 (N) sont abordées dans les secteurs de l'énergie et des procédés industriels.

Les procédés et les activités qui produisent des émissions de GES, mentionnés dans la présente discussion sur le secteur de l'agriculture, sont la fermentation entérique, l'application d'engrais azotés ainsi que le stockage et l'application du fumier.

Les émissions du secteur agricole sont attribuées au secteur de la production de bétail, ce qui comprend les émissions dues à la fermentation entérique (CH<sub>4</sub>) et les émissions (CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O) provenant du stockage et de l'application du fumier, ou au secteur des cultures agricoles, ce qui comprend les émissions de N<sub>2</sub>O provenant de l'application d'engrais azotés synthétiques, de la décomposition de résidus agricoles et d'autres pratiques de gestion (Tableau 2-11). 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.

Pour l'année 2011, les émissions dues au bétail représentent 18 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> provenant de la fermentation entérique et 14 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> provenant de la gestion, de



Tableau 2–11 Émissions de GES provenant du secteur de l'agriculture par système de production, pour certaines années<sup>1</sup>

Système de production	Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Bétail	29	36	39	37	36	34	33	32
Vaches laitières	5,8	5,0	4,7	4,5	4,5	4,5	4,6	4,6
Bovins de boucherie	19	25	28	27	26	25	24	23
Porcs	2,4	3,1	3,5	3,3	2,9	2,8	2,7	2,8
Autre bétail <sup>2</sup>	1,5	2,1	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
Cultures	18	20	19	21	23	22	22	22
Engrais azotés synthétiques	9,2	12	11	13	13	13	14	14
Décomposition des résidus agricoles	7,5	7,2	7,7	7,7	9,1	8,2	8,5	7,3
Autres pratiques de gestion <sup>3</sup>	1,3	0,9	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
<b>Agriculture (totale)</b>	<b>47</b>	<b>56</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>54</b>

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.

l'entreposage et de l'application du fumier (56 % et 44 % des émissions respectivement). Les cultures agricoles produisent des émissions de N<sub>2</sub>O lors de l'épandage d'engrais azotés synthétiques (14 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) et durant la décomposition des résidus agricoles (7,3 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>), ce qui représente 66 % et 34 % des émissions attribuables aux cultures agricoles, respectivement (voir 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 un processus d'intensification continue. 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 en plus mis de plus 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.

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 16 %, 17 % et 39 % supérieures, respectivement, à leur niveau de 1990. L'augmentation des populations d'animaux d'élevage explique en grande partie la hausse de 12 % (de 29 à 32 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) des émissions dues à la production animale au cours de la période 1990-2010 (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 28 % de la population de vaches laitières. Les systèmes de quotas laitiers ont encouragé l'industrie laitière à investir en vue d'améliorer les troupeaux afin d'augmenter la rentabilité de l'industrie. Les émissions associées aux vaches laitières ont chuté d'environ 20 % depuis 1990, alors que la diminution des troupeaux de vaches laitières a été partiellement compensée par une hausse de 32 % 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.

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. L'utilisation d'engrais azotés synthétiques a fait un bond de 1,2 Mt à 2,0 Mt de N, de 1990 à 2011, qui est principalement attribuable à une réduction des jachères et à une intensification des systèmes de cultures dans l'Ouest canadien. Les cultures importantes au Canada – le maïs, le blé, l'orge et le canola – 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 9,2 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 1990 à 14 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2011.

Les émissions attribuables à la décomposition des résidus de cultures ont varié entre 5,0 (en 2002) et 9,1 Mt (en 2008) d'éq. CO<sub>2</sub>. 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.

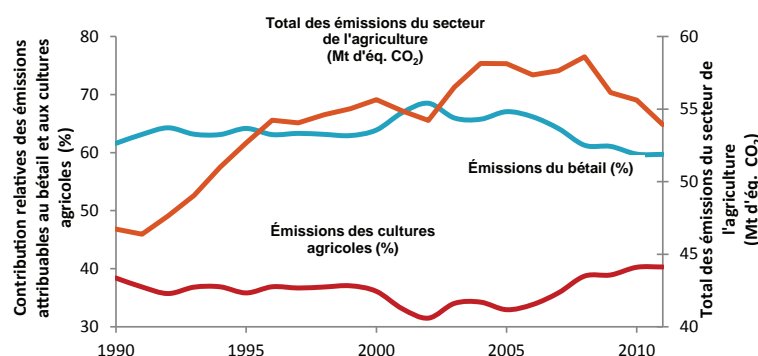
Globalement, pendant la période 1990-2005, l'augmentation des populations d'animaux d'élevage et la hausse des émissions par animal chez certaines catégories d'animaux ont entraîné un changement – de 62 % à 69 % – sur le plan de la proportion relative de GES provenant du secteur de la production de bétail, atteignant même un sommet de 69 % durant les années de sécheresse 2001 et 2002 (Figure 2–11); cette proportion a diminué depuis le sommet atteint en 2002.

### 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 18 %.

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 21 % depuis le pic de 2005. Cette diminution de la population de porcs, combinée à une tendance continue à la baisse dans les

**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, 1990–2011**



populations de bovins laitiers, a entraîné une réduction des émissions associées au bétail de 15 %, ou environ 5,7 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> 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 13 %, soit d'environ 2,6 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>.

De 2005 à 2008, globalement, les émissions totales provenant de l'agriculture ont été stables. Cependant, en 2011, les émissions sont 4,5 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> inférieures à celles de 2005 et 4,7 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> inférieures à celles de 2008. Les émissions sont plus faibles en 2011 en raison de la diminution constante des populations d'animaux et du rendement inférieur des cultures en 2011, qui a réduit les émissions résiduelles de N<sub>2</sub>O provenant des cultures. La production record de canola (14 Mt en 2011) a été plus que contrebalancée par un déclin des productions de maïs et de soja, causé par les conditions humides et d'inondation du printemps et du début de l'été de 2011.

Le déclin constant des populations d'animaux a 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 2011 représentait moins de 60 % du total des émissions agricoles, une plus petite proportion qu'en 1990 (62 %) 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 2011 : 87 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 CO<sub>2</sub> et des émissions de gaz autres que le CO<sub>2</sub>, montrent une forte variabilité interannuelle au cours de la période visée par le rapport.

En 2011, les flux nets ont correspondu à des émissions de 87 Mt (Figure 2–12).

Toutes les émissions et absorptions du secteur ATCATF sont exclues des totaux nationaux. En 2011, si l'on ajoutait les émissions estimées à 87 Mt, on augmenterait d'environ 12 % 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 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. Depuis, une importante diminution des activités de gestion des forêts a été observée, avec un déclin de 33 % des niveaux de récolte en 2011; en 2009, les niveaux de récolte avaient atteint leur plus bas niveau de la période de 22 ans visée par le présent rapport (30 Mt de C). 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 264 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> au cours de la période de 1990 à 2011 (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.

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 2011 pourraient être réduites de 30 Mt.

Figure 2-12 Émissions de GES du secteur ATCATF par rapport aux émissions canadiennes totales, 1990-2011

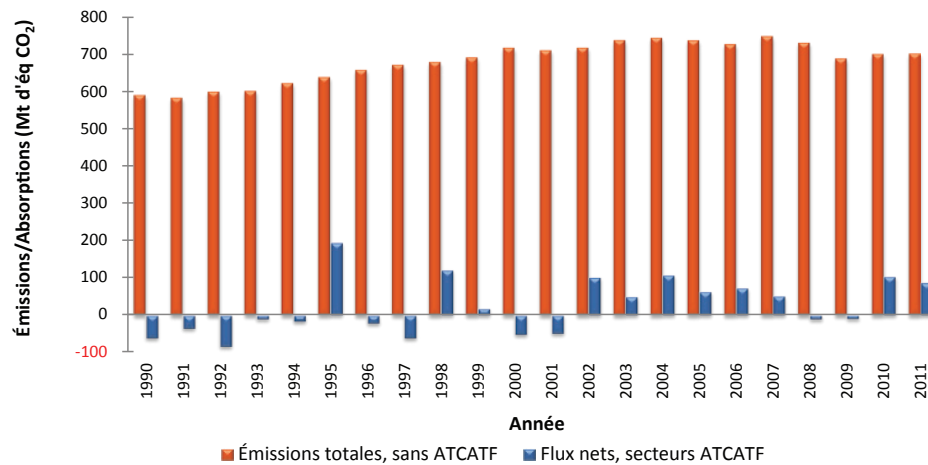
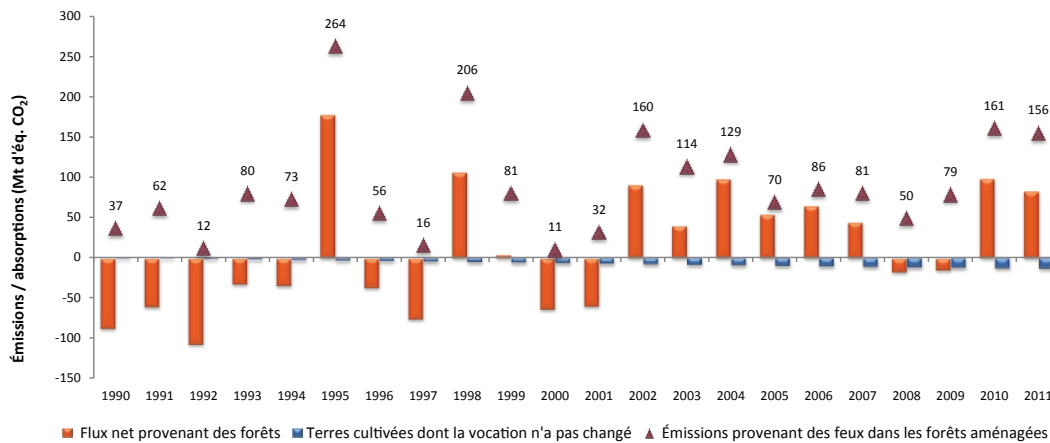


Figure 2-13 Une partie des émissions et des absorptions de GES du secteur ATCATF, 1990-2011



La sous-catégorie des terres cultivées comprend les effets des pratiques agricoles sur les émissions et les absorptions de CO<sub>2</sub> 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 baisse constante des émissions provenant des terres cultivées est notable, de 12 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 1990, on est passé à une absorption nette de 8 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2011. Cette situation est en grande partie attribuable aux 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 Mha de terres cultivées depuis 1990), une réduction de 68 % des jachères et une augmentation des cultures fourragères vivaces. Les absorptions nettes de CO<sub>2</sub> dues à la gestion des sols minéraux sont passées d'environ 2,1 Mt en 1990 à 14 Mt en

2011. Une réduction de la conversion de terres forestières en terres cultivées a aussi contribué à cette tendance.

Les émissions de CO<sub>2</sub> 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 71 % de 1990 à 2000; depuis, elles ont légèrement diminué, atteignant 1,2 Mt en 2011. 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, qu'expliquent des 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 1,5 Mt en 2011. Il faut noter que les émissions à 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 de la grande diversité des conditions à l'échelle nationale, notamment des cadres politiques et réglementaires, des forces 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 régimes spatiotemporels de conversion des forêts. 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 26 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 1990 à 19 Mt en 2011. Du point de vue géographique, le taux moyen le plus élevé de conversion de forêts est observé dans la plaine boréale (24 kha an<sup>-1</sup>) et dans le Bouclier boréal est (9 kha an<sup>-1</sup>), ce qui représente 45 % 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 43 % 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 2011 (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

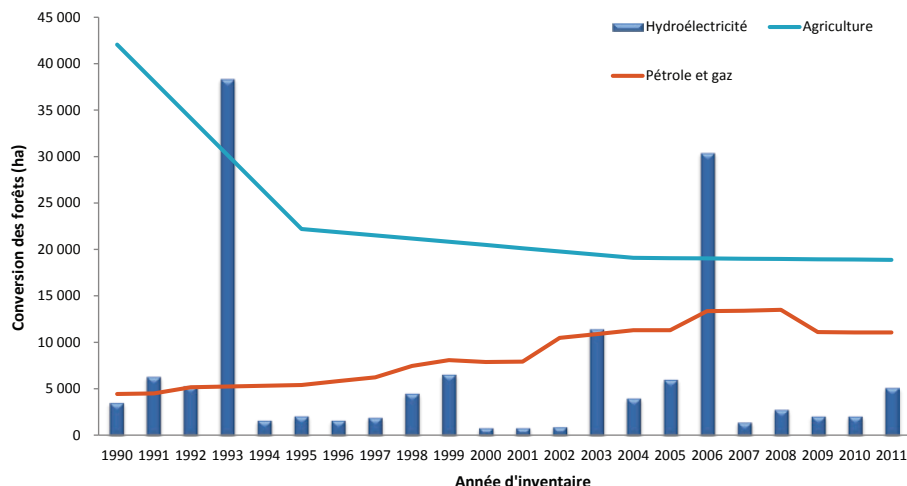
période active d'expansion agricole au cours des décennies précédentes.

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 330 kha de forêts et elle représente 28 % 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 2011 (Figure 2–14), et il a été principalement pratiqué dans la plaine boréale et le 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.

**Figure 2–14** Tendence du taux annuel de conversion des forêts en raison de l'expansion agricole, de l'extraction pétrolière et gazière et de l'aménagement hydroélectrique





### 2.3.6. Secteur des déchets (émissions de GES en 2011 : 22 Mt)

De 1990 à 2011, les émissions de GES du secteur des déchets ont augmenté de 14 %, soit un peu moins que la croissance démographique de 24 %, ou la croissance des émissions nationales totales de GES de 19 %. Les émissions de GES de ce secteur en 2011 représentaient 3,1 % du total des émissions nationales de GES, comme c'était le cas en 2009. Sur les émissions totales de 22 Mt de ce secteur en 2011, l'élimination dans les sites d'enfouissement des déchets solides municipaux et des déchets ligneux a représenté 20 Mt. Les émissions de CH<sub>4</sub> résultant de la décomposition de la biomasse dans les sites d'enfouissement de résidus urbains représentent 92 % des émissions de ce secteur. Les émissions dues au traitement des eaux usées municipales et de l'incinération des déchets (exclusion faite des émissions résultant de l'incinération de la biomasse) ont respectivement représenté 1,0 Mt et 0,69 Mt du total de ce secteur (voir le Tableau 2-12). La Figure 2-15 présente les tendances des émissions de chacun des trois sous-secteurs par rapport au total des émissions du secteur des déchets dans la série chronologique 1990-2011. Les tableaux de l'annexe 12

résumant ces données à l'échelle nationale en équivalents CO<sub>2</sub> et par catégorie (c.-à-d. pour chaque gaz et chaque source).

Les émissions de CH<sub>4</sub> provenant des sites d'enfouissement des déchets solides municipaux ont augmenté de 18 % entre 1990 et 2011, en dépit d'une augmentation de 81 % du piégeage et de la combustion des gaz d'enfouissement. Environ 349 kt de CH<sub>4</sub> (ou 7 334 kt d'éq. CO<sub>2</sub>) sont piégées par les 68 systèmes de collecte des gaz d'enfouissement en service au Canada (Environnement Canada, 2011)<sup>20</sup>. Sur le total de CH<sub>4</sub> recueilli en 2011, 51 % (179 kt) a été utilisé à diverses fins énergétiques et le reste a été brûlé par torchage. Tel qu'indiqué à la Figure 2-16, le Canada a considérablement augmenté le nombre de sites d'enfouissement récupérant des gaz depuis le début de la collecte de données auprès des entreprises en 1997.

20 Au 31 décembre 2008, quatre installations de collecte des gaz d'enfouissement n'avaient pas fourni de données sur ces gaz aux fins de l'inventaire de 2007. Puisque deux de ces installations avaient déjà fourni des données sur les gaz d'enfouissement pour l'inventaire de 2005, on a présumé que les quantités de gaz recueillies étaient constantes pour les années 2005, 2006 et 2007. Les deux autres sont de nouvelles installations qui se sont dotées d'un système de collecte des gaz d'enfouissement, mais aucun renseignement quant à la quantité de gaz d'enfouissement recueillie n'était disponible. Les données pour 2010 et 2011 n'étaient pas disponibles pour être incluses dans le présent rapport. Par conséquent, faute de données actuelles, on présume que les valeurs relatives à la collecte des gaz d'enfouissement pour 2010 et 2011 demeurent aux mêmes niveaux qu'en 2009.

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

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (Mt CO <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Secteur des déchets	19	20	21	21	21	21	22	22
Enfouissement des déchets solides	17	18	20	20	20	20	20	20
Traitement des eaux usées	0,80	0,90	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Incinération des déchets	0,74	0,75	0,70	0,66	0,71	0,68	0,69	0,69

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, 1990-2011

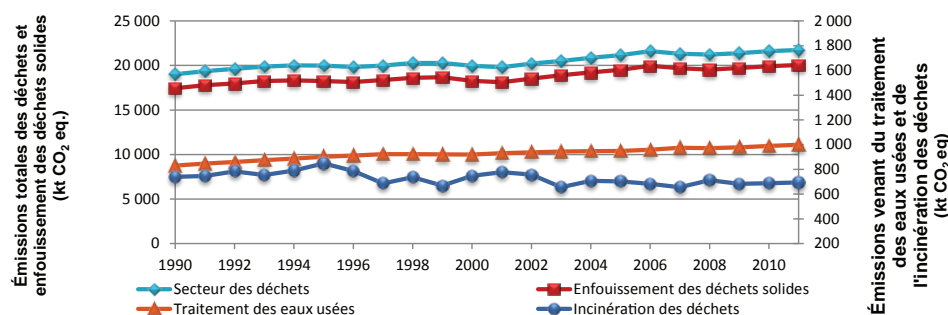
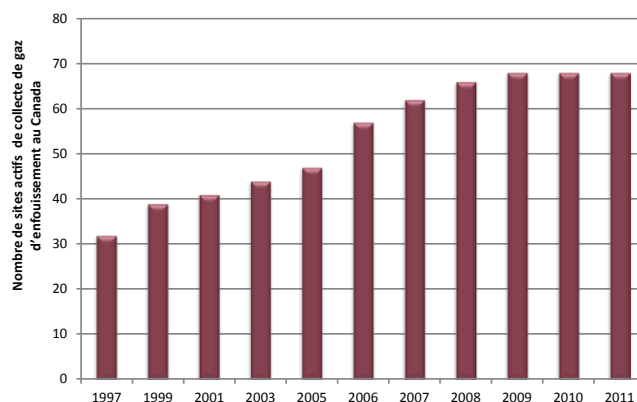


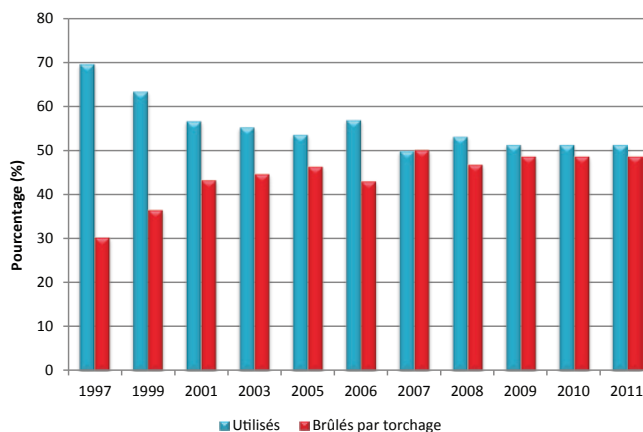


Figure 2-16 Nombre de sites de collecte des gaz d'enfouissement actifs au Canada



Note : Pour 2010 et 2011, on suppose que les données de 2009 sont restées constantes.

Figure 2-17 Proportion des gaz d'enfouissement utilisés par rapport à la quantité de gaz brûlés par torchage



Note : Pour 2010 et 2011, on suppose que les données de 2009 sont restées constantes.

La série chronologique présente une variation de la proportion de gaz d'enfouissement captée qui a été utilisée par rapport à la quantité de gaz brûlée par torchage, tel que présenté à la Figure 2-17. La baisse de l'utilisation relative de gaz de 70 % à 51 % entre 1997 et 2011 est due au fait qu'un plus grand nombre d'installations commencent à capter les gaz et procèdent au torchage du gaz en préparation de la mise en marche des unités d'utilisation.

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  $\text{CH}_4$  par décomposition anaérobie<sup>21</sup>. Le taux de production de  $\text{CH}_4$  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.

21 Quand les déchets se composent de biomasse, le  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  sera séquestré quand la biomasse se régénérera dans la reproduction des cultures). Dans le cas de la biomasse de produits forestiers, les émissions de  $\text{CO}_2$  sont prises en compte dans le secteur ATCATF (récolte forestière). Cependant, les déchets qui subissent une décomposition anaérobie produisent du  $\text{CH}_4$ , 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  $\text{CH}_4$  non brûlé parmi les déchets sont donc comptabilisés dans les inventaires des GES.

Les programmes de captage du CH<sub>4</sub> et de détournement des déchets des décharges d'enfouissement peuvent contribuer grandement à faire baisser les émissions. La quantité de CH<sub>4</sub> capté dans les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux pour être éliminée par torçage ou par brûlage pour récupérer l'énergie a représenté 29 % du total des émissions en 2011 comparativement à 21 % en 1990. Les émissions par personne du secteur des déchets ont diminué de 8,0 % entre 1990 et 2011, ce qui s'explique avant tout par l'augmentation des quantités de CH<sub>4</sub> capté dans les sites d'enfouissement (voir la Figure 2-18). La quantité des déchets détournés en pourcentage des déchets produits a varié entre 22 % et 25 % au cours de la période allant de 1998 à 2008 (Statistique Canada, 2000, 2003, 2004, 2007, 2008, 2010). Bien que la quantité de déchets envoyée à des sites d'enfouissements de DSM ait augmenté de 39 % entre 1990 et 2011, la quantité enfouie par personne n'a augmenté que de 11 %. Les quantités de déchets exportés du Canada aux États-Unis en 1990 et en 2011 ont été estimées respectivement à 127 kt et à 2 516 kt, ce qui représente une augmentation d'environ 2 400 % du volume de déchets (résidentiels et non résidentiels) exportés. Cependant, les émissions des sites d'enfouissement de DSM devraient augmenter dans les prochaines années à cause d'un accord conclu entre l'État du Michigan et la province de l'Ontario dans le but de réduire de 20 % les déchets exportés qui sont gérés à l'échelle municipale d'ici la fin de 2007, de 40 % d'ici la fin de 2008 et de 100 % d'ici la fin de 2010 (ministère de l'Environnement de l'Ontario, 2006). Cet accord est fondé sur la quantité, estimée d'après des données de 2005, de 1,34 million de tonnes de déchets exportés qui sont gérés

à l'échelle municipale<sup>22</sup>. Les déchets gérés par les

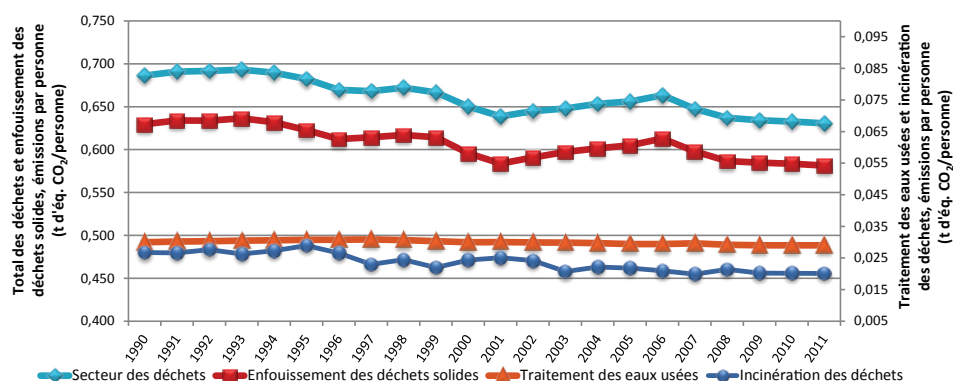
municipalités n'incluent pas les déchets institutionnels, commerciaux ou industriels.

Toutefois, entre 1997 et 1999, on a observé une diminution des quantités de gaz d'enfouissement capté, suivie d'une augmentation. Ces fluctuations ont eu une influence inversement proportionnelle sur les émissions par personne, ce que montre clairement la Figure 2-18. Entre 2006 et 2011, la baisse des émissions dans le secteur de l'enfouissement des déchets solides semble donner plus de poids à l'effet des programmes de détournement des déchets et des initiatives de collecte des gaz d'enfouissement. De plus, le taux de production des déchets par personne est aussi en train de ralentir, et ce, depuis environ 2004. Toutefois, compte tenu des fluctuations historiques des valeurs relatives à la production de déchets au cours de la série chronologique, une confirmation plus définitive du maintien de cette tendance devrait être disponible dans les prochains rapports d'inventaire, car de nouvelles données seront disponibles provenant des enquêtes sur les déchets que mène tous les deux ans Statistique Canada et des enquêtes sur la collecte et l'utilisation des gaz d'enfouissement effectuées par Environnement Canada.

En ce qui concerne les tendances des émissions par personne provenant du sous-secteur du traitement des eaux usées, on a observé une diminution globale de 3,3 % entre 1990 et 2011. Pendant cette série chronologique, les fluctuations des émissions des eaux usées par personne ont

22 Ministère de l'Environnement de l'Ontario, fourni par M. Jim Hiraish, du ministère de l'Environnement de l'Ontario, à M. Craig Palmer, d'Environnement Canada. 30 novembre 2007.

Figure 2-18 Tendances des émissions de GES par personne dans le secteur des déchets, 1990-2011



été petites. En revanche, le sous-secteur de l'incinération des déchets a montré une baisse importante au cours de la série chronologique 1990-2011 (voir la Figure 2–18). Les émissions totales par personne attribuables à l'incinération des déchets (DSM, boues d'épuration et déchets dangereux) ont diminué de 25 % 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. 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 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). Cette approche de 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 *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 gaz à effet de serre 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 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 refléterait au sein des secteurs de l'agriculture ou de l'exploitation minière. La présente section porte sur les émissions attribuables aux secteurs économiques suivants : pétrole et gaz, électricité, transports, industries tributaires du commerce et à forte intensité d'émissions<sup>23</sup>, bâtiments, agriculture et déchets et autres. 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

23 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.

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

	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
<i>Mt d'équivalent CO<sub>2</sub></i>								
<b>TOTAL DES ÉMISSIONS NATIONALES DE GES</b>	<b>591</b>	<b>718</b>	<b>737</b>	<b>749</b>	<b>731</b>	<b>689</b>	<b>701</b>	<b>702</b>
<b>Pétrole et gaz</b>	<b>101</b>	<b>150</b>	<b>162</b>	<b>170</b>	<b>164</b>	<b>162</b>	<b>164</b>	<b>163</b>
Industrie amont du pétrole et du gaz	82	130	138	145	140	139	142	143
Production et traitement du gaz naturel	34	55	56	58	55	50	49	47
Production de pétrole classique	22	34	32	32	30	29	29	30
Production de pétrole léger classique	11	12	10	10	10	9	10	10
Production de pétrole lourd classique	11	21	21	20	19	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	41	42	48	52	55
Exploitation minière et extraction	4	5	9	11	11	13	14	14
Extraction sur place	5	8	11	14	17	18	21	23
Valorisation	7	12	14	16	14	17	18	18
Transport du pétrole et du gaz naturel	11	17	16	14	13	12	11	11
Industrie aval du pétrole et du gaz	19	20	24	25	23	23	22	20
Raffinage du pétrole	18	18	22	23	21	21	20	18
Distribution du gaz naturel	1	2	2	2	2	2	2	2
<b>Électricité</b>	<b>94</b>	<b>129</b>	<b>121</b>	<b>120</b>	<b>112</b>	<b>97</b>	<b>99</b>	<b>90</b>
<b>Transports</b>	<b>128</b>	<b>155</b>	<b>168</b>	<b>169</b>	<b>166</b>	<b>163</b>	<b>167</b>	<b>170</b>
Transport de passagers	78	91	96	97	96	96	97	96
Voitures, camions et motocyclettes	69	83	87	88	87	87	88	88
Transport par autobus, train et transport aérien intérieur	8	8	9	9	9	8	8	8
Transport de marchandises	39	48	57	60	59	57	60	61
Camions lourds, trains	32	41	49	52	52	49	52	54
Transport aérien intérieur et transport maritime	6	6	8	8	7	7	8	7
Autres : à des fins récréatives, commerciales et résidentielles	12	17	14	12	10	10	11	13
<b>Industries tributaires du commerce et à forte intensité d'émissions</b>	<b>93</b>	<b>85</b>	<b>87</b>	<b>89</b>	<b>86</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>78</b>
Exploitation minière	5	6	5	7	8	7	7	8
Fonte et raffinage (métaux non ferreux)	17	14	12	12	12	10	10	11
Pâtes et papiers	15	13	9	8	7	7	6	6
Sidérurgie	16	18	20	21	19	15	16	17
Ciment	9	11	13	12	12	10	10	10
Chaux et gypse	3	3	3	4	3	2	3	3
Produits chimiques et engrais	28	20	24	25	26	22	23	24
<b>Bâtiments</b>	<b>70</b>	<b>82</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>83</b>	<b>82</b>	<b>79</b>	<b>84</b>
Secteur des services	27	37	39	37	38	38	38	39
Résidentiel	43	45	44	47	46	44	41	45
<b>Agriculture</b>	<b>54</b>	<b>66</b>	<b>68</b>	<b>69</b>	<b>71</b>	<b>67</b>	<b>69</b>	<b>68</b>
Combustibles à la ferme	8	10	9	12	12	10	13	14
Cultures agricoles	18	20	19	21	23	22	22	22
Élevage	29	36	39	37	36	34	33	32
<b>Déchets et autres</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>49</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>46</b>	<b>48</b>	<b>49</b>
Déchets	19	20	21	21	21	21	22	22
Production de charbon	4	2	2	3	3	3	4	4
Industrie légère, construction et exploitation forestière	28	29	25	24	24	21	22	23

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. CO<sub>2</sub>

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 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.

Les émissions de gaz à effet de serre des secteurs économiques du pétrole et du gaz, des transports, des bâtiments et de l'agriculture ont augmenté de 62 %, de 32 %, de 19 % et de 26 %, respectivement, entre 1990 et 2011, tandis que les émissions des secteurs des industries tributaires du commerce et à forte intensité d'émissions, de l'électricité et des déchets et autres, ont diminué d'environ 17 %, 4 % et 3 %, respectivement. Le taux de croissance des émissions est étroitement lié à la consommation canadienne d'énergie, qui est déterminée par des facteurs, comme la croissance démographique, les conditions météorologiques, l'activité économique et l'intensité énergétique liée à l'activité économique. Le ralentissement économique mondial récent (dans la période 2008-2009) se reflète dans la baisse des émissions produites par chaque secteur de l'économie canadienne pendant cette période. Ce ralentissement économique, combiné à des facteurs comme les mesures gouvernementales pour réduire les émissions et les changements des technologies d'efficacité énergétique, et à une diminution de l'intensité énergétique associée à l'économie, a entraîné une réduction des émissions de GES entre 2005 et 2011, dans la plupart des secteurs économiques.

Le secteur des transports est celui qui contribue le plus aux émissions de gaz à effet de serre au Canada; il représentait 24 % des émissions totales en 2011. Même s'il y a eu une légère augmentation des émissions de GES dans ce secteur entre 2010 et 2011 (2,4 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; il s'agit d'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 2011, le secteur économique de l'industrie pétrolière et gazière a été responsable de la deuxième plus grande part d'émissions de gaz à effet de serre au Canada (23 %). Les émissions attribuables à ce secteur ont augmenté de 61 Mt dans la période de 1990 à 2005, car le secteur s'est étendu et a adopté de nouveaux procédés d'extraction. Cependant, les émissions de GES du secteur pétrolier et gazier n'ont augmenté que de 1 Mt de 2005 à 2011. Cette réduction à court terme est le résultat 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.

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, 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 27 Mt 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 de certaines centrales au charbon en Ontario. 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 30 Mt entre 2005 et 2011.

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 9 Mt entre 2005 et 2011. 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**

Au cours de la période 1990-2011, les émissions des précurseurs de l'ozone et des aérosols ont chuté. Les émissions d'oxydes de soufre (SO<sub>x</sub>) ont diminué de 60 %; celles de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), de 28 %; celles d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), de 24 %, et celles de monoxyde de carbone, de 45 % (voir les tableaux de données de 2011 à l'annexe 10).



Tableau 2–14 Émissions de GES en 2011 selon les catégories de l'inventaire national et les secteurs économiques

SECTEUR ÉCONOMIQUE

Catégories de l'inventaire national <sup>a</sup>												
	Total par secteur économique	Énergie								Procédés industriels		
		Énergie : Combustion de combustibles				Énergie : émissions fugitives				Produits minéraux <sup>d</sup>	Industrie chimique <sup>e</sup>	Production de métaux <sup>f</sup>
		De sources fixes			Transport	Fugitives (non intentionnelles)	Torchage	Évacuation	Total			
		Fixes	Cogénération industrielle <sup>c</sup>	Vapeur destinée à la vente								
		Mt CO <sub>2</sub> équivalent										
<b>Total par catégorie de l'inventaire national<sup>a,b</sup></b>	<b>702</b>	<b>301</b>	<b>9,0</b>	<b>1,2</b>	<b>201</b>	<b>26,4</b>	<b>4,6</b>	<b>28,7</b>	<b>572</b>	<b>7,7</b>	<b>7,0</b>	<b>16,6</b>
<b>Pétrole et gaz</b>	<b>163</b>	<b>86,9</b>	<b>5,7</b>	<b>0,1</b>	<b>11,4</b>	<b>25,4</b>	<b>4,6</b>	<b>28,7</b>	<b>162,8</b>			
Industrie amont du pétrole et du gaz	143	71,3	5,3	-	11,3	23,2	4,5	27,4	142,9			
Production et traitement du gaz naturel	47	22,4	0,6	-	1,0	11,6	0,8	10,4	46,9			
Production de pétrole classique	30	8,5	0,5	-	2,0	3,2	2,2	13,4	29,8			
Production de pétrole léger classique	10	3,4	0,1	-	1,5	1,5	1,4	2,1	10,0			
Production de pétrole lourd classique	18	4,1	-	-	0,6	1,7	0,4	11,2	18,1			
Production de pétrole des régions pionnières	2	0,9	0,4	-	0,0	0,0	0,4	0,0	1,7			
Sables bitumineux (exploitation, extraction sur place, valorisation) <sup>c</sup>	55	40,4	4,2	-	2,7	2,5	1,4	3,6	54,9			
Exploitation minière et extraction	14	7,2	1,2	-	2,7	2,5	0,2	-	13,8			
Extraction sur place	23	19,1	2,1	-	-	0,0	0,6	1,0	22,9			
Valorisation	18	14,1	0,9	-	-	0,0	0,7	2,6	18,3			
Transport du pétrole et du gaz naturel	11	-	-	-	5,5	5,8	0,0	0,0	11,3			
Industrie aval du pétrole et du gaz	20	15,6	0,4	0,1	0,1	2,2	0,2	1,3	19,8			
Raffinage du pétrole	18	15,6	0,4	0,1	-	0,1	0,2	1,3	17,7			
Distribution du gaz naturel	2	-	-	-	0,1	2,0	-	-	2,1			
<b>Électricité</b>	<b>90</b>	<b>90,0</b>		<b>0,2</b>					<b>90,2</b>			
<b>Transports<sup>h</sup></b>	<b>170</b>				<b>167,1</b>				<b>167,1</b>			
Transport de passagers	96				94,2				94,2			
Voitures, camions et motocyclettes <sup>g</sup>	88				86,2				86,2			
Transport par autobus, train et transport aérien intérieur	8				8,0				8,0			
Transport de marchandises	61				59,9				59,9			
Camions lourds, trains	54				53,1				53,1			
Transport aérien intérieur et transport maritime	7				6,8				6,8			
Autres : à des fins récréatives, commerciales et résidentielles	13				13,0				13,0			
<b>Industries tributaires du commerce et à forte intensité d'émissions</b>	<b>78</b>	<b>30,7</b>	<b>2,6</b>	<b>0,9</b>	<b>3,0</b>				<b>37</b>	<b>7,7</b>	<b>7,0</b>	<b>16,6</b>
Exploitation minière	8	4,4	0,7	-	2,7				7,8			
Fonte et raffinage (métaux non ferreux)	11	3,1	0,0	0,0	0,1				3,2	0,0		6,8
Pâtes et papiers	6	4,9	1,1	0,2	0,1				6,2	0,0		
Sidérurgie	17	4,4	0,0	-	0,1				4,6	0,1		9,8
Ciment	10	4,0	-	-	0,0				4,1	5,7		
Chaux et gypse	3	1,1	-	-	-				1,1	1,4		
Produits chimiques et engrais	24	8,7	0,8	0,7	0,0				10,3	0,3	7,0	
<b>Bâtiments</b>	<b>84</b>	<b>74,0</b>	<b>0,3</b>						<b>74,3</b>			
Secteur des services	39	29,6	0,3						29,9			
Résidentiel	45	44,4							44,4			
<b>Agriculture</b>	<b>68</b>	<b>3,4</b>	<b>0,0</b>		<b>10,9</b>				<b>14,4</b>			
Combustibles à la ferme	14	3,4	0,0		10,9				14,4			
Cultures agricoles	22											
Élevage	32											
<b>Déchets</b>	<b>22</b>								<b>-</b>			
Déchets solides	20								-			
Eaux usées	1								-			
Incinération des déchets	1								-			
<b>Production de charbon</b>	<b>4</b>	<b>1,1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1,8</b>	<b>1,0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>3,9</b>			
<b>Industrie légère, construction et exploitation forestière</b>	<b>23</b>	<b>14,7</b>	<b>0,4</b>	<b>0,0</b>	<b>6,7</b>				<b>21,8</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
Activités de l'industrie légère	15	13,2	0,4	0,0	0,8				14,4	-	-	-
Activités de la construction	6	1,3	-	-	4,6				5,9			
Exploitation des ressources forestières	2	0,1	0,0	-	1,3				1,5			

Notes: 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.

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), 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 <sup>a</sup>										
Procédés industriels			Agriculture				Déchets			
Consommation d'halocarbures et de SF <sub>6</sub>	Autres procédés industriels et procédés indifférenciés	Total	Gestion du fumier	Fermentation entérique	Sols agricoles	Total	Enfouissement des déchets solides	Traitement des eaux usées	Incinération des déchets	ATCATF <sup>b</sup>
Mt d'équivalent CO <sub>2</sub>										
7,7	15,3	54,3	6,4	18,0	29,5	53,9	20,1	1,0	0,7	21,7
	0,2	0,2								87,3
<b>Total par catégorie de l'inventaire national<sup>a,b</sup></b>										
<b>Pétrole et gaz</b>										
										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
										Sables bitumineux (exploitation, extraction sur place, valorisation) <sup>c</sup>
										Exploitation minière et extraction
										Extraction sur place
										Valorisation
										Transport du pétrole et du gaz naturel
	0,2	0,2								Industrie aval du pétrole et du gaz
										Raffinage du pétrole
										Distribution du gaz naturel
0,2		0,2								<b>Électricité</b>
2,5	0,1	2,6								<b>Transports<sup>d</sup></b>
1,6	0,1	1,6								Transport de passagers
1,5	0,1	1,5								Voitures, camions et motocyclettes <sup>e</sup>
0,1	0,0	0,1								Transport par autobus, train et transport aérien intérieur
0,9	0,0	0,9								Transport de marchandises
0,8	0,0	0,8								Camions lourds, trains
0,1	0,0	0,1								Transport aérien intérieur et transport maritime
										Autres : à des fins récréatives, commerciales et résidentielles
-	9,5	40,8								<b>Industries tributaires du commerce et à forte intensité d'émissions</b>
	0,1	0,1								Exploitation minière
-	0,6	7,4								Fonte et raffinage (métaux non ferreux)
	-	0,0								Pâtes et papiers
	2,8	12,8								Sidérurgie
		5,7								Ciment
		1,4								Chaux et gypse
	6,0	13,3								Produits chimiques et engrais
4,1	5,1	9,2								<b>Bâtiments</b>
4,0	5,1	9,1								Secteur des services
0,1		0,1								Résidentiel
	0,0	0,0	6,4	18,0	29,5	53,9				<b>Agriculture</b>
						-				Combustibles à la ferme
					21,7	21,7				Cultures agricoles
			6,4	18,0	7,8	32,2				Élevage
							20,1	1,0	0,7	21,7
							20,1			20,1
								1,0		1,0
									0,7	0,7
										<b>Déchets</b>
										Déchets solides
										Eaux usées
										Incinération des déchets
										<b>Production de charbon</b>
0,9	0,4	1,3								<b>Industrie légère, construction et exploitation forestière</b>
0,9	0,1	1,0								Activités de l'industrie légère
	0,1	0,1								Activités de la construction
	0,1	0,1								Exploitation des ressources forestières
										87,3

d. Une partie des émissions associées au diesel utilisé par l'industrie pétrolière, déclarées comme émissions de sources de combustion fixes selon les catégories du GIEC, ont été attribuées au secteur des transports dans la catégorie économique de l'exploitation minière et de l'extraction des sables bitumineux.

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

f. L'industrie chimique comprend la production d'ammoniac, d'acide nitrique et d'acide adipique.

g. La production de métaux comprend la production sidérurgique, la production d'aluminium ainsi que le SF<sub>6</sub> utilisé dans les usines de fonte et de moulage de magnésium.

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.

\* Moins de 0,5 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>

# Chapitre 3

## Énergie (secteur 1 du CUPR)

### 3.1. Aperçu

Dans l'ensemble, le secteur de l'énergie a été responsable d'environ 81 % (ou 572 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) des émissions totales de GES du Canada en 2011 (Tableau 3-1). Le secteur de l'énergie représente toutes les émissions de GES (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O) résultant de la combustion de combustibles attribuable à des sources fixes et aux transports ainsi que les émissions fugitives de l'industrie des combustibles fossiles<sup>1</sup>. 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 torçage 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).

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

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 du pétrole et du gaz, les industries manufacturières et de la construction et le secteur résidentiel et commercial. Seules les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O 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 CO<sub>2</sub> 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.

Grâce aux efforts pour améliorer les méthodologies de façon continue et à tenir à jour les données de départ, les estimations du secteur de l'énergie ont changé par rapport à celles du dernier rapport d'inventaire. Ces changements, ou recalculs, sont décrits dans le Tableau 3-2 ci-dessous.

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 <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Secteur de l'énergie	469 000	589 000	597 000	610 000	592 000	560 000	570 000	572 000
Combustion de combustibles (1.A)	427 000	526 000	534 000	547 000	530 000	502 000	512 000	512 000
Industries énergétiques (1.A.1)	145 000	197 000	194 000	194 000	182 000	166 000	166 000	155 000
Industries manufacturières et construction (1.A.2)	64 300	68 800	69 000	77 900	76 400	73 200	77 700	80 500
Transports (1.A.3)	146 000	180 000	193 000	195 000	194 000	186 000	196 000	199 000
Autres secteurs (1.A.4)	71 600	80 700	78 400	79 300	78 100	75 900	72 200	77 900
Émissions fugitives découlant des combustibles (1.B)	42 400	63 000	63 400	63 000	62 000	58 800	58 600	59 700

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

Tableau 3-2 Recalculs des émissions de GES dans le secteur de l'énergie (rapport de 2013 comparé au rapport de 2012)

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )						
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010
<b>Secteur de l'énergie</b>	<b>1 956</b>	<b>868</b>	<b>-2 006</b>	<b>-1 726</b>	<b>1 184</b>	<b>195</b>	<b>8 485</b>
<b>Combustion de combustibles (1.A)</b>	<b>1 953</b>	<b>869</b>	<b>-2 040</b>	<b>-1 699</b>	<b>1 212</b>	<b>231</b>	<b>8 537</b>
Industries énergétiques (1.A.1)	2 294	1 233	2 077	2 915	5 759	3 856	11 447
Industries manufacturières et construction (1.A.2)	-339	-548	-2 020	-2 886	-2 523	-2 678	-3 345
Transports (1.A.3)	0,0	0	-13	-419	180	-384	878
Autres secteurs (1.A.4)	-2,8	184	-2 084	-1 309	-2 204	-563	-443
<b>Émissions fugitives découlant des combustibles (1.B)</b>	<b>3,3</b>	<b>-1,2</b>	<b>35</b>	<b>-27</b>	<b>-29</b>	<b>-36</b>	<b>-51</b>

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

Les plus importants changements en ce qui concerne les émissions découlent de mises à jour des données de base sur l'énergie, telles que documentées dans les bilans énergétiques nationaux<sup>2</sup>. Les bilans énergétiques sont compilés annuellement; les données les plus récentes de l'année sont considérées comme préliminaires et sont mises à jour l'année suivante. Dans le présent rapport, les changements les plus importants touchent les données de 2010. Par exemple, le nouveau total de 11 Mt d'émissions attribuables aux industries énergétiques<sup>3</sup> en 2010 vient de la mise à jour de la consommation énergétique dans l'industrie pétrolière et gazière. D'autres mises à jour (ayant une incidence moindre sur les recalculs) ont été intégrées aux bilans énergétiques. Elles sont décrites à la section 3.2.1.5.

Tel qu'il est mentionné ci-dessus, les améliorations aux méthodologies ont aussi eu une incidence sur les recalculs. Dans le rapport de cette année, il n'y a eu que des mises à jour de coefficients d'émission (voir la section 3.2.1.5).

## 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 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 2011, la combustion de combustibles fossiles a généré environ 512 Mt (soit 73 %) des émissions de GES du Canada (Tableau 3-1). Les émissions globales de GES attribuables aux activités de combustion de combustibles ont augmenté de 20 % depuis 1990 et sont demeurées stables depuis 2010. Entre 1990 et 2011, les émissions imputables à la combustion des industries énergétiques et du secteur des transports ont augmenté respectivement d'environ 7 % et 36 % (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 2011, le sous-secteur des industries énergétiques a représenté 155 Mt (ou environ 22 %) des émissions totales

<sup>2</sup> Les bilans énergétiques sont fournis dans le *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (BDEEC, 57-003) de Statistique Canada.

<sup>3</sup> Le changement est le résultat du retraitement de la consommation de gaz naturel dans la catégorie Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques, qui est déclarée dans la Production de combustibles fossiles à l'annexe 12 et dans le tableau S-1.

Figure 3–1 Émissions de GES attribuables à la combustion de combustibles, 1990-2011

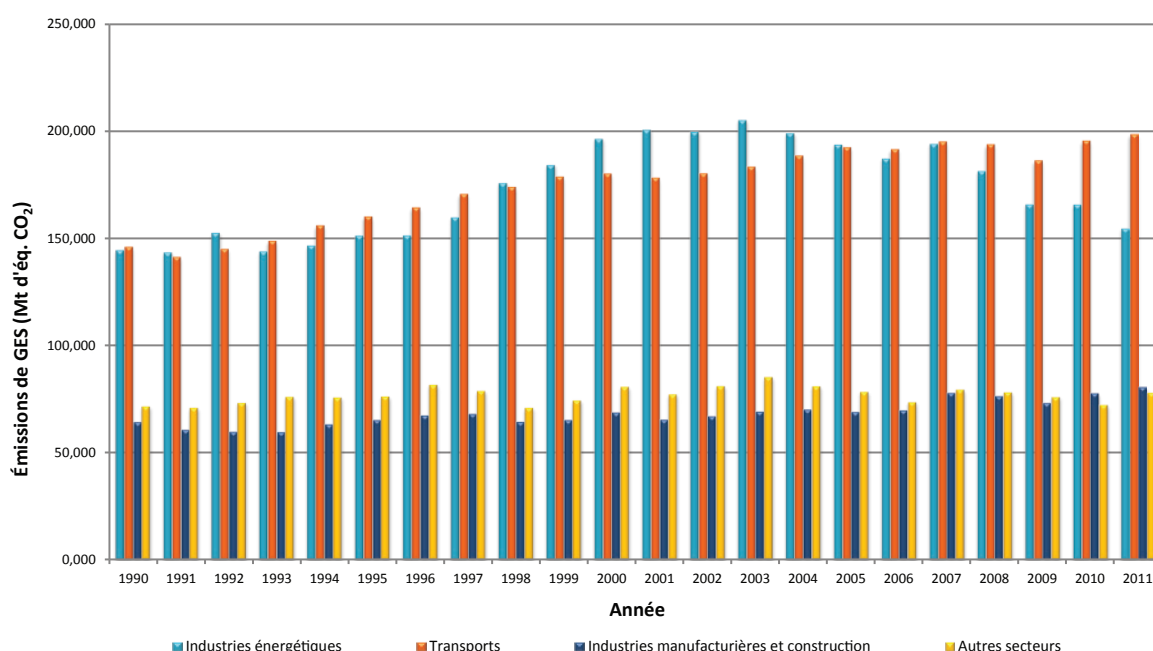


Tableau 3–3 Contribution des industries énergétiques à la production de GES

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Industries énergétiques TOTAL (1.A.1)</b>	<b>145 000</b>	<b>197 000</b>	<b>194 000</b>	<b>194 000</b>	<b>182 000</b>	<b>166 000</b>	<b>166 000</b>	<b>155 000</b>
Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	93 600	129 000	123 000	122 000	115 000	99 600	101 000	93 300
Raffinage du pétrole	17 000	16 000	20 000	21 000	19 000	19 000	18 000	16 000
Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	34 000	51 000	51 000	51 000	47 000	48 000	47 000	45 000

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

de GES du Canada, une hausse d'environ 7 % depuis 1990. Le secteur de la production d'électricité et de chaleur dans le secteur public a représenté 60 % (ou 93 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 10 % (16 Mt) et de 29 % (45 Mt) respectivement (Tableau 3–3). 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 ait été 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).

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 (voir la 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 public<sup>4</sup>. 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.

Les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O provenant de la combustion du gaz d'enfouissement à des fins de production de chaleur, de vapeur et d'électricité sont comprises dans la catégorie, tandis que les émissions de CO<sub>2</sub> ne sont pas comprises dans les totaux, mais sont déclarées séparément dans les tableaux du CUPR de la Convention-cadre des

Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) comme poste pour mémoire.

### **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 combustion des raffineries) ou de combustibles achetés (comme le gaz naturel). Le CO<sub>2</sub> 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

<sup>4</sup> Catégorie définie par Statistique Canada.



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 procédés, ce qui entraîne à la fois des émissions de combustion et des émissions fugitives.

### 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, no 57-003). L'utilisation estimée des gaz d'enfouissement se trouve dans la section sur les déchets. 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 (se reporter à la 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 CO<sub>2</sub> 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 prov-

enant des puits de production et la consommation des gaz de combustion des raffineries). Par exemple, dans la catégorie Raffinage du pétrole, les coefficients d'émission de CO<sub>2</sub> pour les combustibles non commercialisables tels que consommés, comme les gaz de distillation des raffineries, le coke de pétrole et le coke catalytique, influent plus grandement sur l'estimation de l'incertitude que les coefficients d'émission de CO<sub>2</sub> des combustibles commerciaux. Les nouveaux coefficients d'émission de CO<sub>2</sub> pour le charbon ont été établis à l'aide de méthodes statistiques utilisant un intervalle de confiance de 95 %.

Environ 68 % des émissions générées en 2011 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 CO<sub>2</sub> ( $\pm 6$  %) et de CH<sub>4</sub> (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 CH<sub>4</sub> ( $\pm 39$  %) et de N<sub>2</sub>O ( $\pm 38$  %) 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 CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O 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 ont été 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.

Des erreurs mineures dans les données d'activités ont été relevées lors de l'examen, et corrigées par la suite; elles affectaient surtout sur des données historiques. On a amélioré le niveau d'évaluation et d'analyse des tendances en se servant sources additionnelles de données à des fins de comparaison, telles les émissions de GES des installations déclarées dans le cadre du programme de déclaration obligatoire des émissions des grands émetteurs d'Environnement Canada. Aucune erreur mathématique n'a été décelée durant les contrôles de la qualité. Les données, les méthodes et les changements relatifs aux activités de CQ sont illustrés et archivés sur support papier et électronique.

### 3.2.1.5. Recalculs

Plusieurs activités d'amélioration ont permis d'accroître l'exactitude, la comparabilité et l'uniformité des données par rapport aux exigences des *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – version révisée de 1996* et de celles de la CCNUCC. Comme nous l'exposons plus en détail ci-dessous, 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 production d'électricité, du raffinage du pétrole et de la fabrication de combustibles solides et d'autres industries énergétiques.

*Données d'activité* : Les données du BDEEC sur l'utilisation des combustibles pour la période 2004-2010 ont été révisées par Statistique Canada, et les estimations ont été recalculées en conséquence. Statistique Canada a apporté plusieurs améliorations méthodologiques importantes au BDEEC, compte tenu :

- de l'utilisation directe de l'Enquête sur la consommation industrielle d'énergie (ECIE) annuelle pour mieux

rendre compte des valeurs de consommation de combustible des industries manufacturières;

- de la réattribution des produits pétroliers raffinés fondée sur l'Enquête annuelle sur les distributeurs secondaires;
- de l'utilisation du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN).

Ces améliorations ont accru la transparence, l'exactitude et la représentativité de la consommation de combustibles à l'échelle des secteurs et des sous-secteurs.

Même si ces améliorations ont augmenté la qualité des renseignements disponibles aux fins de déclaration et d'analyse, les données de 1995 à 2003 n'ont pas encore été révisées pour dégager la tendance historique. Des travaux sont en cours pour vérifier la cohérence de la série chronologique (avant 2003).

*Coefficients d'émission* : La révision des coefficients d'émission suivants a entraîné de nouveaux calculs.

- **Charbon** : Une méthodologie statistiquement éprouvée et plus précise permettant de déterminer les coefficients d'émission de CO<sub>2</sub> pour le charbon a été élaborée pour le rapport de 2011. Les coefficients d'émissions dont il est question dans le rapport de 2013 ont été mis à jour, et l'écart entre ces coefficients et les valeurs préliminaires ne dépasse pas 6 %.
- **Gaz d'enfouissement** : Les coefficients d'émission de CO<sub>2</sub>, de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O ont été mis à jour. Dans le passé, ces coefficients étaient fondés sur des unités énergétiques, mais, les données d'activité pour les gaz d'enfouissement étant déclarées en unités de masse, cela entraîne des conversions superflues et inexacts. Les coefficients d'émission à jour des gaz d'enfouissement ont été convertis avec exactitude en valeurs équivalentes d'unités de masse.
- **Gaz naturel** : Une erreur typographique dans le coefficient d'émission de CH<sub>4</sub> pour la consommation par les producteurs a été corrigée dans le modèle pour les sources fixes. Le coefficient corrigé est à 1,6 % ou moins de la valeur précédente.
- **Coke du pétrole – raffineries et autres** : Le coefficient d'émission de N<sub>2</sub>O a été corrigé. Le coefficient d'émission initial a été calculé à l'aide d'un facteur de conversion énergétique visant le carburant d'aviation plutôt que le coke du pétrole (raffineries). Cette correction entraîne une augmentation globale de moins de 1 kt de l'équivalent CO<sub>2</sub> total des émissions en 2011.
- **Coke du pétrole – installations de valorisation** : Le coefficient d'émission de N<sub>2</sub>O a été corrigé. Le coefficient d'émission initial a été calculé à l'aide d'un facteur de conversion énergétique visant le carburéacteur plutôt que le coke du pétrole (installations de valorisation).

Cette correction entraîne une augmentation globale d'environ 4 kt de l'équivalent CO<sub>2</sub> total des émissions en 2011.

- **Propane** : L'arrondissement du coefficient d'émission de CO<sub>2</sub> a été corrigé de 1 510 kg/m<sup>3</sup> à 1 507 kg/m<sup>3</sup>.
- **Gaz des fours à coke** : Un nouveau coefficient d'émission, fondé sur une approche propre au pays, documentée de façon complète (McCann, 2000), a été adopté pour ce rapport.
- **Combustible résiduaire** : Les coefficients d'émission de CO<sub>2</sub>, de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O ont été additionnés pour remplacer les coefficients d'émission calculés pour les pneus usés. Les valeurs par défaut tirées des Lignes directrices du GIEC (version révisée de 1996) ont été utilisées pour le CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O. Le coefficient d'émission de CO<sub>2</sub> a été déterminé à l'aide de données sur les éléments constitutifs du combustible, provenant de l'Association canadienne du ciment, et de coefficients d'émission provenant de l'initiative pour un développement durable du ciment (*Cement Sustainability Initiative*) (WBCSD, 2011).

Tous les coefficients d'émission sont documentés à l'annexe 8.

*Production d'électricité et de chaleur du secteur public* : La méthode élaborée pour bien réattribuer les émissions des combustibles utilisés par l'industrie pour produire de l'électricité (comme nous le mentionnons à l'annexe 2) à leurs sources industrielles respectives a été modifiée pour s'assurer que toutes les émissions de combustibles étaient réattribuées. Ce changement fait en sorte que le bilan énergétique global est maintenu et est conforme aux Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – version révisée de 1996 (GIEC/OCDE/IEA, 1997).

*Catégorisation des combustibles d'après le GIEC* : Dans le rapport d'examen annuel de 2012 (et les rapports précédents) de l'inventaire national du Canada par l'équipe d'experts (ERT) (CCNUCC, 2012), il a été recommandé que le Canada déclare tous les combustibles en fonction des catégories de déclaration standard du GIEC. Dans la foulée des recommandations de l'équipe d'experts (ERT), les émissions sont présentées dans le tableau du CUPR selon les catégories de combustibles du GIEC, plutôt qu'en tenant compte de l'état physique du combustible au moment de l'utilisation, ce qu'on faisait auparavant. Cette approche de réattribution ne constitue pas un recalcul. Malgré qu'elle semble en constituer un dans les tableaux du CUPR, elle est simplement une redistribution en fonction des catégories de combustibles (p. ex. combustibles liquides, solides et gazeux).

### 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 2011, le sous-secteur des Industries manufacturières et de la construction était responsable de 81 Mt (soit 11 %) des émissions totales de GES du Canada, avec une augmentation de 25 % (16,2 Mt) de toutes les émissions depuis 1990 (voir le Tableau 3-4 pour plus de détails). Dans le sous-secteur des Industries manufacturières et de la construction, 56,6 Mt (soit 70 %) des émissions de GES proviennent de la catégorie Autres, qui englobe les activités de fabrication du ciment, d'exploitation minière, de la construction et d'autres activités manufacturières. Ce sous-secteur est suivi (par ordre décroissant) des catégories Produits chimiques, Pâtes et papiers et imprimerie, Sidérurgie et Métaux non ferreux, à hauteur respectivement de 10 Mt (12,7 %), 6,2 Mt (7,7 %), 4,4 Mt (5,5 %) et 3,1 Mt (3,9 %). 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

Tableau 3-4 Contribution des industries manufacturières et de la construction à la production de GES

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Industries manufacturières et construction - TOTAL (1.A.2)	64 300	68 800	69 000	77 900	76 400	73 200	77 700	80 500
Sidérurgie	4 950	6 050	5 570	5 990	5 760	4 280	4 440	4 410
Métaux non ferreux	3 260	3 230	3 570	3 750	3 750	2 810	2 950	3 110
Produits chimiques	8 220	9 400	8 290	8 670	8 750	8 830	9 910	10 200
Pâtes, papier et imprimerie	14 500	12 300	8 770	7 850	6 400	6 510	6 090	6 190
Transformation des aliments, boissons et tabac <sup>1</sup>	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA
Autres	33 400	37 800	42 800	51 600	51 700	50 700	54 300	56 600
Ciment	3 920	4 330	5 380	5 040	4 910	4 480	4 030	4 050
Exploitation minière	6 590	12 100	18 900	28 900	30 000	31 700	35 000	36 400
Construction	1 870	1 070	1 440	1 390	1 370	1 210	1 500	1 330
Autres industries manufacturières	21 000	20 300	17 100	16 300	15 500	13 400	13 700	14 700

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.



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)

Le Canada dispose de quatre établissements intégrés de sidérurgie qui fabriquent 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 résiduelles brûlées à des fins énergétiques. Les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O résultant de la combustion de biomasse sont comprises dans la catégorie industrielle des pâtes et papiers. Les émissions de CO<sub>2</sub> 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  $\pm 2\%$  pour tous les gaz.

Les données de départ sur les quantités de combustibles et les coefficients d'émission de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O 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 CO<sub>2</sub>, du CH<sub>4</sub> et du N<sub>2</sub>O 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* : Statistique Canada a révisé les données sur l'utilisation des combustibles, et les estimations ont été corrigées en conséquence. On trouvera plus de détails à la section 3.2.1.5 Recalculs.

*Coefficients d'émission* : Plusieurs coefficients d'émission ont été modifiés, ce qui a donné lieu à des recalculs. On trouvera plus de détails à la section 3.2.1.5.

#### 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 % (199 Mt – voir le Tableau 3–5 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 111 % (22,4 Mt) pour les camions légers à essence et à 109 % (21,8 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 du transport ferroviaire, soit une baisse combinée de 10,2 Mt depuis 1990. En général, le sous-secteur des transports a affiché une augmentation de 36 % et est responsable de 47 % 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



Tableau 3–5 Contribution des transports à la production de GES

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Transports - TOTAL (1.A.3.)	146 000	180 000	193 000	195 000	194 000	186 000	196 000	199 000
Aviation civile (vols intérieurs)	7 100	7 400	7 600	7 700	7 300	6 400	6 400	6 000
Transports routiers	96 700	118 000	130 000	133 000	132 000	132 000	134 000	135 000
Véhicules légers à essence	45 500	42 100	40 200	40 000	39 500	39 700	40 000	39 500
Camions légers à essence	20 300	36 400	42 700	42 700	42 300	42 500	42 900	42 700
Véhicules lourds à essence	7 440	5 470	6 540	6 750	6 800	6 910	7 020	7 130
Motos	152	162	254	262	263	266	271	273
Véhicules légers au diesel	469	466	574	616	652	699	750	798
Camions légers au diesel	702	1 660	1 920	2 010	2 020	2 030	2 090	2 160
Véhicules lourds au diesel	20 000	30 900	37 600	39 500	39 200	39 000	40 200	41 800
Véhicules au propane et au gaz naturel	2 200	1 100	720	830	880	780	780	820
Transport ferroviaire	7 000	7 000	7 000	7 000	8 000	5 000	7 000	7 000
Transport maritime (intérieur)	5 000	5 100	6 700	6 800	6 500	6 700	7 000	6 000
Autres modes de transport	30 000	43 000	41 000	41 000	41 000	36 000	42 000	45 000
Véhicules hors route à essence	7 800	8 800	8 300	8 000	7 300	7 300	7 900	9 400
Véhicules hors route au diesel	16 000	23 000	23 000	24 000	26 000	23 000	28 000	30 000
Pipelines	6 850	11 200	10 100	8 380	7 460	6 310	5 670	5 600

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

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 carburéacteur 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, no 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 (voir à l'annexe 2 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 CO<sub>2</sub>, de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O de toutes les sources mobiles, à l'exception des pipelines (voir à l'annexe 2 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, n° 57-003) et déclarées à la rubrique Transport ferroviaire sont multipliées par les coefficients d'émission propres à chaque pays (voir à l'annexe 2 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 (voir à l'annexe 2 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 route<sup>5</sup> (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 débusqueuses, 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 (voir à l'annexe 2 une description de la méthode).

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

### Transport par pipeline

Les pipelines<sup>6</sup> 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 CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O 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 CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O 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.

### Combustion des combustibles fossiles dans le sous-secteur des transports

Le sous-secteur 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 2011 pour les sources mobiles de transport (dont les pipelines sont exclus) se situerait entre -1,9 % et 5,0 %.

Le degré d'incertitude quant aux émissions de CO<sub>2</sub> 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 CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O étaient équivalentes à deux ou à trois fois celles associées aux émissions de CO<sub>2</sub>. Ainsi, le degré d'incertitude global pour les sources mobiles de transport reflète la prédominance du CO<sub>2</sub> 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 CH<sub>4</sub> (entre -50 % et 50 %) et de N<sub>2</sub>O (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 CO<sub>2</sub> 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.

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

## Émissions attribuables au transport routier

Le degré d'incertitude lié aux émissions globales provenant des véhicules routiers est, selon les estimations, inférieur à  $\pm 1$  % 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 CO<sub>2</sub> qui leur sont associées. Réciproquement, le degré d'incertitude élevé associé aux émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O 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.

## 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 N<sub>2</sub>O (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 CO<sub>2</sub> a eu très peu d'incidence. Il importe de noter que les émissions attribuables au transport ferroviaire n'ont représenté que 3 % 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 N<sub>2</sub>O (entre -90 % et 900 %), tandis que le degré d'incertitude du coefficient d'émission de CO<sub>2</sub> 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 sous-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 mobiles de transport hors route se situe entre -8 % et 25 %, ce qui montre que le rapport de 2013 sous-estime sans doute le CO<sub>2</sub> 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 N<sub>2</sub>O 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 20 % 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 CO<sub>2</sub>, de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O 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 (voir l'annexe 6), ont été effectués sur toutes les catégories des transports et non pas uniquement celles qui sont désignées comme étant des catégories « clés ». 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. Recalculs

Les estimations des émissions du secteur des transports ont été révisées pour la période 2004-2010, compte tenu des facteurs suivants :

*Données sur l'utilisation de combustibles de Statistique Canada* : un ensemble de données révisées pour la consommation d'énergie a été présenté. Il en est résulté des modifications mineures pour ces années. 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.

*Données sur les ventes de carburants taxées de Statistique Canada* : un ensemble de données révisées pour 2010 a été présenté. Il en est résulté des modifications mineures pour cette année-là.

#### 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 broser 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.



Tableau 3-6 Contribution des autres secteurs à la production de GES

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Autres secteurs - TOTAL (1.A.4)	71 600	80 700	78 400	79 300	78 100	75 900	72 200	77 900
Commercial et institutionnel	25 700	33 300	31 900	30 200	29 600	29 400	28 000	29 900
Secteur commercial et autres secteurs institutionnels	23 700	31 000	29 900	28 100	27 600	27 400	26 200	28 000
Administrations publiques	1 980	2 290	2 050	2 090	2 000	2 030	1 800	1 880
Résidentiel	43 000	45 000	44 000	47 000	46 000	44 000	41 000	44 000
Agriculture, foresterie et pêches	2 390	2 540	2 100	2 610	2 610	2 530	2 880	3 550
Foresterie	60	70	160	180	170	170	190	140
Agriculture	2 300	2 500	1 900	2 400	2 400	2 400	2 700	3 400

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

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

La combustion de biomasse<sup>7</sup> est une source importante d'émissions dans le secteur résidentiel, et les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O entrent dans les estimations de ce sous-secteur. Toutefois, le CO<sub>2</sub> 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 2011, le sous-secteur « Autres secteurs » a représenté 77,9 Mt (ou 11 %) des émissions totales de GES du Canada, soit une augmentation globale d'environ 8,8 % (6,3 Mt) depuis 1990. Les émissions résidentielles y ont représenté environ 44 Mt (ou 57 %), contre 29,9 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 16 % dans la catégorie Commercial et institutionnel, tandis que les émissions dans la catégorie Résidentiel ont augmenté d'environ 2 %. Voir le Tableau 3-6 pour plus de renseignements. On trouvera une analyse plus approfondie des tendances relatives au sous-secteur Autres secteurs 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 au sous-secteur 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.

#### 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

<sup>7</sup> En particulier le bois de chauffage.



combustion de biomasse (bois de chauffage résidentiel) est expliquée en détail sous Émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à la biomasse (section 3.4.2); même si les émissions de CO<sub>2</sub> ne sont pas comptabilisées dans le total national des GES du secteur résidentiel (mais déclarées comme poste pour mémoire), les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O 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  $\pm 5$  % pour tous les gaz et de  $\pm 5$  % pour le CO<sub>2</sub> seul.

Les quantités de combustibles de départ et les coefficients d'émission de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> résultant de la combustion de biomasse n'ont représenté que 6 % du total du secteur résidentiel, le degré d'incertitude des émissions de CH<sub>4</sub> (-90 % à +1 500 %) et de N<sub>2</sub>O (-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 CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O pour certaines des plages d'incertitude des coef-

ficients 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.

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 mises à jour par le BDEEC 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**

Statistique Canada a révisé les données sur l'utilisation des combustibles 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.

*Coefficients d'émission* : Plusieurs coefficients d'émission ont été modifiés, ce qui a donné lieu à des recalculs. On trouvera plus de détails dans l'analyse des coefficients d'émission à la section 3.2.1.5.

#### **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 carburateur dues au transport aérien mili-

Tableau 3-7 Contribution des émissions fugitives de GES

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Émissions fugitives provenant des combustibles (1.B)	42 400	63 000	63 400	63 000	62 000	58 800	58 600	59 700
Combustibles solides - Exploitations houillères (1.B.1)	2 000	1 000	1 000	1 000	900	900	1 000	1 000
Pétrole et gaz naturel (1.B.2)	40 200	62 100	62 400	62 000	61 000	57 900	57 600	58 700
a. Pétrole <sup>1</sup>	4 190	5 440	5 660	5 830	5 550	5 540	5 710	5 920
b. Gaz naturel <sup>1</sup>	11 400	17 700	19 200	19 700	19 700	19 300	19 300	19 400
c. Évacuation et torchage <sup>2</sup>	24 600	38 900	37 600	36 500	35 800	33 100	32 500	33 300
Évacuation	20 200	33 500	32 100	31 200	30 700	28 700	28 200	28 700
Torchage	4 400	5 400	5 500	5 300	5 100	4 400	4 300	4 600

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.

taire 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, no 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.

En 2011, la catégorie des émissions fugitives a représenté environ 59,7 Mt (ou 8,5 %) des émissions totales de GES du Canada, soit une augmentation d'environ 41 % depuis 1990. Entre 1990 et 2011, les émissions fugitives du secteur du pétrole et du gaz naturel ont augmenté de 46 %, passant à 58,7 Mt, et celles des exploitations houillères ont diminué d'environ 1,2 Mt par rapport aux quelque 2,2 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. Voir le Tableau 3-7 pour 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 CH<sub>4</sub>. Dans les gisements de houille, le CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> sous pression dans l'atmosphère. À mesure que baisse la pression qui s'exerce sur le charbon, le CH<sub>4</sub> adsorbé est rejeté jusqu'à ce que le CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> du gisement. Les activités post-extraction, comme la préparation, le transport, le stockage et la transformation finale avant la combustion, dégagent également du CH<sub>4</sub>.

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 CH<sub>4</sub> des mines de charbon se situe entre -30 % et 130 % (ICF, 2004). Les données de production sont connues avec un niveau de certitude élevé ( $\pm 2$  %). 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 CH<sub>4</sub> 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 2010.

### 3.3.1.6. Améliorations prévues

À long terme, on prévoit mener une étude complète sur l'extraction du charbon au Canada dans le but d'améliorer certains aspects du modèle, par exemple d'élaborer de nouveaux coefficients d'émission.

### 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 prétransformation du gaz. La majeure partie des émissions est due à des fuites d'équipements, comme les fuites des joints; toutefois, les rejets provenant du gaz qui sert à l'alimentation des équipements pneumatiques et aux opérations de nettoyage des conduites sont également des sources importantes.

*Production de pétrole léger et moyen :* 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  $900 \text{ kg/m}^3$ . 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 prétransformation (simples et satellites) et les installations d'épuration. La principale source est l'évacuation des gaz dissous et des tubages.

*Production de bitume in situ :* Le bitume naturel est un liquide dense et extrêmement visqueux qu'il est impossible d'extraire d'un puits par des moyens de production primaires. Il faut un procédé amélioré de récupération *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 (VAPEX) et le drainage par gravité au moyen de combustion dans des puits verticaux (GDCV). 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 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 gazifière 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 CH<sub>4</sub> 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 (H<sub>2</sub>S) 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 CO<sub>2</sub> 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 2001-2011 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 *CH<sub>4</sub> 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 H<sub>2</sub>S 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) (voir la 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'agence Energy Resources Conservation Board (ERCB, 2011) et les statistiques en ligne

(1998-2011) 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'agence ERCB (2012) 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 2009 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<sup>8</sup> fournie par Statistique Canada.

8 Statistique Canada. 2011. Longueurs de gazoducs fournies par courriel (de S. Fagan, de la Division de la fabrication et de l'énergie, Statistique Canada, à S. Smyth, Division des rapports et des inventaires sur le pétrole, Environnement Canada, daté du 19 octobre 2011).

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 2001-2011 sont estimées à partir des données de 2000 et d'autres coefficients analysés ci-dessus. 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 les Tableau 3-8 et Tableau 3-9, 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 l'origine des émissions et

Tableau 3-8 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	—
<b>Total</b>	<b>-2,3 à +2,1</b>	<b><math>\pm 3,1</math></b>	<b>-16,7 à +16,8</b>

Tableau 3-9 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	$\pm 1,7$
Évacuation	-4,0 à +3,5
<b>Total</b>	<b><math>\pm 0,7</math></b>

Source : CAPP (2005b).

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 2003-2011 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 CO<sub>2</sub> 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  $\pm 8,3$  %. L'analyse de niveau 2 a établi un degré d'incertitude global de  $\pm 14$  %. 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 3-10.

### 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 CO<sub>2</sub> et de CH<sub>4</sub> 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 1990 à 2011 en se servant des données d'activité actuali-

Tableau 3-10 Degré d'incertitude des émissions fugitives du raffinage du pétrole

	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	$\pm 8,3$	$\pm 4,3$	$\pm 8,3$	$\pm 8,3$
Niveau 2	$\pm 14$	$\pm 5$	$\pm 14$	$\pm 14$

sées de Statistique Canada. Ces nouveaux calculs ont touché toutes les années pour la catégorie du CUPR : 1.B.2.A.4 Raffinage/stockage du pétrole, et les années 2004-2010 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 les années de données 2007 à 2010.

### 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.

*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 3-11) ont été calculées à l'aide des méthodes qui figurent à la rubrique Aviation civile (transport aérien intérieur) (voir la 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

**Tableau 3–11 Émissions de GES attribuables au transport aérien intérieur et international, 1990, 2000, 2005, 2007–2011**

	Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Combustibles de soute (transport aérien international)	6 100	9 000	10 000	9 900	9 300	8 800	9 300	9 200
Aviation civile (transport aérien intérieur)	7 100	7 400	7 600	7 700	7 300	6 400	6 400	6 000
<b>Total</b>	<b>13 200</b>	<b>16 400</b>	<b>17 600</b>	<b>17 600</b>	<b>16 600</b>	<b>15 200</b>	<b>15 700</b>	<b>15 200</b>

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

**Tableau 3–12 Émissions de GES attribuables au transport maritime intérieur et international, 1990, 2000, 2005, 2007–2011**

	Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Combustibles de soute (transport maritime international)	3 100	3 600	3 100	3 000	2 900	2 300	2 400	1 800
Transport maritime (intérieur)	5 000	5 100	6 700	6 800	6 500	6 700	7 000	6 000
<b>Total</b>	<b>8 200</b>	<b>8 700</b>	<b>9 700</b>	<b>9 700</b>	<b>9 400</b>	<b>8 900</b>	<b>9 300</b>	<b>7 900</b>

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

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'avions 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 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 3–12) 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 CO<sub>2</sub> attribuables à la biomasse

Conformément aux lignes directrices de la CCNUCC, le CO<sub>2</sub> 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 CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O 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 CO<sub>2</sub>, du CH<sub>4</sub> et du N<sub>2</sub>O, 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



**Tableau 3-13 Éthanol utilisé dans les transports au Canada, 1990, 2000, 2005, 2007-2011**

Année	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Éthanol consommé (ML)	7	227	267	1 311	1 364	1 529	1 874	2 612

**Tableau 3-14 Biodiesel utilisé dans les transports au Canada, 1990, 2000, 2005, 2007-2011**

Année	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Biodiesel consommé (ML)	0	0	4	54	141	164	394	408

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 3-13. 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/m<sup>3</sup>.

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 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 CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O 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 CO<sub>2</sub> utilisés sont ceux qui reposent sur les caractéristiques chimiques réelles mentionnées plus haut et sur un taux d'oxydation de 99 %.

Dans les rapports d'inventaire précédents (avant 2011), on a présumé que la consommation totale d'essence mentionnée dans le BDEEC ne comprenait pas l'éthanol. Toutefois, cette information a été vérifiée auprès de Statistique Canada qui confirme que l'éthanol était inclus dans les données de consommation d'essence du BDEEC. À partir de cette information, le modèle MGEM effectue une ventilation pour l'éthanol, de telle manière que la somme totale de l'essence et de l'éthanol correspond à la quantité totale d'essence indiquée dans le BDEEC.

### 3.4.2.4. Biodiesel-carburant

Les quantités de biodiesel utilisé comme carburant dans les transports (TFIS inc., 2011) sont présentées dans le Tableau 3-14. 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/m<sup>3</sup>.

Le biodiesel a été adopté et modélisé comme s'il était mélangé au pétrodiesel total 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 pétrodiesel calculé traditionnellement avec le MEMGES. Au lieu de corriger les coefficients d'émission de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O en fonction du biodiesel, le coefficient d'émission représentatif du pétrodiesel a été appliqué selon le mode de transport et la classe de technologie. Les coefficients d'émission de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> récupéré avant d'être réinjecté dans le réservoir. À l'heure

actuelle, on injecte environ 2,8 Mt par année de CO<sub>2</sub> dans les champs de Midale et de Weyburn<sup>9</sup>. Dans le champ de Weyburn, on a injecté, de 2000 à 2011, 20 Mt environ de nouveau CO<sub>2</sub> acheté à l'usine de gazéification Dakota à un taux d'injection actuel de 7 000 t de CO<sub>2</sub> par jour (PTRC, 2011). Depuis 2005, on a injecté, dans le champ Midale, plus de 2 Mt de nouveau CO<sub>2</sub> à un taux d'injection de 1 800 t de CO<sub>2</sub> par jour (PTRC, 2004).

L'utilisation du CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> dans les espaces vides précédemment occupés par les molécules d'hydrocarbures; c'est ce qu'on appelle le stockage géologique du CO<sub>2</sub>.

Weyburn est à la fois un site d'injection de CO<sub>2</sub> dans la RAH et le site d'un programme d'étude d'envergure du stockage géologique du CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> de l'AIE GES, administré par le Petroleum Technology Research Centre (PTRC), indiquent que plus de 98 % de CO<sub>2</sub> 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](http://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, sera 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 CO<sub>2</sub>.

9 Mourits F. 2010. Information sur l'injection de CO<sub>2</sub> à l'exploitation de Weyburn et Midale fournie par F. Mourits, projet de contrôle et de stockage de CO<sub>2</sub> Weyburn-Midale de l'AIE, Ressources naturelles Canada. Janvier 2010

### 3.5.4. Questions propres au Canada - Émissions attribuables à l'exportation des combustibles fossiles

Le Canada exporte une grande proportion de sa production de ressources de combustibles fossiles, essentiellement vers les États-Unis. En 2011, 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'importation et l'exportation de pétrole brut et de gaz naturel sont estimées à l'aide des modèles actualisés pour l'importation et l'exportation des combustibles fossiles (Smyth, 2010). La méthode utilisée dans les modèles actualisés repose sur les travaux de McCann (1997) qui, avant le rapport de 2009, avaient été utilisés pour l'estimation de ces émissions. Cette nouvelle méthode utilise les modèles pré-existants 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. Elle englobe les émissions des systèmes de conservation du gaz des installations pétrolières (c.-à-d. les déshydrateurs, les compresseurs et les tubages connexes) et elle exclut les émissions que l'on peut attribuer à la manipulation, à la transformation (comme la stabilisation, le

traitement ou le fractionnement) ou au stockage des LGN dans les installations gazières. Essentiellement, on ne tient compte que des sources qui ont pour but de produire du gaz naturel destiné à la vente. 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** : Ici aussi, cette catégorie rend compte des émissions attribuables à la production, au traitement, au stockage et au transport du pétrole brut. Les émissions attribuables à l'évacuation et au torchage des gaz connexes ou dissous dans ces installations sont attribuées à cette catégorie. Les équipements qui servent à répondre aux besoins de pétrole sur place font partie du système pétrolier. Les systèmes de conservation du gaz, qui recueillent les émissions dans un système de collecte des gaz, sont attribués au système de gaz naturel.

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 indiquent qu'entre 1990 et 2011, la somme des exportations de pétrole et de gaz a augmenté de 180 % (Tableau 3-17). Au cours de cette période, les exportations de pétrole ont augmenté de 228 %<sup>10</sup> (environ deux fois et demie le taux de croissance de la production

<sup>10</sup> Le pétajoule (PJ) est une mesure de la teneur en énergie des combustibles.

**Tableau 3-15 Pétrole brut – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années**

<b>Pétrole brut - Tendances</b>	<b>1990</b>	<b>2002</b>	<b>2005</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Production nationale (PJ)	3 774	5 480	5 899	6 454	6 398	6 363	6 714	7 119
Croissance depuis 1990	SO	45%	56%	71%	70%	69%	78%	89%
Énergie - importation (PJ)	1 198	1 985	2 071	1 919	1 896	1 804	1 722	1 518
Croissance depuis 1990	SO	66%	73%	60%	58%	51%	44%	27%
Énergie exportée (PJ)	1 531	3 377	3 804	4 173	4 181	4 294	4 582	5 020
Croissance depuis 1990	SO	121%	149%	173%	173%	181%	199%	228%
Consommation intérieure apparente (PJ)	3 441	4 087	4 166	4 201	4 113	3 873	3 853	3 617
Croissance depuis 1990	SO	19%	21%	22%	20%	13%	12%	5%
Émissions attribuables aux exportations brutes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	21,4	50,4	53,7	52,7	54,5	59,3	60,9	66,7
Croissance depuis 1990	SO	135%	151%	146%	155%	177%	184%	211%
Émissions attribuables aux importations brutes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	10,7	15,5	16,7	15,2	16,7	14,6	16,3	14,7
Croissance depuis 1990	SO	44%	56%	42%	55%	36%	52%	37%

Notes :

SO = sans objet.

pétrolière) (Tableau 3–15), tandis que les exportations de gaz naturel ont augmenté de 132 % (près de trois fois le taux de croissance de la production de gaz naturel) (Tableau 3–16)<sup>11</sup>.

Les exportations de gaz naturel n'ont pas beaucoup changé de 2000 à 2008, mais, de 2008 à 2011, elles ont diminué de 10 %. Cette baisse s'explique par le recul de la demande aux États-Unis, touchée par l'augmentation de la

production de gaz de schiste aux États-Unis, de même que par la diminution de la production et la baisse des réserves du plus vaste gisement de gaz naturel du Canada (le bassin sédimentaire de l'ouest du Canada) (Nyboer et Tu, 2006).

Alors que la production de pétrole brut classique diminue de façon générale au Canada, le pic de production ayant été atteint en 2003, la production et les exportations relatives aux sables bitumineux subissent une augmentation constante. De 1990 à 2002, les exportations de pétrole brut classique, en termes d'énergie, ont augmenté de 108 %. Ensuite, sont survenues une période de stabilité entre 2002 et 2010 et une augmentation de 293 pétajoules (PJ)

11 La source de toutes les données d'exportation et de production d'énergie est le Bulletin sur la disponibilité et l'écoulement d'énergie au Canada de Statistique Canada (BDEEC, n° 57-003). Les émissions de GES de 1990 à 2011 dues aux exportations nettes proviennent de Smyth (2010).

**Tableau 3–16 Gaz naturel – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années**

<b>Gaz naturel - Tendances</b>	<b>1990</b>	<b>2002</b>	<b>2005</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Production nationale (PJ)	4 184	7 250	7 192	6 975	6 661	6 229	6 007	6 062
Croissance depuis 1990	SO	73%	72%	67%	59%	49%	44%	45%
Énergie - importation (PJ)	24,2	252	364	480	597	794	869	1 204
Croissance depuis 1990	SO	939%	1405%	1883%	2364%	3178%	3489%	4871%
Énergie exportée (PJ)	1 537	4 103	4 066	4 106	3 941	3 660	3 673	3 563
Croissance depuis 1990	SO	167%	164%	167%	156%	138%	139%	132%
Consommation intérieure apparente (PJ)	2 671	3 398	3 491	3 349	3 317	3 363	3 203	3 702
Croissance depuis 1990	SO	27%	31%	25%	24%	26%	20%	39%
Émissions attribuables aux exportations brutes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	11,5	34,9	33,4	31,6	31,3	28,0	26,2	25,6
Croissance depuis 1990	SO	203%	190%	174%	172%	143%	127%	122%
Émissions attribuables aux importations brutes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	0,4	5,0	6,2	7,5	9,0	11,3	11,1	14,9
Croissance depuis 1990	SO	1236%	1569%	1913%	2299%	2923%	2877%	3884%

Notes :  
SO = sans objet.

**Tableau 3–17 Total du pétrole brut et du gaz naturel – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années**

<b>Pétrole brut et gaz naturel - Tendances</b>	<b>1990</b>	<b>2002</b>	<b>2005</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Production nationale (PJ)	7 958	12 730	13 091	13 429	13 059	12 593	12 721	13 181
Croissance depuis 1990	SO	60%	65%	69%	64%	58%	60%	66%
Énergie - importation (PJ)	1 222	2 236	2 435	2 400	2 493	2 598	2 591	2 721
Croissance depuis 1990	SO	83%	99%	96%	104%	113%	112%	123%
Énergie exportée (PJ)	3 068	7 481	7 870	8 280	8 122	7 954	8 256	8 583
Croissance depuis 1990	SO	144%	157%	170%	165%	159%	169%	180%
Consommation intérieure apparente (PJ)	6 112	7 485	7 656	7 550	7 430	7 236	7 056	7 319
Croissance depuis 1990	SO	22%	25%	24%	22%	18%	15%	20%
Émissions attribuables aux exportations brutes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	33,0	85,3	87,1	84,4	85,9	87,3	87,1	92,4
Croissance depuis 1990	SO	159%	164%	156%	161%	165%	164%	180%
Émissions attribuables aux importations brutes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	11,1	20,4	23,0	22,7	25,6	25,9	27,4	29,6
Croissance depuis 1990	SO	84%	107%	105%	131%	133%	147%	166%

Notes :  
SO = sans objet.

entre 2010 et 2011 (Tableau 3-18). En revanche, les exportations de pétrole brut non classique<sup>12</sup> dérivé des sables bitumineux du Canada ont enregistré une progression constante (Tableau 3-19). De 1990 à 2011, les exportations de pétrole brut non classique ont augmenté de 476 %, avec une augmentation annuelle moyenne d'environ 11 % depuis 2002.

La hausse des exportations canadiennes de combustibles fossiles a été en partie contrebalancée par celle des importations. Ainsi, on a importé 27 % plus d'énergie tirée de l'exploitation du pétrole brut en 2011 qu'en 1990; cependant, il s'agit d'une baisse de 27% par rapport à la pointe de 2004. La répartition des changements entre les

exportations, les importations et la production traduit une augmentation de 20 % de la consommation intérieure de pétrole brut et de gaz naturel entre 1990 et 2011 (Tableau 3-17).

<sup>12</sup> 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 3-18 Pétrole brut classique – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années**

<b>Pétrole brut classique - Tendances</b>	<b>1990</b>	<b>2002</b>	<b>2005</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Production nationale (PJ)	2 973	3 657	3 459	3 517	3 418	3 089	3 098	3 167
Croissance depuis 1990	SO	23%	16%	18%	15%	4%	4%	7%
Énergie - importation (PJ)	1 198	1 985	2 071	1 919	1 896	1 804	1 722	1 518
Croissance depuis 1990	SO	66%	73%	60%	58%	51%	44%	27%
Énergie exportée (PJ)	1 112	2 319	2 293	2 240	2 153	2 310	2 315	2 608
Croissance depuis 1990	SO	108%	106%	101%	94%	108%	108%	134%
Consommation intérieure apparente (PJ)	3 058	3 323	3 237	3 196	3 161	2 583	2 505	2 076
Croissance depuis 1990	SO	9%	6%	5%	3%	-16%	-18%	-32%
Émissions attribuables aux exportations brutes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	12,7	32,1	31,7	24,9	26,6	30,2	30,7	35,5
Croissance depuis 1990	SO	153%	150%	96%	110%	138%	142%	180%
Émissions attribuables aux importations brutes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	10,7	15,5	16,7	15,2	16,7	14,6	16,3	14,7
Croissance depuis 1990	SO	44%	56%	42%	55%	36%	52%	37%

Notes :

SO = sans objet.

**Tableau 3-19 Pétrole brut non classique – production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années**

<b>Pétrole brut non classique - Tendances</b>	<b>1990</b>	<b>2002</b>	<b>2005</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Production nationale (PJ)	801	1 822	2 440	2 938	2 980	3 274	3 616	3 952
Croissance depuis 1990	SO	127%	204%	267%	272%	309%	351%	393%
Énergie exportée (PJ)	418	1 058	1 511	1 933	2 029	1 984	2 268	2 412
Croissance depuis 1990	SO	153%	261%	362%	385%	374%	442%	476%
Consommation intérieure apparente (PJ)	383	764	929	1 004	951	1 291	1 348	1 540
Croissance depuis 1990	SO	100%	143%	162%	148%	237%	252%	302%
Émissions attribuables aux exportations nettes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	8,7	18,3	22,0	27,9	27,9	29,1	30,2	31,2
Croissance depuis 1990	SO	109%	152%	219%	220%	234%	246%	257%

Notes :

SO = sans objet.

# Chapter 4

## Procédés industriels (secteur 2 du CUPR)

### 4.1. Aperçu

Les émissions de gaz à effet de serre 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 gaz à effet de serre différents, notamment le CO<sub>2</sub>, le CH<sub>4</sub>, le N<sub>2</sub>O et les perfluorocarbures (PFC) (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Certains halocarbures (HFC et PFC) et le SF<sub>6</sub> 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 CH<sub>4</sub> et du N<sub>20</sub> à partir de substances pétrochimiques), la consommation de SF<sub>6</sub>, 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 CO<sub>2</sub> résultant de l'utilisation de combustibles fossiles comme charges d'alimentation pour produire des produits chimiques autres que l'ammoniac sont déclarées au soussecteur « Autres procédés et procédés indifférenciés » (section 4.22). Ce sous-secteur inclut également les émissions de CO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub>) 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 54,3 Mt dans l'inventaire national des GES de 2011, contre 56 Mt en 1990. En 2011, ces émissions ont contribué à 7,7 % 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 2011 une baisse de 10,7 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> par rapport à 1990 dans la catégorie de source Production d'acide adipique, et par ricochet une diminution de 57 % (9,3 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) dans le soussecteur des industries chimiques. Une autre baisse notable des émissions entre 1990 et 2011 provient des alumineries qui ont abaissé leurs émissions de PFC de 78 % ou 5,1 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en mettant en place des dispositifs antipollution, tout en doublant presque leur volume de production au cours de la même période. De plus, l'industrie s'est efforcée de réduire progressivement son utilisation de la technologie de production Söderberg. La dernière usine de magnésium a cessé ses activités en



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 <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Procédés industriels - TOTAL	56 000	52 100	60 500	59 800	58 500	50 800	53 300	54 300
a. Produits minéraux	8 400	9 800	9 900	9 800	9 000	7 000	7 600	7 700
<i>Production de ciment</i>	5 400	6 700	7 200	7 300	6 600	5 100	5 700	5 700
<i>Production de chaux</i>	1 800	1 900	1 700	1 600	1 500	1 200	1 400	1 400
<i>Utilisation de calcaire et de dolomite</i>	800	770	640	590	670	540	360	360
<i>Utilisation de carbonate de calcium</i>	250	250	180	190	160	110	100	100
<i>Utilisation de magnésite</i>	147	181	175	67	57	69	81	91
b. Industrie des produits chimiques	16 300	8 000	9 300	7 900	9 400	7 100	6 500	7 000
<i>Production d'ammoniac</i>	4 500	5 700	5 300	5 200	5 600	5 200	5 300	5 800
<i>Production d'acide nitrique</i>	1 010	1 230	1 250	1 130	1 280	1 150	1 100	1 160
<i>Production d'acide adipique</i>	10 700	900	2 650	1 450	2 400	660	0	0
<i>Production pétrochimique</i>	110	100	80	80	70	60	60	60
c. Production de métaux	22 600	22 500	19 700	18 900	18 500	15 400	15 800	16 600
<i>Sidérurgie</i>	10 200	11 500	10 200	11 100	10 700	8 000	9 000	9 900
<i>Production d'aluminium</i>	9 300	8 200	8 200	7 300	7 400	7 200	6 600	6 600
<i>Production de magnésium</i>	2 870	2 310	1 090	315	175	0	0	0
<i>Moulage du magnésium</i>	236	471	201	198	280	193	193	193
d. Production et consommation d'halocarbures (HFC et PFC)	770	3 000	5 300	5 500	5 600	6 300	7 100	7 600
e. Utilisation de SF <sub>6</sub> dans le matériel électrique des services publics et les semi-conducteurs	230	220	180	240	220	190	190	145
f. Autres procédés et procédés indifférenciés	7 600	8 600	16 100	16 700	15 800	14 800	16 100	15 200

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.

2008, ce qui a causé une baisse de 2,9 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> dans la catégorie de source Production de magnésium entre 1990 et 2011.

Une autre industrie qui a connu une baisse d'émissions entre 1990 et 2011 est celle de la production de chaux (18 %, ou 0,31 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>).

La réduction des émissions mentionnée cidessus 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 2011. Les émissions attribuables à la consommation d'halocarbures ont augmenté de 1 500 % (7,05 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) 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 de Montréal. Dans un même ordre de grandeur, les émissions du secteur Autres procédés et procédés

indifférenciés se sont accrues de 100 % (7,6 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) depuis 1990, surtout à cause des augmentations de la consommation de produits de raffinerie et de leur utilisation comme charge dans la fabrication pétrochimique, et comme 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 2012, nous avons amélioré les données

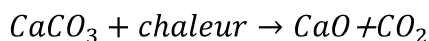


d'activité et corrigé les erreurs de transcription et de calcul. Les erreurs de calcul et de transcription qui avaient été détectées dans la déclaration de 2012 dans le cadre des mesures de CQ ont été corrigées. Les changements des estimations découlant des améliorations mentionnées sont décrits en détail aux sections Recalculs des catégories sources concernées du présent chapitre.

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

### 4.2.1. Description de la catégorie de source

Du CO<sub>2</sub> se dégage durant la production de clinker, produit intermédiaire qui entre dans la composition du ciment. Du carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) 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 CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> résultant de la production de ciment, on a utilisé l'équation 3.1 des recommandations du GIEC (GIEC 2000) :

Équation 4–1:

$$\text{Émissions de CO}_2 = \text{CE}_{\text{clinker}} \times \text{Production de clinker} \times \text{Facteur de correction PFC}$$

où :

CE <sub>clinker</sub>	=	coefficient d'émission basé sur la production de clinker, clinker kt CO <sub>2</sub> /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<sub>clinker</sub> par défaut du GIEC, qui s'élève à 0,5071 t de CO<sub>2</sub>/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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 2011, des tableaux 3030060 et 3030061 du CANSIM (Statistique Canada, 20052011). 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 CO<sub>2</sub>. Les données de 1990 à 2006 proviennent de l'*Annuaire des minéraux du Canada* (RNCAN, 19902006), et l'auteur de la section sur le ciment de l'annuaire a fourni les données

de 2007-2010<sup>1</sup>. 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub> pour la production de ciment était de  $\pm 33\%$ . L'utilisation du facteur de correction par défaut du GIEC pour la poussière des fours à ciment a contribué principalement à l'incertitude. 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 (voir l'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.

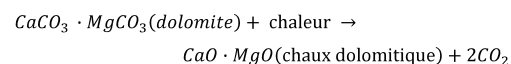
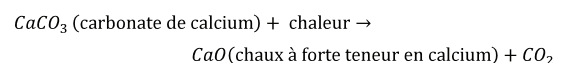
#### 4.2.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune activité d'amélioration n'est prévue pour cette catégorie de source.

### 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 CO<sub>2</sub> 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 (CaCO<sub>3</sub>) et de la dolomite (CaCO<sub>3</sub>.MgCO<sub>3</sub>), respectivement, comme le montrent les réactions ci-après :



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)<sub>2</sub> et de Ca(OH)<sub>2</sub>.Mg(OH)<sub>2</sub>, 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

<sup>1</sup> Panagapko D., 20082009. Communication personnelle (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, et à Mohamed Abdul, Division des inventaires et rapports sur les polluants, date du 20 septembre 2011).

comptabilisées dans le secteur des procédés industriels. Étant donné que ce CO<sub>2</sub> est d'origine biogène, il est consigné comme fluctuation des stocks de carbone forestier dans le secteur ATCATF. Le CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 Institute<sup>2</sup>.

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* (2007-2011). 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 %<sup>3</sup>. 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 CO<sub>2</sub> en appliquant les coefficients d'émission canadiens aux données annuelles estimatives sur la production nationale de chaux, selon le type de chaux (annexe 8).

Aux fins d'estimation des émissions de CO<sub>2</sub> 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 utilisée 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 (voir l'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

Aucun recalcul n'a pas été fait dans la catégorie de source Production de chaux.

#### 4.3.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie.

<sup>2</sup> Kenefick W., Communication personnelle (courriel de Wayne Kenefick à Amy Shen, DGE, daté du 7 octobre 2008). Canadian Lime Institute.

<sup>3</sup> Kenefick W., Communication personnelle (courriel de Wayne Kenefick à Amy Shen, DGE, 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 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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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 stœchiométrie du procédé, on a calculé que 440 g de  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$ /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 ( $\text{CaCO}_3$ ) et de magnésite ( $\text{MgCO}_3$ ). Un important producteur canadien de dolomite affirme que sa dolomite contient entre 56 % et 58 % de  $\text{CaCO}_3$  et entre 38 % et 41 % de  $\text{MgCO}_3$ . On a établi un coefficient d'émission global de 468 g de  $\text{CO}_2$ /kg de dolomite utilisée en fonction des coefficients d'émission du calcaire pur (440 kg de  $\text{CO}_2$  par tonne) et de la magnésite (522 kg de  $\text{CO}_2$  par tonne), et en partant de l'hypothèse que la dolomite se compose de 58 % de  $\text{CaCO}_3$  et de 41 % de  $\text{MgCO}_3$  (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* (2007-2011). 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  $\text{CO}_2$ , 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. Cependant, des recherches limitées sur Internet et un échange de courriels récent avec Environnement Canada ont indiqué que la désulfuration des gaz de combustion (DGC) ainsi que le traitement et la neutralisation des eaux usées pourraient constituer des utilisations importantes de chaux et de dolomite, comme c'est le cas aux États-Unis. De plus, le RIN des États-Unis fournit des données d'activité et des estimations des émissions de GES pour les DGC (FGD) et les autres utilisations diverses. Depuis le dernier RIN, les ÉÉÉ ayant recommandé de rendre pleinement compte des émissions de  $\text{CO}_2$  attribuables aux « autres utilisations chimiques », cette sous-catégorie est considérée comme émettrice et est dûment déclarée.



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  $\pm 11\%$  et  $\pm 34\%$ , 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 (voir l'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 2010 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 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 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  $\text{CO}_2$  est rejeté lorsque le carbonate de sodium se décompose à température élevée dans un four à verre.

Du  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$ . Le coefficient d'émission (CE) correspondant à la masse de  $\text{CO}_2$  émis est estimé d'après la stœchiométrie du procédé chimique comme suit :

Équation 4-2:

$$CE = \frac{1000\text{g/kg} \times (44,01\text{g CO}_2/\text{mol})}{105,99\text{g Na}_2\text{CO}_3/\text{mol}} = 415\text{g CO}_2/\text{kg Na}_2\text{CO}_3$$

Pour calculer les émissions nationales de CO<sub>2</sub>, on a appliqué le coefficient d'émission de 415 g de CO<sub>2</sub>/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, 2010-2011). 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 stœchiométrie du procédé. Les questions de méthodologie relatives au calcul des émissions de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> provenant de cette installation était récupérée en vue d'une réutilisation (tel que mentionné à la section 4.5.1), mais une partie du CO<sub>2</sub> 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. 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 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  $\pm 10,2\%$  et  $\pm 13,8\%$ .

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

Aucun recalcul n'a été fait pour cette catégorie de source.

### 4.5.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration des estimations des émissions de CO<sub>2</sub> résultant spécifiquement de la production et de l'utilisation de carbonate de sodium n'est prévue.

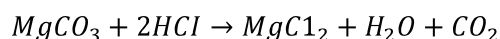


## 4.6. Utilisation de magnésite (catégorie 2.A.7.2 du CUPR)

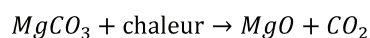
### 4.6.1. Description de la catégorie de source

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. L'une d'entre elles a été fermée en 1991, et une autre, en 2007.

### 4.6.2. Questions de méthodologie

Dans le 5<sup>e</sup> *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)<sup>4</sup>. 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 2005<sup>5</sup>. 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 2011), les données sur l'utilisation de 2006 à 2011 ont été fournies par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières de la Colombie-Britannique<sup>6</sup>.

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 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.

5 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

6 Meredith Jones S. 2010. Communication personnelle (courriel de Meredith Jones S. à Shanta Chakrovorty, DGES, daté du 21 juin 2010). Ministère de l'Énergie, des Mines et des Richesses pétrolières de la Colombie-Britannique. (Voir aussi le document à l'adresse : [http://minfile.gov.bc.ca/report.aspx?f=PDF&r=Production\\_Detail.rpt&minfilno=082JNW001](http://minfile.gov.bc.ca/report.aspx?f=PDF&r=Production_Detail.rpt&minfilno=082JNW001))

### 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  $\pm 5,0\%$  et  $\pm 8,1\%$ , et on a déterminé que les données sur l'utilisation de magnésite contribuaient principalement à l'incertitude.

Les mêmes coefficients d'émission ont été employés pour l'ensemble de la série chronologique. Les sources des données sur les activités sont décrites à la section 4.6.2.

### 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 2010 a entraîné le recalcul des émissions de cette année.

### 4.6.6. Améliorations prévues par catégorie

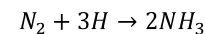
Aucune amélioration des émissions estimatives de  $\text{CO}_2$  résultant spécifiquement de l'utilisation de magnésite n'est prévue.

## 4.7. Production d'ammoniac (catégorie 2.B.1 du CUPR)

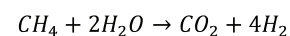
### 4.7.1. Description de la catégorie de source

À la température et à la pression standard, l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) 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 :



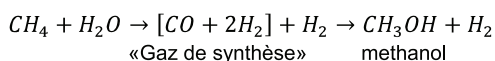
L'azote nécessaire est extrait de l'air; l'hydrogène est généralement obtenu par reformage catalytique du méthane à la vapeur présent dans le gaz naturel et de faibles quantités d'autres hydrocarbures. Ce procédé produit aussi du dioxyde de carbone comme sous-produit gazeux :



On extrait ensuite le  $\text{CO}_2$  du gaz de procédé par absorption, habituellement à l'aide d'une solution de monoéthanolamine (MEA) ou de carbonate de potassium ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ). Le principal rejet de  $\text{CO}_2$  a lieu durant la régénération, en vue de la réutilisation, de la solution d'absorption riche en  $\text{CO}_2$  par distillation à la vapeur ou ébullition. Le gaz de distillation, qui contient du  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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 CO<sub>2</sub> 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 + 2H<sub>2</sub>), au moyen d'une variante du reformage du méthane à la vapeur. La réaction (décrite cidessous) 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 CO<sub>2</sub> 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 propre à l'installation par un facteur de conversion ammoniac/charge lui aussi propre à l'installation. 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 2011 ont été tirées des microdonnées de l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels et résines synthétiques (Statistique Canada, 2008-2011). Les facteurs de conversion ammo-

niac/charge propres à l'installation 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/CO<sub>2</sub> pour déterminer les émissions de CO<sub>2</sub> résultantes. Les équations suivantes permettent d'estimer les émissions de CO<sub>2</sub> 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.

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ de l'usine} &= \text{prod. annuelle d'ammoniac} \\ &\times \text{facteur de conv. ammoniac/charge} \\ &\times \text{teneur en carbone du gaz naturel} \times 44/12 \end{aligned}$$

$$\text{Émissions de CO}_2 \text{ des procédés} = \sum_{i=1}^n \text{CO}_2 \text{ de l'usine}_i$$

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 soussecteur Autres procédés et procédés indifférenciés. Pour protéger la confidentialité des données propres à chaque installation, seules les émissions nationales de CO<sub>2</sub> 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 clé qui a fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (voir l'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

La mise à jour des données d'activité pour 2009 et 2010 a entraîné le recalcul des émissions pour ces années.

#### 4.7.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour l'estimation des émissions de  $\text{CO}_2$  de la production d'ammoniac.

### 4.8. Production d'acide nitrique (catégorie 2.B.2 du CUPR)

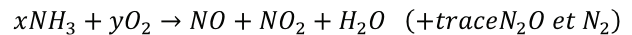
#### 4.8.1. Description de la catégorie de source

L'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ) 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 ( $\text{NH}_3$ ) en dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), et formation d'acide nitrique par ajout d'eau au  $\text{NO}_2$ . 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 :

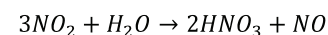
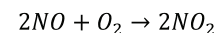
Étape 1 (réaction) :



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 ( $\text{NO}$ ), de dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ) et de vapeur d'eau avec quelques traces d'oxyde de diazote ( $\text{N}_2\text{O}$ ) et d'azote ( $\text{N}_2$ ) (Cheminfo Services, 2006). Un excès d'oxygène convertit parfois le  $\text{NO}$  en  $\text{NO}_2$ . Les diverses étapes d'oxydation de l'azote en condition de réduction produisent du  $\text{N}_2\text{O}$ . Plus précisément, le  $\text{NO}$ , un intermédiaire dans la production de l'acide nitrique, peut facilement se décomposer en  $\text{N}_2\text{O}$  et en  $\text{NO}_2$ , 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  $\text{NO}_2$  et épurer les gaz. Comme on le voit ci-dessous, l'hydratation du dioxyde  $\text{NO}_2$  refroidi donne une solution à 60-65 % d'acide nitrique, qui est soutiré à la base de la tour. Pour compléter la conversion du monoxyde d'azote ( $\text{NO}$ ) en dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), on introduit un surplus d'air (oxygène) dans le plateau du bas de la tour d'absorption. Le  $\text{NO}_2$  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 ( $\text{N}_2\text{O}$ ), de monoxyde d'azote ( $\text{NO}$ ), de dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ) et d'autres oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ). La concentration de  $\text{N}_2\text{O}$  dans les gaz d'échappement dépend du type d'usine et de ses dispositifs antipollution (Cheminfo Services, 2006).

Tableau 4–2 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 <sub>2</sub> O/t HNO <sub>3</sub> )	Source des données
Double pression	Absorption renforcée de « type 1 »	9,4	Lettre de G. Collis, 1992 <sup>1</sup>
Double pression	Absorption renforcée de « type 1 »	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, DGES, datée du 23 mars 1992). Institut canadien des engrais.

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<sub>x</sub>. En revanche, un système de réduction catalytique « sélectif » (SRC) utilise de l'ammoniac, qui réagit sélectivement avec le NO et le NO<sub>2</sub>, mais pas avec le N<sub>2</sub>O (d'où un coefficient d'émission plus élevé pour le N<sub>2</sub>O). 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 4–2. 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 4–2 (Cheminfo Services, 2006).

#### 4.8.2. Questions de méthodologie

Les données à l'appui de l'estimation des émissions de N<sub>2</sub>O 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 2008-2011 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 HNO<sub>3</sub> 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 production 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.
3. 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:

$$\begin{aligned} \text{Émission de N}_2\text{O (t)} \\ &= \text{Coefficient d'émission basé sur la production (kg N}_2\text{O/t HNO}_3\text{)} \\ &\times \text{Production (kt HNO}_3\text{)} \end{aligned}$$

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 4-2 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 (voir l'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. Des explications supplémentaires sur le niveau d'utilisation des diverses technologies de production par les entreprises canadiennes sont fournies dans le présent RIN. On prévoit obtenir d'autres informations de la part des exploitants et les intégrer au prochain rapport. De plus, les données de production d'une usine, qui ne sont pas disponibles actuellement dans l'enquête de Statistique Canada et sont donc estimées en fonction des données de l'année précédente, seront incluses dans le sondage.

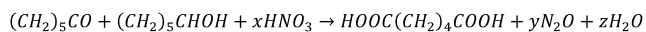
## 4.9. Production d'acide adipique (catégorie 2.B.3 du CUPR)

### 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<sub>2</sub>)<sub>5</sub>CO) et de cyclohexanol ((CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>CHOH). 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 N<sub>2</sub>O comme sous-produit au cours de la seconde réaction d'oxydation, comme on le voit ci-dessous :



Les émissions de N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O 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<sub>x</sub> (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 N<sub>2</sub>O depuis 1997, année où elle a mis en place un système catalytique antipollution de limitation des émissions de N<sub>2</sub>O avec un système de surveillance des émissions. L'usine a cependant été fermée pour une durée indéterminée au printemps 2009.

### 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 N<sub>2</sub>O/kg d'acide adipique.

Tel que mentionné plus haut, Invista a installé en 1997, pour limiter ces émissions de N<sub>2</sub>O, 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 N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O passe par le dispositif divisé par la durée totale d'exploitation.

Émissions de N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O car l'analyseur ne peut mesurer avec exactitude que des concentrations relativement faibles de N<sub>2</sub>O et uniquement lorsque le réacteur fonctionne et élimine le N<sub>2</sub>O. L'analyseur est incapable de mesurer toute la gamme de concentrations de N<sub>2</sub>O qu'on peut trouver dans une cheminée. La concentration de N<sub>2</sub>O peut varier d'un seuil nominal de 0,3 %, lorsque le flux sort du dispositif antipollution, à un plafond nominal de 35-39 % de N<sub>2</sub>O, lorsque le flux ne

ne passe pas par le dispositif. Lorsque le dispositif est contourné, aucun  $N_2O$  n'est éliminé et l'analyseur n'enregistre pas les émissions de  $N_2O$  dans la cheminée (Cheminfo Services, 2006).

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 les lignes directrices du GIEC version révisée en 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  $\pm 11\%$ , et on a déterminé que le coefficient d'émission contribuait principalement à l'incertitude. La valeur d'incertitude s'applique toutes les années de la série chronologique.

Comme on l'explique dans la section 4.9.2, 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 (voir l'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

Aucun nouveau calcul des émissions de  $N_2O$  résultant de la production d'acide adipique n'a été fait.

#### 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<sub>4</sub> est présent dans les matières organiques volatiles contenues dans le charbon; et 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<sub>4</sub> 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<sub>4</sub> 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<sub>4</sub>. L'étude n'a porté que sur les données de la capacité de production (CSi et CaC<sub>2</sub>) pour la série chronologique. L'équation suivante a servi à estimer les émissions totales de CH<sub>4</sub> découlant de la production de carbure :

#### Équation 4–7:

$$\sum_y [(capacité\ de\ production\ de\ CSi \times utilisation\ de\ la\ capacité \times coefficient\ d'émission\ pour\ la\ production\ de\ CSi) + (capacité\ de\ production\ de\ CaC_2 \times utilisation\ de\ la\ capacité \times coefficient\ d'émission\ pour\ la\ production\ de\ CaC_2)]$$

où :

y	=	représente les entreprises
capacité de production de CSi/CaC <sub>2</sub>	=	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 <sub>4</sub> /t de CSi (GIEC, 2006)
coefficient d'émission pour la production de CaC <sub>2</sub>	=	4,8 kg de CH <sub>4</sub> /t de CaC <sub>2</sub> , dérivé du coefficient d'émission de CH <sub>4</sub> établi pour le carbure de silicium et le rapport entre le coefficient par défaut du GIEC pour les émissions de CO <sub>2</sub> issues de la production de carbure de calcium, et le coefficient par défaut du GIEC pour les émissions de CO <sub>2</sub> issues de la production de carbure de silicium (11,6 (kg CH <sub>4</sub> /t CSi) * (1,09 tCO <sub>2</sub> /tCaC <sub>2</sub> / 2,62 tCO <sub>2</sub> /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 (voir l'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

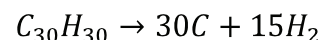
Le noir de carbone est un produit solide composé de particules fines de carbone et d'une petite quantité d'impuretés inorganiques. On trouve du noir de carbone dans les mélanges de caoutchouc (p. ex. les pneus), les pigments, les encres d'imprimerie et de nombreux autres additifs. Depuis 1990, le Canada 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.

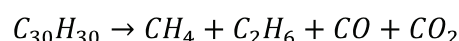
Au Canada, on utilise deux principaux procédés de noir de carbone : 1) la pyrolyse de charges d'hydrocarbures liquides; et 2) la pyrolyse de charges d'alimentation naturelles, qui peuvent produire des émissions de CH<sub>4</sub>.

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 :



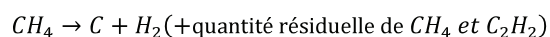
Réactions secondaires :



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 CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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 coefficient d'émission de CH<sub>4</sub> 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. Ce coefficient d'émission 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 microdonnées 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<sub>4</sub> issues de procédés déclarées :  $\pm 20$  %;
- émissions de N<sub>2</sub>O issues de procédés déclarées :  $\pm 30$  %.

Les degrés d'incertitude de niveau 1 associés aux estimations des émissions de CH<sub>4</sub> 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 (voir l'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<sub>4</sub> 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, Péromont 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<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), le propane (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), ou les butanes (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) 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<sub>4</sub> 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<sub>2</sub>O 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 Services Inc. a réalisé une étude de consultation pour estimer les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O 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<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O 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 CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O, 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 microdonnées 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:

$$\text{Émission de } CH_4/N_2O(t) = \sum_y (\text{production non déclarée répartie} \times \text{coefficient d'émissions de } CH_4/N_2O) + \text{Émission déclarées}$$

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  $\pm 30$  %.

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 des procédés déclarés :  $\pm 20$  %;
- émissions de  $N_2O$  issues des procédés déclarés :  $\pm 30$  %.

Les degrés d'incertitude des émissions de  $CH_4$  pour l'ensemble de la série chronologique ont varié de  $\pm 8$  % à  $\pm 12$  % et les degrés d'incertitude associés aux estimations des émissions de  $N_2O$  ont varié de  $\pm 12$  % à  $\pm 21$  %.

### 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 (voir l'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  $CH_4$  et de  $N_2O$  de la catégorie Production d'éthylène.

### 4.12.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie.

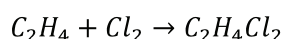
## 4.13. Production pétrochimique – Production de dichlorure d'éthylène (catégorie 2.B.5.3 du CUPR)

### 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.

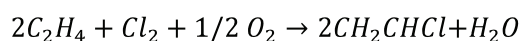
Deux procédés ont été utilisés dans la production de DCE au Canada. Le premier est la chloration directe de l'éthylène dans une réaction en phase liquide ou gazeuse en utilisant du 1,2-dibromoéthane comme catalyseur.

Chloration directe :

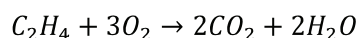


Le deuxième procédé est l'oxychloration, qui est appliqué à la charge d'éthylène en phase liquide. Les vapeurs de DCE alors produites sont condensées, dégazées, puis une portion est retirée de l'unité. Le reste de la charge est dirigée vers la section de chlorure de vinyle d'une installation où elle 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  $C_2+$  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 210 des lignes directrices du GIEC – version révisée de 1996, sous la rubrique « dichloroéthylène » (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Le Canadian  $C_2+$  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  $\pm 21$  % 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 (voir l'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  $\text{CH}_4$  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.

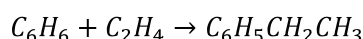
## 4.14. Production pétrochimique – Production de styrène (catégorie 2.B.5.4 du CUPR)

### 4.14.1. Description de la catégorie de source

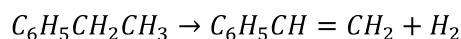
Le styrène est un hydrocarbure cyclique liquide, monomère précurseur du polystyrène et de plusieurs copolymères, tels que les résines ABS, le caoutchouc de styrène-butadiène (SBR), le latex de styrène-butadiène et la résine de styrèneacrylonitrile (SAN). Ces matières entrent dans la fabrication de caoutchoucs, 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 ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) avec l'éthylène ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) 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  $\text{CO}_2$  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 ( $\text{CH}_4$ ) 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  $\text{CH}_4$  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 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  $\text{CH}_4$  issues de procédés. Les données sur la production annuelle de styrène sont tirées du Canadian  $\text{C}_2+$  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  $\text{CH}_4$  par défaut pour le styrène (4 kg/t) est tiré du tableau 210 des lignes directrices du GIEC de 1996 (GIEC/OCDE/AIE, 1997). La production de styrène ne figurant pas dans la section 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 présumées égales aux valeurs de 2009) seraient applicables à 2011. Les estimations des émissions de  $\text{CH}_4$  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  $\pm 30\%$ .

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  $\pm 30\%$  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 (voir l'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  $\text{CH}_4$  de la Production de styrène n'ont pas fait l'objet d'un nouveau calcul.

#### 4.14.6. Améliorations prévues par catégorie

Des données propres aux installations seront incluses dans les micro-données de l'enquête de Statistique Canada intitulée Produits chimiques industriels et résines synthétiques, et seront disponibles à compter de 2012.

## 4.15. Production pétrochimique – Production de méthanol (catégorie 2.B.5.5 du CUPR)

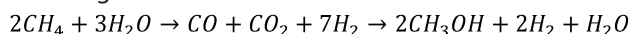
### 4.15.1. Description de la catégorie de source

Le méthanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) 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 thermodurcissables 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; et 2) le procédé combiné d'oxydation classique et partielle.

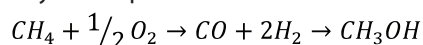
Le reformage classique est un procédé à deux étapes qui consiste à faire réagir un gaz de synthèse (gaz synthétique) contenant de l'hydrogène ( $\text{H}_2$ ), du monoxyde de carbone ( $\text{CO}$ ) et du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) avec un catalyseur de cuivre, d'oxyde de zinc ou d'alumine, puis de séparer le produit de l'eau et d'autres sous-produits.

Réaction globale :

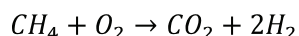


Le procédé de reformage combiné comprend une étape de plus que le reformage classique, celle de l'oxydation partielle catalytique, qui permet d'obtenir un meilleur rapport  $\text{CO} - \text{H}_2$  dans le gaz de synthèse. La réaction d'oxydation partielle catalytique produit moins d'hydrogène que les 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 ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  et  $\text{N}_2\text{O}$ ) 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  $\text{CO}$ , de  $\text{CO}_2$  et d'hydrocarbures légers. Du  $\text{CH}_4$  peut également être rejeté par l'évacuation des gaz de procédés contenant du  $\text{CH}_4$  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  $\text{CH}_4$  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  $\text{CH}_4$ . Ce coefficient confidentiel a été calculé en divisant l'ensemble de données sur les émissions de  $\text{CH}_4$  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  $\text{CH}_4$  de 1990 à 2006 (la production de méthanol ayant cessé en 2006).

Quand les données sur les émissions de  $\text{CH}_4$  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  $\pm 30$  %.

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.

- données sur la production nationale :  $\pm 5$  %;
- données sur la production déclarée :  $\pm 2$  %;
- données sur la capacité de l'installation :  $\pm 5$  %;
- fraction de la production totale non rapportée d'un secteur :  $\pm 10$  %;
- émissions de  $\text{CH}_4$  issues des procédés déclarées :  $\pm 20$  %;
- émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  issues des procédés déclarées :  $\pm 30$  %.

L'incertitude associée à cette catégorie dans son ensemble pour la série chronologique a varié de 0 % (les années sans production) à  $\pm 20$  % pour les émissions de  $\text{CH}_4$  et de 0 % (les années sans production) à  $\pm 30$  % pour les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$ .

### 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 (voir l'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  $\text{CH}_4$  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). L'acier peut être fabriqué dans des fours électriques à arc (FEA), des fours à oxygène de base et des cubilots. 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  $\text{CO}$  ou en  $\text{CO}_2$ . 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).

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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  supplémentaire rejeté par le flux de calcaire dans le haut fourneau est indiqué à la rubrique Utilisation de calcaire et de dolomite (voir la section 4.4.1).

## 4.16.2. Questions de méthodologie

4

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 2011. 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 <sub>gueuse de fonte</sub>	=	émissions provenant de la production de gueuse de fonte, en kt
Coefficient d'émission <sub>réducteur</sub>	=	coefficients d'émission (t CO <sub>2</sub> /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 <sub>2</sub> et le poids moléculaire du carbone

Les agents réducteurs pouvant servir à produire le fer brut à partir du minerai de fer sont le coke, le charbon, le charbon de bois, le mazout lourd ou le coke de pétrole. Toutefois, 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 Autres procédés et procédés indifférenciés ainsi que dans la catégorie industrielle qui convient dans le secteur de l'énergie.

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 2004-2011 : 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 CO<sub>2</sub> par rapport à l'utilisation du coke. Aucune valeur de teneur en carbone du coke propre au Canada n'est disponible pour 2011; 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)<sup>7</sup>, 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:

$$\begin{aligned} &(\% \text{ de carbone dans le fer chargé dans les fours sidérurgiques} \times \text{charge}) \\ &+ ((\% \text{ de carbone dans la charge de mitrilles d'acier destinée aux fours sidérurgiques} \\ &\times \text{mitrilles d'acier}) \\ &- (\% \text{ de carbone dans les convertisseurs basiques à oxygène (CBO) pour la production d'acier} \\ &\times \text{production d'acier dans les CBO}) \\ &- (\% \text{ de carbone dans les fours électriques à arc (FEA)} \\ &\times \text{production d'acier dans les FEA}) \times \frac{44}{12} \\ &+ (\text{Coefficient d'émission pour les FEA} \times \text{acier produit par les FEA}) \\ &+ (\text{Coefficient d'émission pour la métallurgie en poche par CBO} \\ &\times \text{acier produit par CBO}) \end{aligned}$$

D'après l'Équation 4-10, une partie de la quantité d'émissions de CO<sub>2</sub> associées aux procédés de

7 Chan K. 2009. Communication personnelle (courriel de K. Chan à Maryse Pagé, DGES, date du 21 juillet 2009). Association canadienne des producteurs d'acier.

production d'acier est estimée en fonction de la différence entre la quantité de carbone dans le fer et les mitrailles d'acier servant à la fabrication de l'acier et la quantité de carbone qui se trouve dans l'acier produit 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 2004-2011 : 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'ACPA<sup>8</sup>.

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, n° 57-003) ont servi à déterminer le pourcentage de la consommation totale de réducteur imputable à chaque province et territoire. Les émissions de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 de la 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.

### 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 (voir l'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

La révision des données de Statistique Canada sur l'utilisation du coke pour la période 2004-2010 a obligé à recalculer les émissions de ces années.

<sup>8</sup> Chan K. 2009. Communication personnelle (courriel de L. Chan à Maryse Pagé, DGES, date du 21 juillet 2009). Association canadienne des producteurs d'acier.

### 4.16.6. Améliorations prévues par catégorie

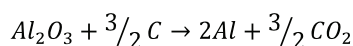
On s'efforcera de corriger l'hypothèse concernant les agents réducteurs utilisés pour réduire le minerai de fer. Dans la méthode d'estimation actuelle, on suppose que le réducteur utilisé par l'industrie est uniquement le coke métallurgique. Toutefois, on sait que l'industrie sidérurgique a aussi utilisé d'autres agents réducteurs, comme le gaz naturel, le mazout lourd et le charbon, au cours des années. Une partie des émissions de CO<sub>2</sub> issues de l'utilisation de combustibles fossiles à des fins non énergétiques, actuellement déclarées dans le sous-secteur Autres productions indifférenciées ainsi que celles du secteur Énergie, pourraient donc être réallouées à la catégorie Sidérurgie.

## 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 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). 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 (Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>). 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.

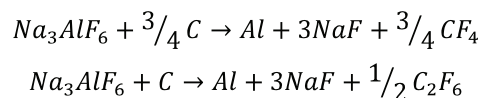
À mesure que l'anode est consommée, du CO<sub>2</sub> se forme par la réaction suivante, sous réserve qu'il y ait suffisamment d'alumine à la surface de l'anode :



Bien que la majeure partie du CO<sub>2</sub> 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 précurtes, peuvent contribuer à une

partie (généralement inférieure à 10 %) des émissions totales de CO<sub>2</sub> ne provenant pas du secteur de l'énergie. Les émissions provenant de la combustion de combustibles fossiles utilisés dans la production des anodes précurtes 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 CO<sub>2</sub>, la fusion primaire de l'aluminium est une source importante de tétrafluorure de carbone (CF<sub>4</sub>) et d'hexafluorure de carbone (C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>). 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 CF<sub>4</sub> et du C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, montrées plus bas, surviennent.



On peut contrôler les émissions de PFC en utilisant des systèmes automatisés 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 CO<sub>2</sub>, du CF<sub>4</sub> et du C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, une faible quantité de SF<sub>6</sub> est également émise de par son utilisation comme gaz de couverture dans certaines alumineries qui produisent des alliages à forte teneur en magnésium aluminium<sup>9</sup>.

9 Chaput P., 2007. Communication personnelle (courriel de Chaput P. à A. Au, DGES, daté du 12 octobre 2007). Association de l'aluminium du Canada.

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 Söderberg, 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

Les estimations des émissions imputables aux procédés de production d'aluminium ont été directement fournies par l'Association de l'aluminium du Canada (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 CO<sub>2</sub>, de PFC et de SF<sub>6</sub> 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.

Calcul des émissions de CO<sub>2</sub> :

En général, les équations qu'utilisent les alumineries pour estimer les émissions de CO<sub>2</sub> 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 précurée

$$\text{Émissions CO}_2 (t) = \left[ \frac{CC \times PM \times (100 - \%S_a - \%Cendres_a - \%Imp_a)}{100} \right] \times \left[ \frac{44}{12} \right]$$

où :

CC	=	consommation de l'anode cuite par tonne d'aluminium (t C/t Al)
PM	=	production totale d'aluminium (t)
S <sub>a</sub>	=	teneur en soufre des anodes cuites (% en poids)
Cendres <sub>a</sub>	=	teneur en cendres des anodes cuites (% en poids)
Imp <sub>a</sub>	=	fluor et autres impuretés (% en poids)*
44/12	=	rapport entre le poids moléculaire du CO <sub>2</sub> 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 Söderberg

$$\begin{aligned} \text{Émission CO}_2 (t) &= \left[ (CP \times PM) - \left( \frac{MSB \times PM}{1000} \right) \right. \\ &\quad - \left( \frac{\%BTL}{100} \times CP \times PM \times \frac{\%S_p + \%Cendres_p + \%H_2}{100} \right) \\ &\quad \left. - \left( \frac{(100 - \%TL)}{100} \times CP \times PM \times \frac{(\%S_c + \%Cendres_c)}{100} \right) \right] \times \left[ \frac{44}{12} \right] \end{aligned}$$

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)
S <sub>p</sub>	=	teneur en cendres du brai (% en poids)
Cendres <sub>p</sub>	=	teneur en hydrogène du brai (% en poids)
H <sub>2</sub>	=	teneur en hydrogène du brai (% en poids)
S <sub>c</sub>	=	teneur en soufre du coke calciné (% en poids)
Cendres <sub>c</sub>	=	teneur en cendres du coke calciné (% en poids)
44/12	=	rapport entre le poids moléculaire du CO <sub>2</sub> et le poids moléculaire du carbone

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 4-3 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



**Tableau 4–3 Valeur par défaut des paramètres de niveau 2 pour l'estimation des émissions de CO<sub>2</sub> dues à la consommation d'anodes**

Paramètre	Valeurs industrielles types	Source
<b>Consommation d'anodes précuites :</b>		
Teneur en soufre des anodes cuites (% en poids) – S <sub>a</sub>	2 %	IAI 2006
Teneur en cendres des anodes cuites (% en poids) – Cendres <sub>a</sub>	0,4 %	IAI 2006
Fluor et autres impuretés (% en poids) – Imp <sub>a</sub>	0,4 %	AAC 2002b
<b>Pour la consommation de l'anode Søderberg :</b>		
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) – Cendres <sub>p</sub>	0,2 %	IAI 2006
Teneur en hydrogène du brai (% en poids) – H <sub>2</sub>	3,3 %	IAI 2006
Teneur en soufre du coke calciné (% en poids) – S <sub>c</sub>	1,9 %	IAI 2006
Teneur en cendres du coke calciné (% en poids) – Cendres <sub>c</sub>	0,2 %	IAI 2006

\* SGV = Søderberg à goujon vertical et SGH = Søderberg à goujon horizontal.

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 CO<sub>2</sub>/t Al produit;

Précuite : CE = 1,6 t CO<sub>2</sub>/t Al produit.

Pour calculer les émissions de CO<sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> /100 * TB/100 * PAB
H <sub>2</sub>	=	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 <sub>2</sub> 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 <sub>cg</sub>	=	teneur en soufre du coke de garniture (% en poids)
Cendres <sub>cg</sub>	=	teneur en cendres du coke de garniture (% en poids)
44/12	=	rapport entre le poids moléculaire du CO <sub>2</sub> 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 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 4–4 présente les valeurs de niveau 2 particulières à cette industrie que les alumineries peuvent utiliser pour estimer les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la cuisson des anodes.

D'après une communication avec des représentants de l'industrie canadienne de l'aluminium<sup>10</sup>, l'une des trois sociétés alumières a élaboré ses estimations d'émissions de CO<sub>2</sub> 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 aux Tableau 4-3 et Tableau 4-4 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 CO<sub>2</sub> 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 CF<sub>4</sub> et le C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> 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: Équation 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 <sub>4</sub> ou le C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> ) 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 <sub>4</sub> ou le C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>

#### 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 fractum
PRP	=	potentiel de réchauffement planétaire pour le CF <sub>4</sub> ou le C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>
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

10 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 4-4 Valeur par défaut des paramètres de niveau 2 pour l'estimation des émissions de CO<sub>2</sub> dues à la cuisson d'anodes**

Paramètre	Valeurs industrielles types	Source
<b>Combustion de matières volatiles du brai :</b>		
Teneur en hydrogène du brai (% en poids) – H <sub>2</sub>	0,5 %	IAI 2006
Déchets de goudron recueillis (t) – DG	Pour les fours Riedhammer seulement; les autres ont des valeurs négligeables	IAI 2006
<b>Coke de garniture :</b>		
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 <sub>cg</sub>	2 %	IAI 2006
Teneur en cendres du coke de garniture (% en poids) – Cendres <sub>pc</sub>	2,5 %	IAI 2006

Tableau 4–5 Coefficients par défaut de pente et de surtension, approche de niveau 2 (IAI, 2006)

Type de cellule	Coefficients de surtension du CF <sub>4</sub> ([kg PFC/t Al]/[AE-minutes/jour cellule])	Coefficients de surtension du CF <sub>4</sub> ([kg PFC/t Al]/[mV/jour cellule])	Fraction de poids CF <sub>4</sub> / C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>
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 4–6 Coefficients d'émission pour les PFC

Type de cellule	Coefficients d'émission (kg PFC/t Al)	
	CF <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>
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

étant de niveau 2 lorsque les coefficients par défaut illustrés au Tableau 4–5 (IAI, 2006) sont utilisés avec les paramètres d'exploitation propres à chaque fonderie. Dans une approche de niveau 2, on estime d'abord les émissions de CF<sub>4</sub> 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 C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> en multipliant les estimations de CF<sub>4</sub> par la fraction de poids CF<sub>4</sub>/C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>.

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 4–6 (IAI, 2006).

D'après des renseignements récents fournis par l'industrie canadienne de l'aluminium<sup>11</sup>, l'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 4–5 et au Tableau 4–6 ci-dessus.

11 Chaput P., 2007. Communication personnelle (courriel de P. Chaput à A. Au, DGES, daté du 12 octobre 2007). Association de l'aluminium du Canada.

Calcul des émissions de SF<sub>6</sub> :

D'après les documents méthodologiques fournis par l'AAC, les émissions de SF<sub>6</sub> 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 CO<sub>2</sub>, de PFC et de SF<sub>6</sub>). 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'International Aluminum Institute (IAI, 2006), a été la principale source de valeurs d'incertitude liées aux paramètres. Les valeurs d'incertitudes associées aux estimations des émissions de CO<sub>2</sub>, de PFC et de SF<sub>6</sub> étaient de ±7 %, ±9 % et ±3 %, respectivement. Pour les estimations de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 SF<sub>6</sub>, 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 SF<sub>6</sub> 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.

#### 4.17.4. AQ/CQ et vérification par catégorie

Les émissions de CO<sub>2</sub> et de PFC attribuables à la production d'aluminium étaient des catégories clés qui ont fait l'objet de contrôles de qualité de niveau 1 tels qu'établis dans le plan d'AQ/CQ (voir l'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

Aucun nouveau calcul n'a été effectué dans la catégorie de la production d'aluminium.

#### 4.17.6. Améliorations prévues par catégorie

On cherchera également à acquérir un plus grand nombre de données sur les procédures de CQ suivies par les compagnies membres au moment du calcul de l'estimation des émissions.

## 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 SF<sub>6</sub>, 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 SF<sub>6</sub> est un GES extrêmement puissant avec un PRP de 23 900 sur 100 ans. Le SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub>, et d'éliminer, à terme, l'utilisation du SF<sub>6</sub> comme gaz de couverture dans son usine<sup>12</sup>. Cette recherche et l'utilisation de mélanges de gaz de remplacement ont permis de réduire considérablement les émissions de SF<sub>6</sub> entre le milieu et la fin des années 1990. Pendant la période 2005-2007, les émissions de SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> chaque année durant cette période. Certaines fonderies se sont mises à utiliser du SF<sub>6</sub> vers le milieu ou la fin des années 1990, alors que d'autres l'ont remplacé par le SO<sub>2</sub>. 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 SF<sub>6</sub>. Deux entreprises ont cessé leurs activités de moulage du magnésium à différentes périodes de 2009 (l'une en juin et l'autre en décembre).

<sup>12</sup> Laperrière J. 2004. Communication personnelle (courriel de J. Laperrière à A. Au, DGES, daté du 27 octobre, 2004). Norsk Hydro.

## 4.18.2. Questions de méthodologie

4

Les données relatives aux émissions de SF<sub>6</sub> 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/queriesite/query\\_f.cfm](http://www.ec.gc.ca/pdb/queriesite/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 SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub>. Les deux sociétés ont déclaré avoir utilisé la méthode par défaut du GIEC (Émissions de SF<sub>6</sub> = Consommation de SF<sub>6</sub>), 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 SF<sub>6</sub>. Norsk Hydro a confirmé avoir utilisé la méthode de différence de poids<sup>13</sup>. 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 achats livrés et les changements dans l'inventaire du SF<sub>6</sub> utilisé<sup>14</sup>. 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 SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> utilisé comme gaz de couverture est rejetée dans l'atmosphère. Pour estimer les émissions de SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> par les usines de moulage. Deux usines ont affirmé ne pas conserver d'archives sur leur consommation passée de SF<sub>6</sub>. C'est pourquoi, pour estimer la consommation de SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> en 2009, mais ont fourni des hypothèses raisonnables qui pouvaient servir à estimer l'utilisation de SF<sub>6</sub> pour 2009. Les cinq autres installations ont fourni des données sur l'utilisation de SF<sub>6</sub> pour 2009. Elles n'ont fourni aucune donnée pour 2010 ou 2011. Les données de consommation de SF<sub>6</sub> 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 2009 est considérée comme une méthode modifiée de niveau 3, car elle repose sur la déclaration des données relatives

13 Laperrière J. 2006. Communication personnelle (courriel de J. Laperrière à A. Au, DGES, daté du 4 octobre 2006). Norsk Hydro.

14 Katan R. 2006. Communication personnelle (courriels de R. Katan à A. Au, DGES, datés du 16 au 22 mars 2006). Timminco.



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 SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub>) 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 SF<sub>6</sub> comme gaz de couverture par les fonderies de magnésium et les émissions de SF<sub>6</sub>, 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 (voir l'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.

### 4.18.5. Recalculs par catégorie

Aucun nouveau calcul n'a été effectué dans les catégories Production de magnésium et Moulage du magnésium.

### 4.18.6. Améliorations prévues par catégorie

On s'efforcera d'obtenir des données à jour sur la consommation de SF<sub>6</sub> 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 CHClF<sub>2</sub>) est le produit de la réaction du chloroforme (CHCl<sub>3</sub>) avec le fluorure d'hydrogène (HF), en présence de pentachlorure d'antimoine (SbCl<sub>5</sub>), qui agit comme catalyseur. La fabrication du HCFC-22 génère un sous-produit, le trifluorométhane (HFC-23 ou CHF<sub>3</sub>) (GIEC, 2002).

Cette réaction se fait dans un réacteur à débit continu, généralement à haute pression (jusqu'à 500 lb/po<sup>2</sup>) 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 (CHClF<sub>2</sub>), du HFCF-21 (CHCl<sub>2</sub>F), du HFC 23 (CHF<sub>3</sub>), du HCl, un excédent de CHCl<sub>3</sub>, 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 1993.<sup>15</sup>

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 1<sup>er</sup> 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 HCFC<sup>16</sup>.

#### 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.

#### 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

15 Bovet Y. 2007. Communication personnelle (courriel de Y. Bovet. à A. Au, DGES, daté du 8 novembre 2007). Environnement Canada, SUPAC.

16 Bovet Y. 2007. Communication personnelle (courriel de Y. Bovet. à A. Au, DGES, daté du 8 novembre 2007). Environnement Canada, SUPAC.

(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)<sup>17</sup>. 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 2005-2010<sup>18</sup> 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 entre-

prises 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)<sup>19</sup>.

Pour ce qui est des données sur les importations de HFC en vrac, un importateur de HFC en vrac n'a pas fourni de données pour les années 2007 et 2008, on a donc présumé que le taux de croissance (%) des importations de l'entreprise pour 2006-2007 et 2006-2008 serait similaire à celui des autres entreprises ayant produit une déclaration. Ce même importateur n'a pas non plus répondu au questionnaire sur une base volontaire et n'a donc pas fourni de données pour 2009 ni pour 2010. Par conséquent, on a présumé que les importations de HFC en 2009 et 2010 étaient les mêmes qu'en 2008. Comme nous l'avons mentionné, d'autres entreprises ont été ajoutées à la liste de distribution pour la collecte de données de 2009 et certaines de celles qui avaient fourni des données en 2009 ont choisi de ne pas participer à la collecte volontaire de 2010. Pour ces entreprises, on a présumé que les chiffres de 2009 seraient valides pour 2010.

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 2005 à 2012. En ce qui concerne les émissions de HFC de 2011, on a supposé que les niveaux de consommation de HFC étaient les mêmes qu'en 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,

17 Bovet Y. et Y. Guilbault. 2004-2006. Communications personnelles (courriels de Y. Bovet et de Y. Guilbault à A. Au, DGES, de 2004 à 2006). SUPAC.

18 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 minimales, 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.

19 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 : HFC134a, HFC152a 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 contrevenir les données fournies à la Division.

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 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:**

$$\text{Émission} = 0,17 \times \left( \frac{HFC(\text{réfrig})}{1,17} \right)$$

**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 cidessous, 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
- $\text{Charge}_t$  = 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) (voir le Tableau 4-7).

**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 :



Tableau 4-7 Pertes d'assemblage en pourcentage 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	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		

Tableau 4-8 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		

## 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
$\text{Stock}_t$	=	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

L'expression «  $\text{Stock}_t$  » 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 survenait 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 4-8.

## 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 cidessous) a servi à calculer les émissions des mousses à alvéoles fermées :

#### Équation 4-21:

$$E_{\text{mousse},t} = 10\% \times Q_{t\text{fabrication},t} + 4,5\% \times \text{Charge initiale}$$

où :

$E_{\text{mousse},t}$	=	Émissions t provenant des mousses à alvéoles fermées au cours de l'année
$Q_{t\text{fabrication},t}$	=	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.

#### *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 semiconducteurs**

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.

C'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 (voir l'Équation 4-23 ci-dessous)
- $E_{CF4}$  =  $CF_4$  émis comme produit dérivé au cours de l'utilisation des PFC (voir l'Équation 4-24 ci-dessous)

#### Équation 4-23:

$$E_{FC} = (1 - h) \times \sum [FC_{i,p} \times (1 - C_{i,p}) \times (1 - a_{i,p} \times d_{i,p})]$$

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 4-9 (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  $a_{i,p}$  équivalait à 0 et que  $d_{i,p}$  équivalait à 1. Par ailleurs, on a présumé que  $h$  équivalait à 0,1, comme le suggère le GIEC (2000).

#### 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

Tableau 4-9 Taux d'émission des PFC<sup>1</sup>

Procédé	Fractions des émissions par défaut du GIEC			
	$CF_4$	$C_2F_6$	$C_3F_8$	c- $C_4F_8$
(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.

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  $\pm 34$  % et  $\pm 50$  %.

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 (voir l'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

Aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie de source.

### 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 devrait permettre d'établir des valeurs de coefficient d'émission plus concrètes (et moins élevées) adaptées au contexte canadien. Les nouveaux coefficients d'émission seront utilisés pour l'établissement des estimations dans le prochain RIN.

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 d'améliorer certaines données historiques.

## 4.21. Production et consommation de SF<sub>6</sub> (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 SF<sub>6</sub>. Les services publics utilisent le SF<sub>6</sub> comme agent d'isolation et d'extinction dans les équipements électriques à haute tension, comme les appareillages de connexion, les disjoncteurs autonomes et les sous-stations isolées au gaz.

Actuellement, le Canada ne produit pas de SF<sub>6</sub>; 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 SF<sub>6</sub> des équipements électriques :

On a eu recours à une méthode modifiée de niveau 3 pour estimer les émissions de SF<sub>6</sub> 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 présumant que tout le SF<sub>6</sub> acheté auprès des distributeurs de gaz remplaçait le SF<sub>6</sub> perdu par fuite. Les estimations des émissions de SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> pour les services d'électricité* (« le protocole ») (Environnement Canada et l'Association canadienne de l'Électricité 2008). L'estimation des émissions nationales de SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub>. 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 sub-



stitution 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 SF<sub>6</sub> attribuables à la fabrication de semi-conducteurs :

La méthode utilisée pour estimer les émissions SF<sub>6</sub> dues à la fabrication de semi-conducteurs est semblable à celle qui sert à calculer les émissions de PFC. Toutefois, comme l'utilisation de SF<sub>6</sub> dans le procédé n'émet aucun sous-produit de CF<sub>4</sub>, 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 SF<sub>6</sub> qui reste dans le contenant d'expédition (talon) après usage (%)
- FC = quantité t de SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> détruite lors du procédé par les dispositifs antipollution

La valeur de h fournie et confirmée par deux grands distributeurs de SF<sub>6</sub>, Air Liquide et Praxair, s'élevait à 12 %.<sup>20</sup> 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 (Cheminform 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 SF<sub>6</sub> vendues aux fabricants de semi-conducteurs entre 2004 et 2009, on a multiplié les quantités de SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> n'a été recueillie pour les années 2010 et 2011. On a donc utilisé celles de 2009 pour déterminer la quantité de SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> des équipements électriques. Il

20 Rahal H. et Tardif A. 2006. Communications personnelles (courriels de H. Rahal et A. Tardif à A. Au, DGE5, datés du 22 novembre 2006 et du 13 novembre 2006, respectivement). Praxair et Air Liquide.

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 semiconducteurs. 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  $\pm 45$  %. 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 SF<sub>6</sub> des équipements électriques pourrait varier, comme nous l'avons expliqué dans la section précédente. Quant aux émissions de SF<sub>6</sub> 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 SF<sub>6</sub> 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 (voir l'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

Une erreur de transcription a obligé à recalculer les émissions de SF<sub>6</sub> provenant de la fabrication de semi-conducteurs pour 2010.

#### 4.21.6. Améliorations prévues par catégorie

Puisqu'une amélioration est prévue à la catégorie des émissions de SF<sub>6</sub> attribuables à l'équipement électrique, une évaluation de l'incertitude relative aux nouvelles données d'émission sera faite en collaboration avec les services publics canadiens d'électricité.

On s'efforcera d'obtenir des données à jour sur les ventes de SF<sub>6</sub>.

### 4.22. Autres procédés et procédés indifférenciés (catégorie 2.G du CUPR)

#### 4.22.1. Description de la catégorie de source

Les émissions de ce sous-secteur proviennent de l'utilisation des combustibles fossiles à des fins non énergétiques et elles ne sont comptabilisées dans aucun autre sous-secteur des procédés industriels. Comme exemple de combustibles utilisés à des fins non énergétiques, on peut citer la consommation de liquides du gaz naturel (LGN) et de charges d'alimentation dans l'industrie des produits chimiques ainsi que l'utilisation de lubrifiants. Tous ces procédés entraînent un niveau variable d'oxydation du combustible, ce qui génère des émissions de CO<sub>2</sub>. 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.

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 CO<sub>2</sub> 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 taux d'émission découlant de l'utilisation de combustibles à des fins non énergétiques ont été calculés d'après les taux d'émission potentiels de CO<sub>2</sub> et les pourcentages par défaut, fournis par le GIEC, du carbone stocké dans les produits. Les taux d'émission potentiels totaux de CO<sub>2</sub> proviennent des coefficients d'émission du carbone qui figurent dans l'étude de Jaques (1992), McCann (2000) et CIEEDAC (2006).

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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> imputables à l'utilisation des combustibles fossiles à des fins non énergétiques ne sont pas abordées expressément dans les recommandations du GIEC (GIEC, 2000).

### 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  $\pm 21$  %. Il convient de noter que l'évaluation de l'incertitude ne portait que sur une année de la série chronologique (2007).

La méthode utilisée est cohérente sur toute la série chronologique. Cependant, la mise à jour des données d'activité pour la période de 1996 à 2010, selon le dernier BDEEC (daté de janvier 2013), a entraîné le recalcul des émissions pour la période 2004–2010. Pour la période 1996–2003, les anciennes valeurs du BDEEC ont été conservées; en conséquence, il n'a pas été nécessaire de

recalculer les émissions. La catégorie comporte donc deux séries chronologiques dont les données de départ ne sont pas cohérentes. La justification de l'utilisation d'une telle approche – qui s'applique aux données d'activités liées à l'énergie et non liées à l'énergie – a été analysée en détail dans le sommaire du RIN. En ce qui concerne la série chronologique la plus ancienne, qui porte sur les émissions de 1996 à 2003, on prévoit acquérir des données à jour et déclarer les nouvelles valeurs d'émission dans le prochain 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 (voir l'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 2004 à 2010.

### 4.22.6. Améliorations prévues par catégorie

Comme il est indiqué à la section 4.22.3, on prévoit recalculer les émissions pour la période 1996 à 2003 en fonction des données d'activité les plus récentes du BDEEC; les résultats seront déclarés dans le RIN de 2014.

# 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 N<sub>2</sub>O 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 CO<sub>2</sub> 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. CO<sub>2</sub> dans l'inventaire national des GES de 2011, comparativement à 0,18 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> 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 N<sub>2</sub>O comme anesthésique ou agent propulseur.

Presque tout le N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O 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 (N<sub>2</sub>O) 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 (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>), on obtient de la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) et du N<sub>2</sub>O. La vapeur est extraite par condensation, et le N<sub>2</sub>O « brut » est purifié, comprimé,

Tableau 5-1 Sommaire des émissions de GES du secteur Utilisation de solvants et autres produits, pour des années particulières

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Utilisation de solvants et autres produits - TOTAL	179	450	378	326	342	260	242	247
Utilisation de N <sub>2</sub> O comme anesthésique	151	384	319	276	289	220	204	209
Utilisation de N <sub>2</sub> O comme propulseur	27	66	59	51	53	40	38	38

Note : Les chiffres étant arrondis, la somme des utilisations comme anesthésique et comme propulseur peut ne pas correspondre au total.

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  $N_2O$  comprimé pour la vente commerciale au Canada, fournit du  $N_2O$  à deux des trois principaux distributeurs de ce gaz, qui occupent l'essentiel du marché commercial au Canada. Ces sociétés vendent des bouteilles de  $N_2O$  à un nombre relativement important de sous-distributeurs. On estime qu'il pourrait y avoir au Canada entre 9 000 et 12 000 clients utilisateurs finaux de  $N_2O$ , qui sont notamment des cabinets dentaires, des cliniques, des hôpitaux et des laboratoires (Cheminfo Services, 2006).

Le  $N_2O$  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 propulseur dans les produits alimentaires. Le  $N_2O$  peut également servir à d'autres fins : production d'azoture de sodium<sup>1</sup> (produit chimique qui était employé pour gonfler les coussins de sécurité des automobiles), spectrométrie d'absorption atomique et fabrication de semi-conducteurs. Selon les distributeurs interrogés au cours de la récente étude, environ 82 % de leur volume de ventes de  $N_2O$  sert aux applications dentaires et médicales, 15 % à son emploi comme agent propulseur dans la transformation des aliments et seulement 3 % aux autres utilisations (Cheminfo Services, 2006).

Il importe de noter que, parmi toutes les applications possibles du  $N_2O$ , seules les deux plus importantes sont des sources d'émissions. Quand le  $N_2O$  sert d'anesthésique, on considère qu'aucun gaz n'est pas métabolisé (GIEC, 2006). En d'autres termes, le  $N_2O$  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  $N_2O$  sert d'agent propulseur, on estime seulement les émissions dues à son emploi dans les contenants de crème fouettée, car les quantités de  $N_2O$  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  $N_2O$  est entièrement rejeté dans l'atmosphère (Cheminfo Services, 2006).

1 Le  $N_2O$  a été employé par la société ICI Chemicals, de 1990 à 1997, comme réactif pour la production d'azoture de sodium. Il a toutefois été remplacé par une autre matière première en 1998.

## 5.1.2. Questions de méthodologie

Les estimations des émissions de  $N_2O$  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  $N_2O$ , 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  $N_2O$  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 Nitrous Oxide of Canada 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 2011.

Faute de séries complètes de données couvrant la période de 1990 à 2011, on a utilisé les données sur les ventes intérieures, fournies par le producteur canadien, et les données sur les importations de  $N_2O$ , achetées de la base de données de Statistique Canada<sup>2</sup>, pour estimer le volume total des ventes intérieures (ou la consommation) de  $N_2O$  pour cette période. 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 2006-2011 a été le même que pour 2005, ce qui a été confirmé en 2006 (Cheminfo 2006). Pour calculer les quantités de  $N_2O$  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.

2 Les données de 1990-2005 ont été consultées à l'adresse URL suivante : [www.statcan.ca/trade/scripts/trade\\_search.cgi](http://www.statcan.ca/trade/scripts/trade_search.cgi), qui n'est plus fonctionnelle. Pour les données de 2006-2009 : Bourgeois P., 2010. Communication personnelle (courriel de P. Bourgeois à E. Renault, de la Division des gaz à effet de serre, daté du 2 décembre 2010). Statistique Canada.



Pour estimer les émissions attribuables à l'emploi du N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O 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 2011 proviennent de Statistique Canada (2012).

### 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 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'attendait 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 (voir l'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

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie.

# Chapitre 6

## Agriculture (CRF Sector 4)

### 6.1. Aperçu

Parmi les sources d'émissions du secteur de l'agriculture figurent les catégories de la fermentation entérique ( $\text{CH}_4$ ) et de la gestion des fumiers ( $\text{N}_2\text{O}$  et  $\text{CH}_4$ ) dues à la production animale et les catégories des sols agricoles ( $\text{N}_2\text{O}$ ) et du brûlage des résidus de récolte dans les champs ( $\text{CH}_4$  et  $\text{N}_2\text{O}$ ) 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 (voir le 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 bisons<sup>1</sup>, les lamas, les alpagas, les chevaux et les chèvres, sont également destinés au marché commercial.

L'agriculture est pratiquée à une échelle très régionale au Canada, pour des raisons historiques et climatiques. Environ 70 % 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 70 % 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.

<sup>1</sup> 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.

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 ce chiffre est passé depuis à 12 millions de bêtes. Depuis 1990, la population de volaille augmente, atteignant 140 millions de têtes. Le cheptel des vaches laitières a diminué progressivement, à partir de 1990, pour atteindre 1 million de têtes en 2011.

Depuis 1990, les pratiques culturales ont changé au Canada; la production de canola est passée de 3 Mt à 14 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 Mt en 2011, et la superficie en jachère a diminué de 4,8 millions d'hectares (Mha) et celle des régions où l'on utilisait 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.  $\text{CO}_2$  en 1990 à 54 Mt d'éq.  $\text{CO}_2$  en 2011 (voir le Tableau 6-1). Il s'agit d'une hausse de 15 % depuis 1990, qui est principalement attribuable à la croissance des cheptels de bovins de boucherie et de porcs (16 % et 17 %, respectivement), ainsi qu'à l'utilisation accrue d'engrais azotés synthétiques (68 %).

Les émissions de  $\text{CH}_4$  attribuables au bétail sont passées de 19 Mt d'éq.  $\text{CO}_2$  en 1990 à 21 Mt d'éq.  $\text{CO}_2$  en 2011, et les estimations moyennes se situent dans une plage d'incertitude de -15 à +21 %. Sur l'ensemble de la série chronologique de 1990 à 2011, on estime que la moyenne des émissions de  $\text{CH}_4$  a augmenté de 2 Mt d'éq.  $\text{CO}_2$ , soit une hausse de 11 %. La hausse des émissions observée se situe dans une plage d'incertitude de 7 à 15 %. Les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  attribuables aux sols agricoles et au bétail sont passées de 28 Mt d'éq.  $\text{CO}_2$  en 1990 à 33 Mt d'éq.  $\text{CO}_2$  en 2011, soit une augmentation de 19 %.

Les émissions du secteur de l'agriculture ont atteint un sommet en 2005. 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 (voir le Tableau 6-1,

Tableau 6–1 Évolution à court et à long terme des émissions de GES du secteur de l'agriculture<sup>1</sup>

Catégorie de source de GES		Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )							
		1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Agriculture - TOTAL		47 000	56 000	58 000	58 000	59 000	56 000	56 000	54 000
Fermentation entérique		16 000	20 000	22 000	21 000	20 000	19 000	19 000	18 000
—CH <sub>4</sub>	Bovins laitiers	3 100	2 800	2 700	2 600	2 600	2 600	2 600	2 600
	Bovins de boucherie <sup>2</sup>	12 000	16 000	18 000	17 000	17 000	16 000	15 000	14 000
	Autres <sup>3</sup>	610	910	1 100	1 000	940	890	870	860
Gestion des fumiers		5 700	7 000	7 500	7 200	6 900	6 700	6 500	6 400
—CH <sub>4</sub>	Bovins laitiers	660	600	580	560	560	560	570	570
	Bovins de boucherie <sup>2</sup>	670	760	840	790	770	740	710	690
	Porcs	1 100	1 400	1 600	1 500	1 300	1 300	1 300	1 300
	Volailles	130	150	160	150	150	150	150	150
	Autres <sup>4</sup>	20	30	40	40	40	30	30	30
—N <sub>2</sub> O	Tous les types d'animaux	3 200	4 000	4 300	4 200	4 100	3 900	3 800	3 700
Sols agricoles (N <sub>2</sub> O)		25 000	29 000	29 000	30 000	31 000	30 000	30 000	30 000
Sources directes		14 000	15 000	15 000	16 000	17 000	16 000	16 000	16 000
	Engrais azotés synthétiques	5 900	7 700	7 000	8 100	8 500	8 600	8 800	9 200
	Fumiers épandus comme engrais	1 800	2 100	2 200	2 100	2 000	1 900	1 900	1 900
	Décomposition des résidus de récolte	4 700	4 700	5 200	5 200	6 200	5 600	5 800	5 100
	Travail des sols organiques	60	60	60	60	60	60	60	60
	Méthodes de conservation du sol <sup>5</sup>	-300	-740	-890	-940	-1 200	-1 100	-1 100	-1 200
	Jachère	1 400	1 100	830	700	760	660	590	570
	Irrigation	280	340	350	350	390	360	390	410
Fumiers des pâturages, grands parcours et enclos		2 200	3 100	3 400	3 300	3 200	3 000	2 900	2 700
Sources indirectes		8 700	10 000	10 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000
Brûlage des résidus de récolte (CH <sub>4</sub> & N <sub>2</sub> O)			120	40	40	50	40	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 N<sub>2</sub>O grâce à l'adoption de méthodes de conservation du sol.

fermentation entérique et gestion des fumiers). Depuis 2008, les émissions des engrais ont continué d'augmenter; cependant, avec le déclin continu des cheptels de bétail, la baisse de la production agricole et la diminution en conséquence des émissions résiduelles en 2011, les émissions totales du secteur de l'agriculture étaient de plus de 4 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> inférieures aux sommets des années 2005 à 2008.

Les nouveaux calculs étaient inférieurs à 1 % dans le présent rapport, avec une augmentation des émissions de moins de 0,1 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 1990 et une augmentation de 0,1 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2010, sans incidence notable sur la tendance des émissions. Une analyse complète de niveau 2 des processus d'établissement des estimations de N<sub>2</sub>O a mené à la correction d'un certain nombre d'erreurs

mineures dans les bases de données des calculs (voir le 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 N<sub>2</sub>O soient émises durant le processus de fixation de l'azote. Il n'y a aucune production de riz au Canada; les émissions de CH<sub>4</sub> 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 (voir le chapitre 3).

Tableau 6-2 Corrections et améliorations apportées aux rapports de 2011 et de 2012 du Canada

Correction ou amélioration	Années affectées
1. Correction de la quantité d'azote perdue par lessivage lors de l'épandage d'engrais.	Totalité de la série chronologique
2. Correction des problèmes liés à l'arrondissement et à des erreurs de saisie de données sur le brûlage des résidus de récolte.	Totalité de la série chronologique
3. Correction du taux d'excrétion d'azote des génisses laitières.	Totalité de la série chronologique
4. Amélioration des calculs des émissions de N <sub>2</sub> O durant le changement de plateformes de la base de données, incluant i) des changements de la répartition des engrais dans les provinces Maritimes, ii) l'application de systèmes de gestion des fumiers à chaque sous-catégorie d'animaux et iii) l'arrondissement des proportions des systèmes de gestion des fumiers au point de pourcentage le plus près pour certaines catégories mineures d'animaux.	Totalité de la série chronologique
5. Intégration des données du Recensement de l'agriculture de 2011 sur les populations de catégories mineures d'animaux, et d'interpolation linéaire entre les années de recensement.	2007 à 2010

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 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 CH<sub>4</sub> 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 (CH<sub>4</sub>) 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 CH<sub>4</sub> étant un sous-produit de la fermentation. Ce processus aboutit à une accumulation de CH<sub>4</sub> dans le rumen, qui est ensuite rejeté par éructation et expiration. Une partie du CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub>.

### 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 CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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 ven-

tilé 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 CH<sub>4</sub> pour cette catégorie d'animaux. La hausse de la production laitière fait croître la quantité d'énergie nécessaire à la lactation (EN<sub>l</sub>) 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<sub>m</sub> et EN<sub>g</sub>) 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 % (voir la section Tableau A3–17 de l'annexe 3.3).

Pour les espèces non bovines, les émissions de CH<sub>4</sub> 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 (voir Tableau A3–11, 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 Monte Carlo a été réalisée sur la méthode utilisée pour estimer les

**Tableau 6–3 Degré d'incertitude des estimations des émissions de CH<sub>4</sub> dues à la fermentation entérique**

Catégorie d'animaux	Source de l'incertitude	Valeur moyenne <sup>1</sup>	Prob. de 2,5% <sup>2</sup>	Prob. de 97,5%
Bovins laitiers	Cheptel (1000 têtes)	983	929 (-5,4%)	1036 (+5,4%)
	Coefficient d'émission de niveau 2 (kg/tête/an)	127,6	107,2 (-16%)	154,4 (+21%)
	Émissions (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	2,6	2,1 (-18%)	3,2 (22%)
Bovins non laitiers	Cheptel (1000 têtes)	12 181	12 229 (-1,8%)	12 689 (+1,8%)
	Coefficient d'émission de niveau 2 (kg/tête/an)	56,7	46,1 (-19%)	70,1 (+24%)
	Émissions (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	14,5	11,9 (-18%)	18,3 (+26%)
Autres animaux	Émissions (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	0,96	0,78 (-18%)	1,1 (+17%)
Émissions totales	Émissions (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	1990 16,1	13,4 (-17 %)	19,6 (+22%)
		2011 18,0	15,0 (-17 %)	22,3 (+23%)
	Tendance 1990–2011	1,9 (12 %)	1,2 (+8 %)	2,6 (+16 %)

Notes :

1. Valeur moyenne tirée de la base de données, à l'exception des données sous « Tendance », qui représentent la différence entre 1990 et 2011.

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 2011.

3. Les valeurs des intervalles de confiance sont calculées à partir de pourcentages provenant d'une analyse d'incertitude réalisée en 2010.



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 A3.3.3. 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 CH<sub>4</sub> attribuables à la fermentation entérique étaient semblables en 1990 et en 2011, et la moyenne des estimations se situe dans une plage d'incertitude de -17 à +23 % (voir le Tableau 6-3). Sur l'ensemble de la série chronologique de 1990 à 2011, on estime que la moyenne des émissions a augmenté de 1,9 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>, soit une hausse de 12 %. L'augmentation se situe dans une plage d'incertitude de 8 à 16 %.

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 ( $C_f$ ) (Karimi-Zindashty *et al.*, 2012). L'incertitude quant à l'estimation de la moyenne nationale des populations de bétail pour les principales catégories d'animaux était faible (moins de 6 %). Les populations des catégories mineures, bien que présentant un niveau d'incertitude élevé (jusqu'à 11 %), ont toutefois peu contribué à l'incertitude générale des émissions totales en raison de leur nombre peu élevé.

La méthode et les paramètres utilisés pour le calcul des coefficients d'émission sont conformes dans l'ensemble de la série chronologique (1990–2011), 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.

## 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 (voir l'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.

## 6.2.5. Recalculs

L'intégration des données du Recensement de l'agriculture de 2011 (Statistique Canada, 2012) relativement aux populations de catégories mineures d'animaux – bisons, chèvres, chevaux, lamas et alpacas – et de volaille avec une interpolation linéaire entre 2006 et 2011 a entraîné une baisse des émissions de cette source après la dernière année de recensement, de 20 kt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2007 et d'au plus 80 kt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2010. Même si les populations de chèvres et de poulets à griller ont augmenté, les émissions ont diminué parce que les populations de grands animaux, comme les bisons et les chevaux, ont baissé de 36 et de 14 %, respectivement.

### 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. En 2013, des données régionales seront soumises à l'examen d'experts en matière d'alimentation des animaux. De nouvelles données et méthodes seront incorporées à moyen terme.

Une étude, qui en est à ses débuts, a été entreprise auprès d'experts canadiens de l'industrie du bœuf afin d'actualiser et d'améliorer le modèle de production bovine.

## 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<sub>4</sub> et du N<sub>2</sub>O 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<sub>4</sub> mais relativement peu de N<sub>2</sub>O, alors que les systèmes bien aérés émettent beaucoup de N<sub>2</sub>O et relativement peu de CH<sub>4</sub>.

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 comptant 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<sub>4</sub> 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<sub>2</sub>; cependant, s'il y a peu d'oxygène, le carbone est réduit, ce qui entraîne la production de CH<sub>4</sub>. La quantité de CH<sub>4</sub> 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 (voir la section 3.3.4.8 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<sub>4</sub> (B<sub>0</sub>), et les facteurs de conversion de CH<sub>4</sub> (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 A3.3.4.4.

L'augmentation des coefficients d'émission de 1990 à 2011 (voir le 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 (voir la 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 A3.3.4.8.

**Tableau 6-4 Degré d'incertitude des estimations des émissions de CH<sub>4</sub> dues à la gestion des fumiers<sup>3</sup>**

Catégorie d'animaux	Source de l'incertitude		Valeur moyenne <sup>1</sup>	Prob. de 2,5% <sup>2,3</sup>	Prob. de 97,5%
Bovins laitiers	Cheptel (1000 têtes)		983	929 (-5,4%)	1036 (+5,4%)
	Coefficient d'émission de niveau 2 (kg/tête/an)		27,7	12,5 (-53%)	45,6 (+70%)
	Émissions (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )		0,57	0,26 (-54%)	0,96 (70%)
Bovins non laitiers	Cheptel (1000 têtes)		12 181	12 229 (-1,8%)	12 689 (+1,8%)
	Coefficient d'émission de niveau 2 (kg/tête/an)		2,7	1,8 (-34%)	4,6 (+69%)
	Émissions (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )		0,69	0,48 (-32%)	1,2 (+71%)
Porcs	Cheptel (1000 têtes)		11 926	11 499 (-2,7%)	12 130 (+2,7%)
	Coefficient d'émission de niveau 2 (kg/tête/an)		5,0	2,5 (-47%)	7,3 (+55%)
	Émissions (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )		1,3	0,6 (-51%)	1,8 (+46%)
Autres animaux	Émissions (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )		0,18	0,12 (-35%)	0,22 (+19%)
Émissions totales	Émissions (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	1990	2,6	1,7 (- 33%)	3,5 (+38%)
		2011	2,7	1,9 (- 29%)	3,6 (+33%)
	Tendance	1990–2011	0,16 (6%)	-0,18 (-7%)	0,23 (+9%)

Notes :

1. Valeur moyenne tirée de la base de données, à l'exception des données sous « Tendance », qui représentent la différence entre 1990 et 2011.
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 2011.
3. Les valeurs des intervalles de confiance sont calculées à partir de pourcentages provenant d'une analyse d'incertitude réalisée en 2010.

L'estimation des émissions de CH<sub>4</sub> dues à la gestion des fumiers en 2011, soit 2,7 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>, se situe dans une plage d'incertitude de -29 % à +33 % (voir le Tableau 6-4). L'estimation des émissions dues à la gestion des fumiers en 1990, soit 2,6 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>, 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 +6 % de la moyenne des émissions entre 1990 et 2011 se situe à l'intérieur d'une plage d'incertitude présentant une diminution possible de -7 % et d'une augmentation possible de +9 %.

Comme dans le cas de la fermentation entérique, la plus grande partie de d'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 124 % 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 (B<sub>0</sub>) (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 (1990–2011), à l'exception des données sur la production laitière des bovins laitiers. La production laitière en Ontario et dans les provinces de l'ouest, de 1990 à 1999, est estimée 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 (voir l'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 CH<sub>4</sub> 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 canadiennes sur la gestion des fumiers (MacDonald et Liang, 2011). Les paramètres de modélisation de niveau 2 du GIEC ne présentent aucun biais particulier attribuable à la grande variabilité des résultats de recherche et au manque de données à l'appui des recherches menées sur les installations de stockage des fumiers. Il n'existe 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 A3.3.4.7 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 de diminuer les émissions de cette source après la dernière année de recensement, de 2 kt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2007 et jusqu'à 7 kt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2010. L'importante diminution des émissions des grands animaux, comme les bisons et les chevaux, est attribuable au déclin des populations; elle a toutefois été compensée par une augmentation des populations de volaille.

#### 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 environnementale de Statistique Canada. Des plans ont été faits pour déterminer si cette source de données peut être utilisée aux fins de l'inventaire.

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 $N_2O$ 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  $N_2O$  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 ( $NH_4^+$ ) en nitrate ( $NO_3^-$ ), et la dénitrification est la réduction de  $NO_3^-$  en  $N_2O$  ou en  $N_2$ . 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  $N_2O$ . Les émissions d'oxyde de diazote imputables aux fumiers excrétés dans les pâturages et les grands parcours par les animaux en pacage et dans les enclos sont déclarées dans une catégorie distincte (voir la section 6.4.2 - Fumier produit sur les pâturages, dans les grands parcours et dans les enclos).

#### 6.3.2.2. Questions de méthodologie

Pour estimer les émissions de  $N_2O$  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 les cheptels 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  $CH_4$  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 du GIEC* de 2006. La quantité d'azote dans le fumier perdue par lixiviation et volatilisation de  $NH_3$  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 du GIEC* de 2006.

On a estimé la fraction d'azote disponible pour la conversion en  $N_2O$  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 du GIEC 2006 pour un pays développé au climat froid servent à estimer l'azote du fumier émis sous forme de  $N_2O$  pour chaque type de SGF.

#### 6.3.2.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les incertitudes pour les populations des principales catégories d'animaux sont basses, puisque l'on procède à des relevés biannuels et trimestriels sur une base provinciale. Ce sont les populations de bovins non laitiers qui présentent la plus basse incertitude ( $\pm 1,8$  % de la moyenne), suivies des porcins ( $\pm 2,6$  % de la moyenne), des bovins laitiers ( $\pm 5,4$  % de la moyenne) et des ovins ( $\pm 6,0$  % de la moyenne). Pour les autres animaux dont les estimations de populations ne sont renouvelées que par le *Recensement de l'agriculture*, l'incertitude est plus élevée, allant de  $\pm 6$  % pour les chevaux à  $\pm 12$  % pour les bisons. Les incertitudes liées aux taux d'excrétion d'azote sont de  $\pm 20$  % (GIEC, 2006), aux types de SGF, de  $\pm 20$  % (Marinier *et al.*, 2004), et aux coefficients d'émission, de  $\pm 20$  % (GIEC, 2006). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2008 ont été estimés respectivement à  $\pm 25$  % et  $\pm 21$  % (Hutchinson *et al.*, 2007).

On a utilisé la même méthodologie, les mêmes coefficients d'émission et les mêmes sources de données pour l'ensemble de la série chronologique (1990-2011).

#### 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 (voir l'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  $N_2O$  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  $N_2O$  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

Cette source a fait l'objet de nouveaux calculs à cause d'une correction apportée au taux d'excrétion d'azote de génisses laitières, en raison de l'utilisation des statistiques du *Recensement de l'agriculture* de 2011 (Statistique Canada, 2012) sur les populations des catégories mineures d'animaux (voir la section 6.2.5) et d'améliorations apportées aux calculs durant l'élaboration d'une nouvelle base de données sur les émissions de N<sub>2</sub>O. Les améliorations à la base de données incluent l'application de SGF au niveau des sous-catégories d'animaux et l'arrondissement des proportions de SGF au point de pourcentage le plus près dans le cas de certaines catégories mineures d'animaux. Ces changements ont modifié la répartition des quantités d'azote du fumier entre les types de stockage de fumiers, mais ont eu dans l'ensemble une très faible incidence sur les émissions (moins de 0,1 kt d'éq. CO<sub>2</sub>). Les contrôles de la qualité de niveau 2 qui ont été réalisés durant le rétablissement de la base de données des estimations des émissions de N<sub>2</sub>O ont cependant permis de relever une erreur dans le taux d'excrétion d'azote de génisses laitières. Dans la base de données, le taux utilisé dans les rapports précédents a été réduit par le même coefficient que celui des génisses non laitières de boucherie, car une portion des génisses laitières sont maintenues comme des génisses nécessaires à la relève d'autres animaux du troupeau laitier et ne sont donc pas abattues au cours de leur deuxième année. L'augmentation des émissions de cette catégorie a atteint 1,2 % pour toute la série chronologique, mais cela a eu une incidence de moins de 0,1 % sur les émissions totales du secteur de l'agriculture (voir le Tableau 6–5). Une hausse des populations de volaille et de chèvres entre 2006 et 2011 a mené à une augmentation des estimations des quantités totales d'azote excrétée pour les années 2007 à 2010, ce qui a accru de 20 kt d'éq. CO<sub>2</sub> les émissions en 2010 par rapport aux

résultats obtenus à la suite de la corrections des taux d'excrétion d'azote dans la catégorie des génisses laitières. Le recalcul n'a pas eu d'incidence sur les tendances des émissions. Les populations de génisses laitières étaient plus nombreuses en 1990 qu'elles ne le sont maintenant, mais la hausse des émissions dues à l'excrétion d'azote par les animaux des catégories mineures a toutefois compensé pour l'augmentation moindre des émissions en 2010, liée à la correction qui a été apportée.

### 6.3.2.6. Améliorations prévues

Au Canada, il existe peu de données sur les mesures directes des émissions de N<sub>2</sub>O dues à la gestion des fumiers. Grâce aux récents progrès des techniques analytiques, on peut mesurer directement les émissions de N<sub>2</sub>O de sources ponctuelles. Toutefois, il faudra sans doute plusieurs années avant que les émissions de N<sub>2</sub>O 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. 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 appliquée à moyen terme.

**Tableau 6–5 Recalculs des estimations des émissions des systèmes de gestion des fumiers et leur impact sur la tendance des émissions**

Année	Année des rapports	Émissions de la catégorie (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	Variation des émissions (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )	Émissions de la catégorie (%)	Variation des émissions totales (%)	Tendance des émissions de la catégorie <sup>1</sup>
1990	2012	3.1	40	1.2%	0.08%	21%
	2013	3.2				(2012)
2010	2012	3.8	50	1.2%	0.08%	21%
	2013	3.8				(2013)

Notes :

1. Les nombres entre parenthèses indiquent l'année du rapport pour lequel le changement de la tendance est calculé.

## 6.4. Émissions de N<sub>2</sub>O des sols agricoles (catégorie 4.D du CUPR)

Les émissions de N<sub>2</sub>O 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<sub>2</sub>O 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<sub>3</sub> et NO<sub>x</sub> 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<sub>2</sub>O en modifiant la minéralisation subséquente d'azote organique, la nitrification et la dénitrification.

### 6.4.1. Émissions directes de N<sub>2</sub>O des sols (catégorie 4.D.1 du CUPR)

Les sources directes de N<sub>2</sub>O 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<sub>2</sub>O. 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<sub>2</sub>O 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<sub>2</sub>O 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

Les incertitudes associées à l'estimation des émissions de N<sub>2</sub>O imputables à l'utilisation d'engrais azotés synthétiques proviennent de l'incertitude liée à l'estimation de l'épandage d'engrais azotés ( $\pm 20\%$ ), de CE<sub>BASE</sub> ( $\pm 25\%$ ), un coefficient d'émission de N<sub>2</sub>O basé sur l'ecodistrict, et de CE<sub>TEXTURE</sub>, un coefficient d'ajustement de CE<sub>BASE</sub> pour la texture du sol ( $\pm 30\%$ ). Ces termes et calculs des émissions sont expliqués à l'annexe 3.3. Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions ont été estimés respectivement à  $\pm 21\%$  et  $\pm 19\%$  (Hutchinson *et al.*, 2007).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990-2011).

#### 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 (voir l'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

tion 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 N<sub>2</sub>O 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 présent rapport, les estimations des émissions de cette source ont fait l'objet de nouveaux calculs, en raison d'une correction apportée aux taux d'excrétion d'azote de génisses laitières, d'une modification de la répartition des engrais dans les provinces Maritimes et des changements aux populations des catégories mineures d'animaux pour les années 2007 à 2010. Ces changements ont entraîné une modification de la répartition des engrais azotés synthétiques entre les écodistricts, ce qui a donné lieu à de nouveaux calculs et à des différences de l'ordre de 0,1~0,15 kt d'éq. CO<sub>2</sub> pour l'ensemble de la série chronologique.

#### 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 N<sub>2</sub>O des sources d'azote organique et inorganique.

### 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 N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O 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 (voir section 6.4.2).

#### 6.4.1.2.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les incertitudes dues aux estimations des émissions de N<sub>2</sub>O imputables au fumier animal épandu comme engrais découlent des incertitudes entourant les estimations de l'azote du fumier, qui dépendent des types d'animal ( $\pm 1$  % à environ  $\pm 15$  %), du taux moyen d'excrétion d'azote du fumier animal ( $\pm 20$  %), des déperditions d'azote du fumier ( $\pm 20$  %), du CE<sub>TEXTURE</sub> ( $\pm 30$  %) et du CE<sub>BASE</sub> (+25 %). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2011 ont été estimés respectivement à  $\pm 32$  % et  $\pm 28$  % (Hutchinson *et al.*, 2007).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990-2011).

#### 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 (voir l'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

Cette source a fait l'objet de nouveaux calculs en raison de la correction du taux d'excrétion d'azote de génisses laitières et des améliorations apportées à la base de données des émissions de  $N_2O$ , comme indiqué à la section 6.3.2.5, ainsi que de l'utilisation de données du *Recensement de l'agriculture* de 2011 (Statistique Canada, 2012) sur les populations des catégories mineures d'animaux. Les émissions de cette catégorie ont augmenté de 1,7 % en 1990 et de 1,5 % en 2010, mais ont eu une incidence de moins de 0,1 % sur les émissions totales du secteur de l'agriculture (voir le Tableau 6–6). À elles seules, les augmentations des émissions imputables à l'excrétion d'azote des catégories mineures d'animaux ont contribué pour 7 kt d'éq.  $CO_2$  en 2010 à la hausse totale de 29 kt d'éq.  $CO_2$  des émissions. Le nouveau calcul a eu peu d'incidence sur la tendance des émissions de cette source. Tel qu'indiqué à la section 6.3.2.5, les diminutions de la proportion des émissions liées à l'excrétion d'azote dans la catégorie des génisses laitières en 2010 ont été compensées par la hausse de l'excrétion d'azote dans la catégorie de la volaille et des chèvres.

### 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.

### 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 ( $N_2$ ) par l'association légumineuses-rhizobium n'est pas considérée comme une source d'émissions de  $N_2O$  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  $N_2O$  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  $N_2O$  imputables à la décomposition des résidus de récolte (voir la 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  $N_2O$ .

#### 6.4.1.4.2. Questions de méthodologie

Pour estimer les émissions de  $N_2O$ , 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, au moyen des régimes d'humidité et des conditions topographiques.

**Tableau 6–6 Recalculs des estimations des émissions provenant de l'application du fumier sur des terres agricoles et l'impact sur la tendance des émissions**

Année	Année des rapports	Émissions de la catégorie (Mt d'éq. $CO_2$ )	Variation des émissions (kt d'éq. $CO_2$ )	Émissions de la catégorie (%)	Variation des émissions totales (%)	Tendance des émissions de la catégorie <sup>1</sup>
1990	2012	1,75	30	1,7%	0,06%	6,9%
	2013	1,78				(2012)
2010	2012	1,87	29	1,5%	0,05%	6,7%
	2013	1,90				(2013)

Notes :

1. Les nombres entre parenthèses indiquent l'année du rapport pour lequel le changement de la tendance est calculé.

#### 6.4.1.4.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les incertitudes dues aux estimations des émissions de N<sub>2</sub>O imputables à la décomposition des résidus de récolte découlent des incertitudes dues aux estimations de la quantité d'azote que restituent au sol les résidus de récolte, selon les données sur les productions végétales ( $\pm 15\%$ ), la concentration d'azote dans les résidus de récolte au-dessus et au-dessous du sol ( $\pm 15\%$ ), le  $CE_{\text{TEXTURE}}$  ( $\pm 30\%$ ) et le  $CE_{\text{BASE}}$  ( $\pm 25\%$ ). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2011 ont été estimés respectivement à  $\pm 23\%$  et  $\pm 20\%$  (Hutchinson *et al.*, 2007).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2011).

#### 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 (voir l'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 cadre du présent rapport, aucun recalcul n'a été effectué pour cette catégorie.

#### 6.4.1.4.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration des estimations des émissions de cette source n'est actuellement prévue.

### 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 nitrifica-

tion, et ainsi augmenter la production de N<sub>2</sub>O (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 N<sub>2</sub>O imputables aux sols organiques travaillés. Pour calculer les émissions de N<sub>2</sub>O, 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

Les incertitudes dues aux estimations des émissions de N<sub>2</sub>O résultant du travail des histosols découlent des incertitudes entourant les estimations de la superficie des histosols travaillés ( $\pm 50\%$ ) et les coefficients d'émission ( $\pm 50\%$ ). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2011 ont été estimés respectivement à  $\pm 67\%$  et  $\pm 65\%$  (Hutchinson *et al.*, 2007).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2011).

#### 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 (voir l'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.

#### 6.4.1.6. Changements dans les émissions de N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O, 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 N<sub>2</sub>O 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 (voir le Tableau 6–1).

Les variations des émissions de N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O dans le cas du travail réduit du sol ou

la culture sans labour (CSL) et les flux moyens de N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O ( $F_{TRAVAIL}$ ) (voir l'annexe A3.3).

##### 6.4.1.6.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les incertitudes dues aux changements des estimations des émissions de N<sub>2</sub>O résultant de l'adoption de la culture sans labour et du travail réduit du sol dans les Prairies canadiennes découlent des incertitudes dues aux estimations de la superficie faisant l'objet d'une culture sans labour et d'un travail réduit du sol dans le *Recensement de l'agriculture* ( $\pm 15\%$ ), au  $F_{TRAVAIL}$  ( $\pm 20\%$ ) et au  $CE_{BASE}$  ( $\pm 25\%$ ). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2011 n'ont pas été évalués.

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990-2011).

##### 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 (voir l'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

Aucun changement n'a été apporté aux pratiques de conservation du sol, mais cette catégorie a fait l'objet de nouveaux calculs mineurs en raison d'une modification des données sur l'azote des fumiers (voir la section 6.3.2.5). Ces nouveaux calculs ont quelque peu fait augmenter les émissions évitées, de 0,49 kt d'éq. CO<sub>2</sub> en 1990 et de 0,23 kt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2010. L'augmentation des populations de volaille et de chèvres indiqué dans le recensement de 2011 a contribué pour environ 1 kt d'éq. CO<sub>2</sub> à l'augmentation totale des émissions évitées en 2010.

##### 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.

#### 6.4.1.7. Émissions de N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O. 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 N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O, parce qu'il n'y a ni culture ni application d'engrais, pourrait mener à une sous-estimation du total des émissions de N<sub>2</sub>O. 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

Les incertitudes dues aux estimations des émissions de N<sub>2</sub>O résultant des jachères proviennent des incertitudes associées aux estimations de la superficie en jachère dans le *Recensement de l'agriculture* (superficie des terres cultivées : jusqu'à ±10 %; fraction des terres cultivées qui sont en jachère (Frac<sub>JACHÈRE</sub>) : jusqu'à ±10 % et CE<sub>BASE</sub> : ±25 %). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2011 ont été estimés respectivement à ±24 % et ±21 % (Hutchinson *et al.*, 2007).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2011).

##### 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 (voir l'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

Aucun changement n'a été apporté pour la jachère, mais cette catégorie a fait l'objet de nouveaux calculs en raison d'une mise à jour des données sur l'apport d'azote du fumier ainsi que de changements de la répartition des engrais azotés synthétiques entre les écodistricts et dans les provinces Maritimes (voir la section 6.3.2.5). Ces nouveaux calculs ont entraîné un changement des estimations des émissions de l'ordre de -0,2 ~ 0,3 kt d'éq. CO<sub>2</sub> par année pour l'ensemble de la série chronologique.

##### 6.4.1.7.6. Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions imputables à cette source.

#### 6.4.1.8. Émissions de N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O 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  $N_2O$ . La plus forte teneur en eau des sols irrigués fait augmenter le potentiel d'émissions de  $N_2O$  en accroissant l'activité biologique 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  $N_2O$  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  $N_2O$  des sols agricoles à l'aide d'un  $CE_{BASE}$  estimé à un rapport  $P/EP = 1$  (précipitations/évapotranspiration potentielle,  $CE_{BASE} = 0,017 N_2O-N \text{ kg}^{-1} N$ ) pour les zones irriguées d'un écodistrict donné. À des fins de transparence, l'effet de l'irrigation sur les émissions de  $N_2O$  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

Les degrés d'incertitude dus aux estimations des émissions de  $N_2O$  attribuables à l'irrigation résultent des incertitudes associées aux apports d'azote des engrais synthétiques ( $\pm 20 \%$ ) et des fumiers animaux ( $\pm 20 \%$ ), à l'azote des résidus de récolte ( $\pm 15 \%$ ), aux estimations de la superficie des terres irriguées selon le *Recensement de l'agriculture* (jusqu'à  $10 \%$ ), ainsi qu'au  $CE_{BASE}$  ( $\pm 25 \%$ ). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances associés aux estimations de cette source d'émissions n'ont pas encore été évalués.

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990-2011).

#### 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 (voir l'annexe 6), d'une manière conforme aux recommandations du GIEC. Les données sur les activités, les méthodolo-

gies et les modifications des méthodologies sont illustrées et archivées sur supports papier et électronique.

#### 6.4.1.8.5. Recalculs

Cette catégorie a fait l'objet de nouveaux calculs en raison de changements des apports d'azote du fumier de bovins laitiers et de la répartition des engrais azotés synthétiques entre les écodistricts et dans les provinces Maritimes (voir la section 6.3.2.5). Ces recalculs ont entraîné une modification de l'estimation des émissions de l'ordre de  $-0,1 \sim 0,2 \text{ kt d'éq. CO}_2$  par année pour l'ensemble de la série chronologique.

#### 6.4.1.8.6. Améliorations prévues

Les degrés d'incertitude du niveau et des tendances associés à cette source de données d'estimation seront évalués dans les rapports ultérieurs.

### 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  $N_2O$ .

#### 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  $N_2O$ .

Les données sur les cheptels sont les mêmes que celles qui ont été utilisées pour estimer les émissions imputables à la fermentation entérique (voir la 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  $N_2O$  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  $N_2O$  -N/kg N pour les bovins et les porcs et de 0,01 kg  $N_2O$  -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

Les incertitudes dues aux estimations des émissions de  $N_2O$  imputables au fumier produit sur les pâturages, dans les grands parcours et dans les enclos proviennent de l'incertitude quant au nombre d'animaux en pacage (de  $\pm 1\%$  à  $\pm 15\%$ ), au taux d'excrétion de l'azote du fumier ( $\pm 20\%$ ), à la proportion d'azote dans le fumier produit sur les pâturages, dans les grands parcours et dans les enclos ( $\pm 20\%$ ) et aux coefficients d'émission ( $-25\% \sim +150\%$ ). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2011 ont été estimés respectivement à  $\pm 19\%$  et  $\pm 21\%$  (Hutchinson *et al.*, 2007).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990-2011).

### 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  $N_2O$  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

Cette source a fait l'objet de nouveaux calculs en raison de la correction du taux d'excrétion d'azote de génisses laitières, des améliorations apportées aux calculs de la nouvelle base de données sur les émissions de  $N_2O$  et de l'intégration de nouvelles données sur les populations d'animaux d'après le plus récent recensement, tel qu'indiqué à la section 6.3.2.5. En 1990, les émissions de cette catégorie ont augmenté de 0,9 %, mais ont eu une incidence de moins de 0,1 % sur les émissions totales du secteur de l'agriculture (voir le Tableau 6–7). Une baisse des émissions attribuables aux bisons et aux chevaux, à cause d'une réduction de leur population entre 2006 et 2011, a entièrement compensé l'augmentation des émissions attribuables à l'excrétion d'azote dans la catégorie des génisses laitières; il n'y a donc eu pratiquement aucun changement des émissions en 2010. La hausse recalculée des émissions en 1990 et les émissions constantes en 2010 ont fait diminuer de 1 % la tendance des émissions de cette source.

### 6.4.2.6. Améliorations prévues

Les émissions de  $N_2O$  imputables au fumier déposé sur les pâturages, dans les grands parcours 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

**Tableau 6–7 Recalculs des estimations des émissions provenant de l'application des fumiers des pâturages, grands parcours et enclos et l'impact sur la tendance des émissions**

Année	Année des rapports	Émissions de la catégorie (Mt d'éq. $CO_2$ )	Variation des émissions (kt d'éq. $CO_2$ )	Émissions de la catégorie (%)	Variation des émissions totales (%)	Tendance des émissions de la catégorie <sup>1</sup>
1990	2012	2,19	19	0,9%	0,04%	32%
	2013	2,21				(2012)
2010	2012	2,89	0	0,0%	0,00%	31%
	2013	2,89				(2013)

Notes :

1. Les nombres entre parenthèses indiquent l'année du rapport pour lequel le changement de la tendance est calculé.

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 redépôt 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 (voir l'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

Les incertitudes dues aux estimations des émissions de  $N_2O$  imputables à la volatilisation de  $NH_3$  et de  $NO_x$  à cause de l'application d'engrais synthétiques et d'azote de fumier proviennent de l'incertitude quant à la consommation de l'azote des engrais synthétiques ( $\pm 20$  %), à l'étendue de la volatilisation de  $NH_3$  et de  $NO_x$  dans les engrais synthétiques azotés ( $\pm 20$  %), aux populations et catégories animales (de  $\pm 1$  % à  $\pm 15$  %), au taux d'excrétion d'azote du fumier ( $\pm 20$  %), à l'étendue de la volatilisation de  $NH_3$  et de  $NO_x$  dans le fumier ( $\pm 20$  %) et aux coefficients d'émission (de -50 % à +300 %). Les émissions indirectes de  $N_2O$  font partie des catégories de source qui présentent le degré d'incertitude le plus élevé de l'inventaire, et pour lesquelles peu d'améliorations sont prévues à court terme. Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2011 ont été estimés respectivement à  $\pm 40$  % et  $\pm 34$  % (Hutchinson *et al.*, 2007).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990-2011).



#### 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 (voir l'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

Cette source a fait l'objet de nouveaux calculs en raison de la correction du taux d'excrétion d'azote de génisses laitières (tel qu'indiqué à la section 6.3.2.5), des modifications à la base de données des émissions de N<sub>2</sub>O et de l'utilisation des données du *Recensement de l'agriculture* de 2011 (Statistique Canada, 2012) sur les populations des catégories mineures d'animaux. Les émissions de cette catégorie ont augmenté de 0,9 % en 1990 et de 0,6 % en 2010, mais ont eu une incidence de moins de 0,1 % sur les émissions totales du secteur de l'agriculture (voir le Tableau 6–8). Les augmentations des émissions attribuables à l'excrétion d'azote des animaux des catégories mineures ont contribué pour 4 kt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2010 à l'augmentation totale des émissions qui est de 17 kt d'éq. CO<sub>2</sub>. Comme il est mentionné à la section 6.3.2.5, la diminution de la proportion des émissions attribuables à l'excrétion d'azote dans la catégorie des génisses laitières en 2010 a été presque entièrement compensée par l'augmentation de l'excrétion d'azote de la volaille et des chèvres.

#### 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 N<sub>2</sub>O hors des sites.

#### 6.4.3.2.2. Questions de méthodologie

Il existe peu de données scientifiques publiées déterminant les émissions de N<sub>2</sub>O attribuables au lessivage, à l'érosion et au ruissellement au Canada. Comme dans le cas des émissions de N<sub>2</sub>O attribuables à la volatilisation et au dépôt de NH<sub>3</sub> et de NO<sub>x</sub>, 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 N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O résultant du ruissellement et du lessivage de l'azote au niveau des écodistricts, on utilise la  $Frac_{LESSIVAGE}$  que l'on multiplie par le volume d'azote des engrais synthétiques, d'azote du fumier qui ne s'est pas

**Tableau 6–8 Recalculs des estimations des émissions provenant de la volatilisation du NH<sub>3</sub> et l'impact sur la tendance des émissions**

Année	Année des rapports	Émissions de la catégorie (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	Variation des émissions (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )	Émissions de la catégorie (%)	Variation des émissions totales (%)	Tendance des émissions de la catégorie <sup>1</sup>
1990	2012	1,99	18	0,9%	0,04%	30%
	2013	2,01				(2012)
2010	2012	2,58	17	0,6%	0,03%	29%
	2013	2,60				(2013)

Notes :

1. Les nombres entre parenthèses indiquent l'année du rapport pour lequel le changement de la tendance est calculé.

volatilisé et d'azote des résidus de récolte ainsi que par un coefficient d'émission de 0,025 kg N<sub>2</sub>O-N/kg N (GIEC 2000).

La valeur par défaut de la fraction d'azote perdue par lessivage et ruissellement (Frac<sub>LESSIVAGE</sub>) dans les Lignes directrices de 1996 est de 0,3. La Frac<sub>LESSIVAGE</sub> 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 Frac<sub>LESSIVAGE</sub> 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 Frac<sub>LESSIVAGE</sub> recommandée dans les Lignes directrices de 2006 du GIEC, soit 0,3. On utilise la valeur minimale de Frac<sub>LESSIVAGE</sub> de 0,05 pour les écodistricts avec le déficit hydrique le plus important. Pour les autres écodistricts, on estime la valeur de Frac<sub>LESSIVAGE</sub> 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

Les incertitudes dues aux estimations de N<sub>2</sub>O imputables au lessivage, à l'érosion et au ruissellement d'azote provenant d'engrais azotés synthétiques, de fumier ou de résidus de récolte proviennent des incertitudes associées aux estimations de la consommation de l'azote des engrais synthétiques (±20 %), du taux d'excrétion d'azote du fumier (±20 %), des populations animales (±1 % ~ ±15 %), de l'azote des résidus de récolte (±15 %), de Frac<sub>LESSIVAGE</sub> (±50 %) et du coefficient d'émission par lessivage/ruissellement CE<sub>LESSIVAGE</sub> (-48 % ~ +200 %). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2011 ont été estimés respectivement à ±32 % et ±29 % (Hutchinson *et al.*, 2007).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990-2011).

#### 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 (voir l'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

Cette source a fait l'objet de nouveaux calculs en raison de la correction du taux d'excrétion d'azote de génisses laitières (tel qu'indiqué à la section 6.3.2.5), de l'intégration de nouvelles données de recensement sur les populations d'animaux et d'une correction de la source d'azote utilisée dans le calcul de l'azote lessivé lors de l'épandage d'engrais. Dans la base de données précédente, l'azote lessivé était lié au taux d'azote recommandé, et aucune correction n'avait été apportée pour les ventes d'engrais. La correction apportée au taux d'excrétion de génisses laitières a entraîné une faible augmentation de 0,3 % en 1990 et de 0,2 % en 2010, ce qui représente environ 19 et 16 kt d'éq. CO<sub>2</sub>, respectivement. En comparaison, le changement du taux d'azote recommandé pour les ventes d'engrais a eu une incidence plus importante, diminuant les émissions de 1,4 % (95 kt d'éq. CO<sub>2</sub>) en 1990 et les augmentant de 0,7 % (61 kt d'éq. CO<sub>2</sub>) en 2010. L'intégration des données du *Recensement de l'agriculture* de 2011 (Statistique Canada, 2012) a réduit de 2,6 kt d'éq. CO<sub>2</sub> les émissions dues au lessivage. Par suite de ces changements, la tendance des émissions de cette catégorie est passée de 25 à 28 %.

**Tableau 6-9 Recalculs des estimations des émissions provenant du lessivage et l'érosion et leur impact sur la tendance des émissions**

Année	Année des rapports	Émissions de la catégorie (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	Variation des émissions d'éq. CO <sub>2</sub> (kt)	Émissions de la catégorie (%)	Variation des émissions totales (%)	Tendance des émissions de la catégorie <sup>1</sup>
1990	2012	6,74	-76	-1,1%	-0,16%	25%
	2013	6,67				(2012)
2010	2012	8,44	74	0,9%	0,13%	28%
	2013	8,52				(2013)

Notes :

1. Les nombres entre parenthèses indiquent l'année du rapport pour lequel le changement de la tendance est calculé.

#### 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 CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O provenant du brûlage des résidus agricoles dans les champs (catégorie 4.F du CUPR)

#### 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 CH<sub>4</sub>, de CO, de NO<sub>x</sub> et de N<sub>2</sub>O (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

#### 6.5.2. Questions de méthodologie

Il n'existe aucune donnée publiée sur les émissions de N<sub>2</sub>O et de CH<sub>4</sub> 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)<sup>2</sup> 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 CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O 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 apparaît que les quantités de résidus de récolte brûlés dans les champs ainsi que les coefficients d'émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O issues du brûlage des résidus sont incertains. On a estimé à  $\pm 50\%$  (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  $\pm 40\%$  pour le CH<sub>4</sub> et  $\pm 48\%$  pour le N<sub>2</sub>O (GIEC, 2006). On a estimé à  $\pm 29\%$  l'incertitude du niveau et à  $\pm 23\%$  celle des tendances des estimations des émissions de CH<sub>4</sub> de 1990 à 2011. Les incertitudes du niveau et des tendances des estimations des émissions de N<sub>2</sub>O ont été estimées à  $\pm 29\%$  et  $\pm 23\%$ , respectivement.

#### 6.5.4. AQ/CQ et vérification

Les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O 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 (voir l'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, les estimations des émissions ont fait l'objet de nouveaux calculs à cause de la correction apportée aux procédures d'arrondissement et aux erreurs de saisie des données sur les superficies des cultures. Ces corrections ont eu pour effet de modifier le total de la biomasse brûlée et donné lieu à de nouveaux calculs et

2 [http://www.statcan.gc.ca/cgi-bin/imdb/p2SV\\_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5044&lang=en&db=imdb&adm=8&dis=2](http://www.statcan.gc.ca/cgi-bin/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5044&lang=en&db=imdb&adm=8&dis=2)

à des différences de l'ordre de 0,06 à ~ 0,84 kt d'éq. CO<sub>2</sub> pour l'ensemble de la série chronologique. Une erreur de saisie des données pour l'année 2001 a été corrigée, ce qui a entraîné une hausse de 5,5 kt d'éq. CO<sub>2</sub> pour l'année en question.

### 6.5.6. Améliorations prévues

Aucune amélioration des estimations des émissions de cette source n'est actuellement prévue.

# 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 CO<sub>2</sub>, les émissions supplémentaires de CH<sub>4</sub>, de N<sub>2</sub>O, et de CO imputables aux feux de friches et au brûlage dirigé, de même que le N<sub>2</sub>O 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 2011, les flux nets estimatifs de GES dans le secteur ATCATF, qui représentent la somme des émissions et des absorptions de CO<sub>2</sub><sup>1</sup> et des émissions de gaz autres que le CO<sub>2</sub>, correspondaient à des émissions de 87 Mt. Si l'on incluait ces chiffres dans les totaux nationaux, cela aurait pour effet de faire augmenter de 12 % 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

<sup>1</sup> À moins d'être indiquées autrement, toutes les émissions et absorptions sont en équivalents CO<sub>2</sub>.

Tableau 7-1 Estimations des flux nets de GES du secteur ATCATF, certaines années

Catégories sectorielles	Flux net de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> ) <sup>4</sup>							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie – TOTAL <sup>1</sup>	-62 000	-52 000	63 000	52 000	-11 000	-10 000	103 000	87 000
a. Terres forestières	-88 000	-64 000	54 000	45 000	-18 000	-15 000	99 000	83 000
Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	-87 000	-63 000	55 000	46 000	-17 000	-14 000	99 000	84 000
Terres converties en terres forestières	-1 000	-1 000	-900	-900	-800	-800	-700	-700
b. Terres cultivées	12 000	40	-4 100	-5 700	-6 500	-6 900	-7 600	-8 000
Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	-2 000	-7 000	-10 000	-11 000	-12 000	-12 000	-13 000	-13 000
Terres converties en terres cultivées	13 000	7 000	6 000	5 700	5 300	5 500	5 300	5 300
c. Prairies	NE, I	NE, I	NE, I	NE, I	NE, I	NE, I	NE, I	NE, I
Prairies dont la vocation n'a pas changé	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Terres converties en prairies	I	I	I	I	I	I	I	I
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	800	1 000	700	800	800	700	700
e. Zones de peuplement	9 000	8 000	9 000	10 000	10 000	9 000	9 000	9 000
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) <sup>2</sup>	26 000	20 000	20 000	20 000	20 000	19 000	19 000	19 000
Conversion de prairies (poste pour mémoire) <sup>2,3</sup>	300	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 CO<sub>2</sub> de l'atmosphère.

NE = Non estimé I = Inexistant



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 11 des 22 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. 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 -110 Mt (1992) et 180 Mt (1995) (voir la figure 2-13). 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.

Sur toute la période, la catégorie des terres cultivées montre une tendance soutenue à la décroissance des émissions et a enregistré depuis 2001 des absorptions allant jusqu'à 8,0 Mt en 2011. La baisse de 61 % des émissions dans les terres converties en terres cultivées et la hausse des absorptions dans les terres cultivées dont la vocation n'a pas changé contribuent de façon égale à la réduction de 20 Mt des émissions nettes pour la période 1990-2011.

Au cours de la période de 1990 à 2011, les flux nets pour la catégorie des terres humides (tourbières gérées et terres inondées) varient entre 2,7 Mt et 5,5 Mt. Les émissions provenant de terres converties en terres humides baissent de 4 Mt à 0,7 Mt pendant la période. Les émissions prov-

enant des terres inondées représentent 56 % de toutes les émissions de la catégorie des terres humides comparative-ment à 83 % 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)<sup>2</sup> 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. Outre le resserrement de la collaboration, les améliorations prévues au cadre sont 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.

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). Une section spéciale (section 7.8) est consacrée aux estimations

<sup>2</sup> Décrit pour la première fois dans le RIN de 2004 et mis en œuvre pour la déclaration de 2006.

**Tableau 7-2 Résumé des modifications apportées dans le secteur ATCATF**

Liste des changements	Mise en œuvre
<b>Terres forestières</b>	
Révisions aux données officielles sur les activités de récolte	Série chronologique complète
Mises à jour des superficies des feux de friches	2009 et 2010
Corrections d'erreurs	Série chronologique complète
<b>Conversion des forêts</b>	
Révisions aux conversions des forêts	Série chronologique complète
Nouvelles activités de cartographie	Série chronologique complète
<b>Terres cultivées</b>	
Mise à jour du système de traitement	Série chronologique complète
<b>Terres humides</b>	
Mise à jour des statistiques sur l'extraction de tourbe	Série chronologique complète
Nouvelles données sur les activités des réservoirs	2006-2010

intercatégories de la conversion des terres forestières à d'autres affectations.

Ce rapport ne comprend aucun changement apporté en réponse aux recommandations de l'équipe d'examen composé d'experts qui a passé en revue la déclaration de l'année 2012 du Canada, car le rapport de l'examen n'était pas encore disponible lors de la préparation de cette déclaration. Les changements apportés dans la déclaration de cette année sont des mises à jour de l'activité forestière (statistiques sur la récolte et superficies touchées par les feux de friches), corrections d'erreurs dans le système de modélisation des forêts, nouvelles données cartographiques et révisions des conversions de forêts, mises à jour du système de traitement des terres cultivées, nouvelles données sur les activités dans les terres inondées et mises à jour des statistiques sur la récolte de tourbe (Tableau 7–2).

## 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 s'entendent des pâturages ou des grands pâturages libres « non bonifiés » 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 bonifiés 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

**Tableau 7-3 Matrice sur l'affectation des terres et les changements d'affectation des terres pour l'année d'inventaire 2011 (superficie en kha)<sup>1</sup>**

Affectation initiale des terres	Affectation finale des terres					
	Forêt	Terres cultivées	Prairies	Terres humides	Zones de peuplement	Autres
Forêt	229 266	430	I	74	503	I
Terres cultivées	80	47 081	I	NE	NE	I
Prairies	I	3	NE	NE	1	I
Terres humides	I	NE	I	413 <sup>2</sup>	NE	NE
Zones de peuplement	I	NE	I	I	NE	I
Autres	I	I	I	54	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 terres humides pour lesquelles les émissions sont déclarées dans le CUPR.

NE = Non estimé

I = Inexistant

n'entrent dans aucune des cinq autres catégories. À l'heure actuelle, seules les émissions découlant de la conversion d'autres terres en réservoirs 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 – 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 7-3 illustre les superficies d'affectation des terres (cellules diagonales) et les superficies cumulatives de changement d'affectation des terres (cellules non diagonales) en 2011. 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 conversion 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.

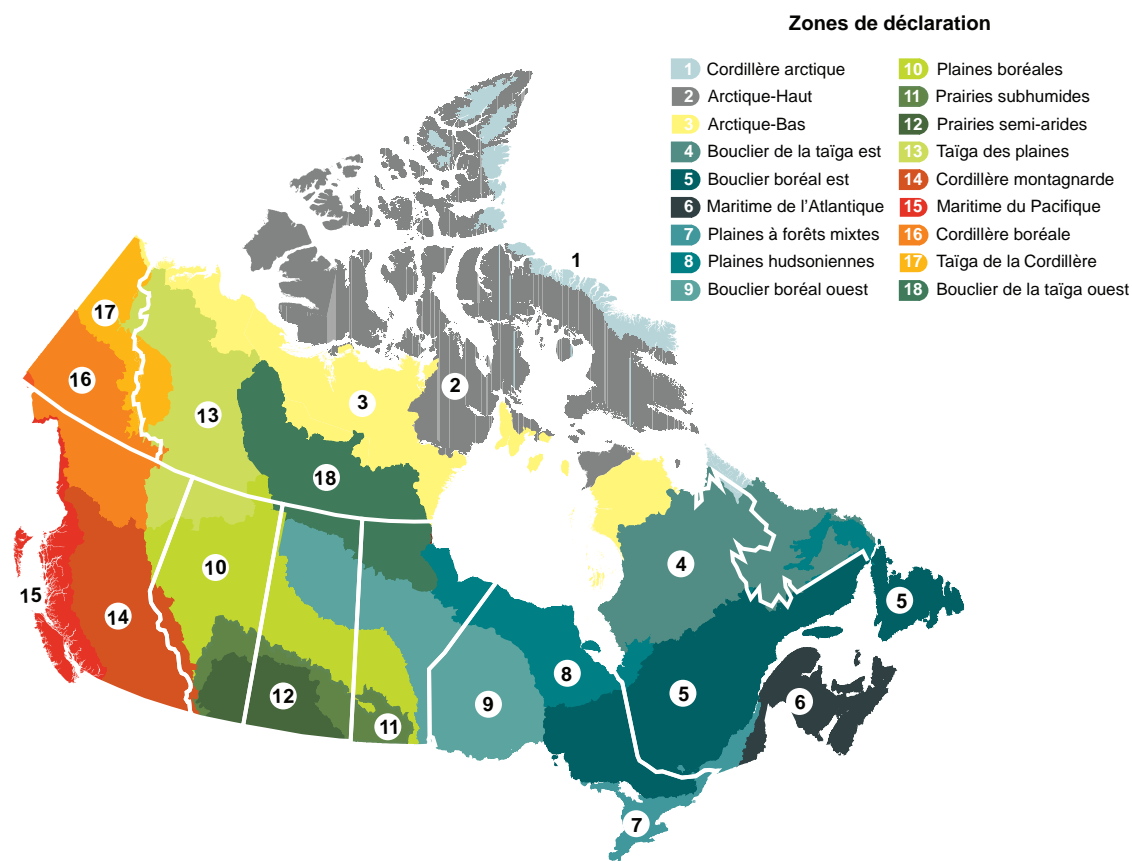
Le système de surveillance des terres SSCPR comprend la conversion des forêts non aménagées et des prairies en

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

Figure 7–1 Zones de déclarations aux fins des estimations du secteur ATCATF



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.

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 229 Mha, soit 66 % 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 7–4).

En 2011, le bilan net des GES des terres forestières aménagées correspondait à des émissions de 83 Mt (Tableau 7–1 et Tableau 7–5 du CUPR). Cette estimation comprend les émissions et absorptions nettes de CO<sub>2</sub>, de même que les émissions de N<sub>2</sub>O, de CO et de CH<sub>4</sub> 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 (229 Mha, émissions nettes de 84 Mt) et terres

Tableau 7-4 Bilan des GES des forêts aménagées par zone de déclaration, 2011<sup>1</sup>

Numéro de la zone de déclaration	Nom de la zone de déclaration	Terres forestières aménagées (kha)	Bilan net des GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )
1	Cordillère arctique	–	SO
2	Haut-Arctique	–	SO
3	Bas-Arctique	–	SO
4	Taïga du Bouclier est	1 100	2
5	Bouclier boréal est	55 600	- 39
6	Maritime de l'Atlantique	15 400	- 5
7	Plaines à forêts mixtes	2 700	- 8
8	Plaines hudsoniennes	302	- 1
9	Bouclier boréal ouest	28 800	28
10	Plaines boréales	36 000	76
11	Prairies subhumides	1 820	- 2
12	Prairies semi-arides	18	- 0,01
13	Taïga des plaines	20 000	- 27
14	Cordillère montagnarde	35 400	69
15	Maritime du Pacifique	13 200	10
16	Cordillère boréale	16 600	- 23
17	Taïga de la Cordillère	412	- 0,22
18	Taïga du Bouclier ouest	1 830	4

Notes :

1. Les signes négatifs indiquent une absorption de CO<sub>2</sub> atmosphérique.

SO = Sans objet.

converties en forêts (0,08 Mha, absorptions nettes de 0,7 Mt) en 2011.

Le bilan des GES des forêts aménagées n'est pas homogène dans l'espace. En 2011, les forêts aménagées des Plainnes boréales, du Bouclier boréal ouest et de la Cordillère montagnarde constituaient trois grandes sources nettes de GES, alors que celles de la taïga des plaines, du Bouclier boréal est et de la Cordillère boréale constituaient des puits nets (Tableau 7-4). 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.

### 7.3.1. Terres forestières dont la vocation n'a pas changé

#### 7.3.1.1. Questions de méthodologie

La végétation absorbe le CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> est restitué à l'atmosphère par la respiration des végétaux et la décomposition de la matière organique

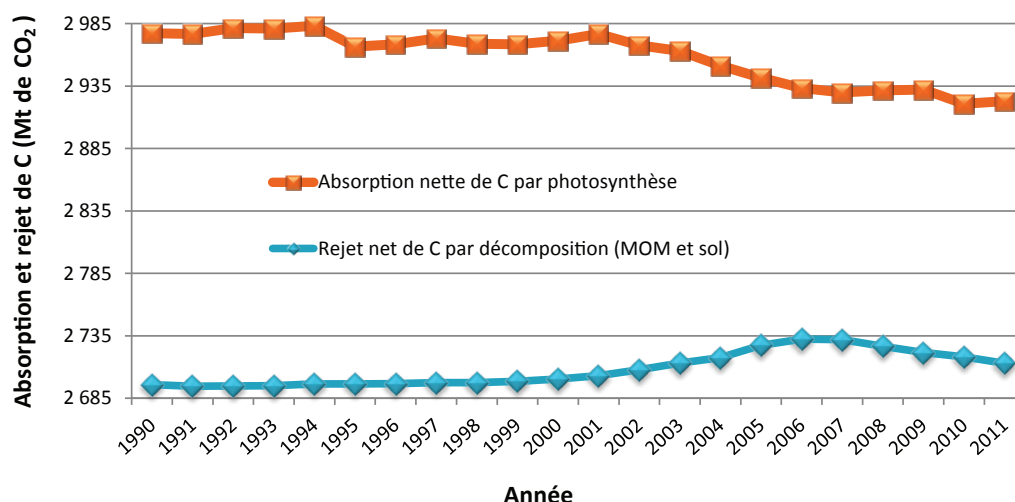
dans la biomasse morte et les sols. Les échanges naturels de CO<sub>2</sub> entre l'atmosphère et le biote sont des flux importants qui recyclent environ le septième de la teneur totale de l'atmosphère en CO<sub>2</sub> chaque année. Dans la réalité, ces flux importants résultent de l'accumulation de 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



Figure 7-2 Grands flux annuels de carbone entre l'atmosphère et les forêts aménagées, 1990–2011 : Absorption nette (ou production primaire nette) de carbone et rejet par la décomposition (respiration hétérotrophe)



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 rendent 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 forestier, les variations de ces stocks et les émissions et absorptions de gaz autres que le CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub> 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 –2 900 Mt et 2 700 Mt en 2011 – Figure 7-2). La tendance à la hausse de la décomposition de matière organique morte (MOM) au cours des années 2000-2006 reflète

**Tableau 7-5 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<sub>2</sub>)<sup>1</sup>**

Année d'inventaire	Flux nets de GES excluant le C absorbé en dehors du site	Méthode de l'oxydation instantanée <sup>2</sup>		Méthode de production <sup>3</sup>	
		Émissions des PLR	Total des flux nets de GES <sup>4</sup>	Émissions des PLR	Total des flux nets de GES <sup>5</sup>
1990	-238.6	152.0	-86.6	58.1	-180.5
1991	-210.2	150.3	-59.9	69.9	-140.3
1992	-265.3	159.0	-106.2	87.0	-178.3
1993	-196.3	164.7	-31.6	96.2	-100.1
1994	-205.5	171.9	-33.6	105.1	-100.4
1995	1.8	177.0	178.9	113.8	115.6
1996	-208.3	172.1	-36.2	110.8	-97.5
1997	-252.5	177.5	-75.0	113.8	-138.7
1998	-59.1	166.7	107.7	105.6	46.5
1999	-181.0	186.5	5.5	114.1	-66.9
2000	-252.4	189.6	-62.9	122.6	-129.8
2001	-233.7	174.6	-59.1	107.1	-126.7
2002	-92.3	184.1	91.8	113.8	21.5
2003	-129.2	170.3	41.1	101.6	-27.6
2004	-95.9	195.1	99.2	123.4	27.4
2005	-135.2	190.5	55.2	121.1	-14.1
2006	-106.5	172.3	65.8	109.2	2.8
2007	-108.5	154.0	45.6	101.9	-6.6
2008	-147.1	130.3	-16.8	100.6	-46.5
2009	-123.4	109.0	-14.4	99.1	-24.3
2010	-33.7	133.0	99.3	101.7	68.0
2011	-46.3	130.2	83.9	100.2	54.0

## 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.

l'effet croissant et 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 57 Mha<sup>3</sup> de forêts aménagées, dont 72 % dans la zone de déclaration de la Cordillère montagnarde en raison de l'infestation du dendroctone du pin ponderosa. La diminution graduelle du niveau d'infestation du dendroctone du pin ponderosa explique la tendance à la baisse des émissions après 2006. 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 1990-2011,

les émissions annuelles dues aux incendies de forêt ont fluctué entre 11 et 264 Mt. Pendant les incendies, la combustion de matière organique morte a représenté 76 % des émissions immédiates; une bonne partie de la biomasse est tuée par le feu et transférée au bassin de matière organique morte, 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 CO<sub>2</sub>, des émissions immédiates dues aux incendies sont du CO, 7 % du CH<sub>4</sub> et 4 % du N<sub>2</sub>O.

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 CO<sub>2</sub>, de CH<sub>4</sub> et de CO attribuables à la combustion de la

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 57 Mha.

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 2011, le transfert de carbone des forêts aux produits ligneux récoltés (PLR) en raison des activités de gestion forestière a représenté des émissions de 130 Mt, soit une baisse de 14 % comparativement à 1990 et de 33 % 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 7–5. 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 18 % 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 58 Mt de CO<sub>2</sub> en 1990 à environ 100 Mt de CO<sub>2</sub> en 2011).

### 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 (Metsaranta *et al.*, 2013). 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 passe, mais plutôt au moyen des « passes de projets » distinctes dont les données de sortie sont par la suite réunies. Pour chaque « projet », 100 passes du modèle de Monte-Carlo sont exécutées à partir des données d'entrée de base du rapport de 2013 (couvrant la totalité de la série chronologique de 1990–2011). Les intervalles de confiance sont calculés pour chaque année d'inventaire en échantillonnant au hasard 10 000 combinaisons de toutes les passes 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<sup>e</sup> et 97,5<sup>e</sup> percentiles des résultats des passes du modèle Monte-Carlo (voir le Tableau 7–6 pour les flux de CO<sub>2</sub>, le Tableau 7–7 et le Tableau 7–8 de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O, respectivement).

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 CO<sub>2</sub> correspondait en moyenne à 74 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 CO<sub>2</sub> 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 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 CO<sub>2</sub> 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 du modèle elle-même. Étant donné la nature

**Tableau 7–6** Estimations des flux nets annuels de CO<sub>2</sub> des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990–2011, délimitées par les 2,5<sup>e</sup> et 97,5<sup>e</sup> percentiles

Année d'inventaire	Flux net de CO <sub>2</sub> (Gg)	2,5 <sup>e</sup> percentile (Kt)	97,5 <sup>e</sup> percentile (Kt)
1990	-91 000	-230 000	-92 000
1991	-68 000	-215 000	-63 000
1992	-109 000	-256 000	-108 000
1993	-42 000	-189 000	-36 000
1994	-43 000	-184 000	-35 000
1995	149 000	23 000	183 000
1996	-43 000	-193 000	-34 000
1997	-78 000	-230 000	-74 000
1998	84 000	-42 000	261 000
1999	-4 000	-133 000	7 000
2000	-65 000	-214 000	-59 000
2001	-64 000	-195 000	-48 000
2002	73 000	-53 000	168 000
2003	28 000	-72 000	49 000
2004	84 000	-27 000	96 000
2005	46 000	-93 000	48 000
2006	55 000	-48 000	56 000
2007	36 000	-83 000	47 000
2008	-23 000	-154 000	-15 000
2009	-24 000	-111 000	-14 000
2010	80 000	-2 000	86 000
2011	66 000	-48 000	93 000

**Tableau 7–7** Estimations des émissions annuelles de CH<sub>4</sub> des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990–2011, délimitées par les 2,5<sup>e</sup> et 97,5<sup>e</sup> percentiles

Année d'inventaire	Flux net de CH <sub>4</sub> (Gg d'éq. CO <sub>2</sub> )	2,5 <sup>e</sup> percentile (Kt)	97,5 <sup>e</sup> percentile (Kt)
1990	3 000	2 600	4 000
1991	5 000	3 900	6 300
1992	1 500	1 300	1 900
1993	6 200	5 000	7 500
1994	5 600	4 900	7 300
1995	19 000	17 000	24 000
1996	4 400	3 700	5 400
1997	1 600	1 300	2 100
1998	15 000	13 000	21 000
1999	6 000	5 700	8 200
2000	1 300	1 000	1 800
2001	2 700	2 400	4 500
2002	11 000	9 700	16 000
2003	8 300	7 700	12 000
2004	9 500	8 300	13 000
2005	5 400	4 500	7 100
2006	6 500	6 000	10 000
2007	6 000	5 800	9 300
2008	4 000	3 400	5 400
2009	6 000	5 200	9 500
2010	12 000	9 800	16 000
2011	11 000	8 900	18 000

**Tableau 7–8** Estimations des émissions annuelles de N<sub>2</sub>O des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990–2011, délimitées par les 2,5<sup>e</sup> et 97,5<sup>e</sup> percentiles

Année d'inventaire	Flux nets de N <sub>2</sub> O (Gg d'éq. CO <sub>2</sub> )	2,5 <sup>e</sup> percentile (Kt)	97,5 <sup>e</sup> percentile (Kt)
1990	1 800	1 600	2 500
1991	3 100	2 400	3 800
1992	920	790	1 200
1993	3 800	3 100	4 700
1994	3 500	3 000	4 500
1995	12 000	10 000	15 000
1996	2 700	2 300	3 400
1997	990	820	1 300
1998	9 000	7 900	13 000
1999	3 800	3 500	5 100
2000	790	680	1 100
2001	1 700	1 500	2 700
2002	7 100	6 100	10 000
2003	5 100	4 800	7 600
2004	5 900	5 000	8 000
2005	3 400	2 800	4 400
2006	4 000	3 600	6 100
2007	3 800	3 500	5 700
2008	2 500	2 100	3 300
2009	3 700	3 200	5 700
2010	7 200	5 900	9 700
2011	7 000	5 500	11 000

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 en 2004–2011 sont dérivées d'une combinaison d'images obtenues par télédétection en temps réel et de données de surveillance recueillies par des organismes provinciaux de gestion des ressources et produites par le Système canadien d'information sur les feux de végétation<sup>4</sup>. Les estimations pour 1990–2003 proviennent uniquement de la base de données sur les grands incendies du SCF 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.

Environnement Canada, même s'il conserve ses propres procédures d'AQ/CQ pour les estimations établies à l'interne (voir l'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 nouveaux calculs peuvent être regroupés dans les trois catégories suivantes :

*Mises à jour des données sur les activités de récolte et de feux de friches :* Un examen détaillé de l'information sur la gestion des forêts a révélé des révisions aux données officielles sur la récolte pour l'ensemble de la série chronologique, qui ont été intégrées à la présente déclaration. Le nouveau calcul le plus important concernait l'année d'inventaire de 2010, alors que des données officielles sont venues remplacer les estimations préliminaires de récolte. Les données mises à jour des superficies de feux de friches qui s'appuyaient sur une cartographie plus détaillée des secteurs touchés par les feux en 2009 et 2010 ont entraîné une révision à la hausse pour ces années.

<sup>4</sup> [http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/fr/index\\_f.php](http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/fr/index_f.php)



*Mises à jour sur la conversion des forêts :* Les estimations à jour sur la conversion des terres forestières sont fondées sur des téléanalyses numériques pour l'ensemble de la série chronologique. Les taux de conversion des forêts et les émissions correspondantes ont diminué au cours de la période de 1990 à 1999, alors que les deux ont augmenté au cours de la période 2000–2009. La section 7.8.4 propose des renseignements plus détaillés sur les recalculs concernant la conversion des forêts.

*Corrections des erreurs :* Les erreurs décelées dans l'application des divers changements méthodologiques dans les déclarations précédentes ont été corrigées, notamment celles se rapportant aux activités de récolte. La correction d'erreur qui a eu l'impact le plus important sur les nouveaux calculs concerne la diminution du facteur d'actualisation des récoltes en Ontario, qui a eu des répercussions sur toutes les années antérieures à 2008. Brièvement, les données de l'inventaire forestier pour l'Ontario ne comportent pas suffisamment de renseignements sur les forêts de feuillus inégale. Par conséquent, on a exclu ces régions des estimations de l'inventaire forestier ontarien en utilisant un facteur d'actualisation de 25 % pour la récolte totale de la province. À la suite de consultations auprès d'experts provinciaux, ce facteur d'actualisation a été ramené à 5 %, ce qui a entraîné une augmentation de l'activité de récolte déclarée et une hausse correspondante des émissions attribuables à la récolte.

Les nouveaux calculs pour une année ou une unité spatiale donnée découlent de l'effet combiné des mises à jour des données sur les activités et des corrections d'erreur. Les calculs à la hausse pour l'ensemble de la série chronologique sont principalement attribuables aux nouveaux calculs liés à la récolte dans les zones de déclaration du Bouclier boréal est et du Bouclier boréal ouest. Cependant, en 2007, une diminution des émissions dues aux feux de friches a annulé l'augmentation des émissions attribuables à la récolte, avec pour résultat que le calcul pour cette année-là a indiqué une baisse générale des émissions. Pour la période 1990–2007, la zone de récolte a augmenté en moyenne de 14 et de 21 kha (5 et 30 %) dans la zone du Bouclier boréal est et du Bouclier boréal ouest, respectivement, ce qui a donné lieu à une augmentation moyenne globale de 4,7 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> pour ces zones de déclarations. En 2010, l'importante hausse de 30 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> est en grande partie attribuable à la mise à jour des données statistiques sur la récolte pour cette année-là.

Les nouveaux calculs dans d'autres catégories de perturba-

tions des forêts, comme les feux de friches et les infestations d'insectes, sont une conséquence indirecte des mises à jour relatives à des perturbations telles que la récolte et la conversion des forêts. Les changements aux données sur les activités relatives à un type de perturbation modifient les relevés d'inventaire des réservoirs de forêts candidates disponibles pour les perturbations subséquentes. Il s'ensuit que d'autres calculs doivent être faits pour estimer les émissions d'autres catégories de perturbation.

### 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 80 kha en 2011. 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-six 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 8 % 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 2011. On observe une accumulation nette de carbone principalement dans la biomasse (166 Gg C en 2011 – 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 2009-2011.

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

Il n'a pas été possible, faute de données et de ressources suffisantes, d'estimer officiellement le degré d'incertitude pour cette catégorie.

### 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 (voir l'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

Aucun nouveau calcul n'a été fait pour cette catégorie.

### 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 et pour établir des estimations d'incertitude quant aux superficies touchées par des activités de boisement.

## 7.4. Terres cultivées

Les terres cultivées couvrent environ 48 Mha du territoire canadien. En 2011, le bilan net des GES de la catégorie des terres cultivées correspondait à des absorptions de 8,0 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> (Tableau 7-1 et Tableau 5 du CUPR). Pour

**Tableau 7-9 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 <sub>2</sub> ) <sup>1</sup>							
		1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Total des terres cultivées dont la vocation n'a pas changé		-1 600	-7 000	-10 000	-11 000	-12 000	-12 000	-13 000	-13 000
<i>Culture des histosols</i>		300	300	300	300	300	300	300	300
<i>Chaulage</i>		200	270	290	290	290	290	290	290
<i>Cultures ligneuses pérennes</i>		50	80	30	- 10	- 20	- 30	- 40	- 40
<i>Total - sols minéraux</i>		-2 100	-7 600	-11 000	-12 000	-12 000	-13 000	-13 000	-14 000
Changement de la gamme de cultures	Hausse des cultures pérennes	-1 300	-3 100	-4 600	-5 200	-5 500	-5 700	-6 000	-6 300
	Hausse des cultures annuelles	3 500	3 700	3 600	3 600	3 500	3 500	3 500	3 500
Changement des méthodes de travail du sol	Classique à réduit	- 860	-1 000	- 900	- 850	- 820	- 790	- 760	- 730
	Classique à sans labour	- 540	-2 600	-3 600	-3 900	-4 100	-4 200	-4 300	-4 300
	Autre	- 0,4	- 230	- 580	- 710	- 760	- 820	- 870	- 920
Changement des jachères	Hausse des jachères	1 700	1 400	1 300	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
	Baisse des jachères	-4 800	-7 000	-7 600	-7 700	-7 800	-7 900	-7 900	-8 000
<i>Conversion des terres - Émissions résiduelles<sup>2</sup></i>		190	1 300	1 600	1 700	1 800	1 800	1 800	1 800

Notes :

1. Les signes négatifs indiquent une absorption de CO<sub>2</sub> atmosphérique.2. NCes émissions résiduelles nettes de CO<sub>2</sub> 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

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 13 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2011) et en terres, que ce soit des forêts ou des prairies, converties en terres cultivées (émissions nettes de 5,3 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> et 0,006 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>, respectivement, en 2011). Les estimations concernant les terres converties en terres cultivées englobent les émissions et les absorptions nettes de CO<sub>2</sub>, de même que les émissions de N<sub>2</sub>O, de CO et de CH<sub>4</sub>.

### 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 83 % 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 CO<sub>2</sub> par les sols minéraux, les émissions de CO<sub>2</sub> résultant de l'épandage de chaux en agriculture et du travail des sols organiques et les émissions/absorptions de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> par les sols minéraux attribuables à une modification des pratiques d'aménagement des terres. Le Tableau 7-9 résume la tendance des émissions et des absorptions pour ces catégories.

#### 7.4.1.1. Émissions et absorptions de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère ou des absorptions.

En 1990, les changements apportés à l'aménagement des sols minéraux ont représenté une absorption nette d'environ 2,1 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> (Tableau 7–9). Ce puits net a connu une hausse régulière par la suite, atteignant environ 14 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2011, grâce aux 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). Une diminution de 68 % de la superficie des jachères de 1990 à 2011 a entraîné une augmentation nette des absorptions, qui sont passées de 3,1 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 1990 à 6,8 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2011. L'augmentation nette des absorptions (de 1,4 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 1990 à 5,0 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2011) causée par l'adoption de méthodes culturales de conservation du sol est corroborée par une augmentation nette de près de 13 Mha des zones sans labour et en travail réduit de 1990 à 2011. Le changement net dans la gamme de cultures a entraîné le passage d'une source de 2,2 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 1990 à un puits de 2,8 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2011.

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 CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub> 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) (voir l'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 CO<sub>2</sub> des sols minéraux soumis à des changements sont exprimées comme suit :

## Equation 7-1:

$$\Delta C = F \times A$$

où :

$\Delta C$	=	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 3 264 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 CO<sub>2</sub> 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 pratique<sup>5</sup>.

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 CO<sub>2</sub> par les sols minéraux ont été élaborées par McConkey *et al.* (2007), lesquels ont fait état

5 T. Huffman, Agriculture et Agroalimentaire Canada, communication personnelle à Brian McConkey, 2007.



de valeurs d'incertitude de  $\pm 19\%$  pour les niveaux et de  $\pm 27\%$  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 CO<sub>2</sub> est assurée par l'emploi de la même méthodologie sur l'ensemble de la série chronologique (1990–2011).

### 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 (voir l'annexe 6), 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

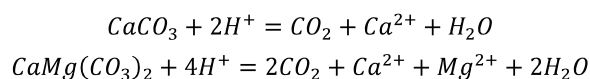
Il y a eu de légers changements aux données sur les superficies découlant d'un contrôle de qualité de niveau 2 plus complet : 1) le virage vers un pas de temps annuel a augmenté le nombre d'itérations de transformation, ce qui a amené des différences dans les déclarations des superficies; et, 2) la mise à jour des superficies des terres forestières converties pour l'ensemble de la série chronologique a eu des répercussions sur les données de superficies des terres cultivées dont la vocation n'a pas changé. À la suite de ces changements, on a refait les calculs qui ont résulté en une absorption accrue de 89 kt d'éq. CO<sub>2</sub> pour 1990 et une baisse de l'absorption de 150 kt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2010, sans qu'il y ait d'effet notable sur la tendance des émissions.

### 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.

### 7.4.1.2. Émissions de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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  $\pm 50$  % (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. CO<sub>2</sub> pour le niveau et à  $0,09 \pm 0,30$  Mt d'éq. CO<sub>2</sub> pour la tendance (McConkey *et al.*, 2007).

On a utilisé la même méthodologie pour l'ensemble de la série chronologique des estimations des émissions (1990-2011).

#### AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 (voir l'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

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 CO<sub>2</sub> 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 1990-2011) 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  $\pm 50$  % (Hutchinson *et al.*, 2007). Les limites de confiance de 95 % du coefficient d'émission par défaut sont égales à  $\pm 90$  % (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. CO<sub>2</sub> pour le niveau et  $0 \pm 0,13$  Mt d'éq. CO<sub>2</sub> 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 (1990-2011).

### AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 (voir l'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 CO<sub>2</sub> 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  $\pm 75$  % (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  $\pm 75\%$  (intervalle de confiance de 95 %) (GIEC, 2003).

La moyenne globale et les incertitudes associées aux émissions ou aux absorptions de CO<sub>2</sub> des cultures ligneuses spécialisées ont été estimées à  $-43 \pm 4,3$  kt d'éq. CO<sub>2</sub> pour le niveau et à  $-92 \pm 138$  kt d'éq. CO<sub>2</sub> pour la tendance (McConkey *et al.*, 2007).

On a utilisé la même méthodologie pour l'ensemble de la série chronologique des estimations des émissions (1990-2011).

### AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 (voir l'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

Il y a eu de légers changements aux données sur les superficies découlant d'un contrôle de qualité de niveau 2 plus complet ainsi qu'il a été indiqué à la section 7.4.1.1. Ceci est principalement attribuable à un virage vers un pas de temps annuel dans le traitement du système qui a permis d'effectuer des vérifications plus exhaustives de manière à s'assurer que les changements dans la gestion des terres ne dépassent pas les limites ou la capacité de changement à l'intérieur de l'unité d'analyse (polygones des PPC). Par conséquent, de nouveaux calculs ont été faits avec pour résultat qu'il n'y a aucun changement aux estimations pour 1990 et qu'il y a une augmentation de l'absorption de 36 kt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2010.

### 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. CO<sub>2</sub> en 1990 à 5,3 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2011. 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 37 % de la conversion de superficie de forêts en 2011). La superficie cumulative des terres forestières converties en terres cultivées depuis 1971 était de 1 286 kha en 1990; en 2011, la superficie cumulative convertie depuis 1992 s'établissait à 430 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 2011, les émissions immédiates issues de la conversion des terres forestières représentaient 3,0 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> ou 58 % 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. CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub> résultant des changements dans les pratiques de gestion dans les 20 années suivant la conversion, ainsi que les émissions de N<sub>2</sub>O 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 (voir l'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 (voir l'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 N<sub>2</sub>O des sols agricoles (voir le secteur de l'agriculture, chapitre 6), les émissions de N<sub>2</sub>O 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<sub>BASE</sub>). On a déterminé le CE<sub>BASE</sub> de chaque écodistrict en se basant sur ses conditions topographiques et climatiques (voir l'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 % (voir l'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 carbone-azote réelle au chapitre 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 N<sub>2</sub>O.



## 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 CO<sub>2</sub> du réservoir de MOM; et (iii) de la déperdition nette de COS. Il convient de noter que les émissions immédiates de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> ne sont produites que par le brûlage et surviennent durant le processus de conversion.

Les émissions immédiates et résiduelles de CO<sub>2</sub> 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. Dans tous les cas de figure, les valeurs d'incertitude sont présentées comme l'intervalle de confiance de 95 % (émissions immédiates,  $\pm 23$  %; émissions résiduelles provenant du réservoir de MOM,  $\pm 36$  %; émissions résiduelles provenant du réservoir du sol,  $\pm 59$  %). Les valeurs d'incertitude associées aux émissions de gaz autres que le CO<sub>2</sub> ont été estimées à  $\pm 23$  % pour les émissions immédiates et à  $\pm 37$  % pour les émissions résiduelles provenant du réservoir de MOM.

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 a été réalisée seulement pour la série chronologique 1990-2009 dans le rapport de 2011. 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 CO<sub>2</sub> 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 (voir l'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

De nouveaux calculs ont été effectués en tenant compte d'une augmentation des émissions de 579 kt d'éq. CO<sub>2</sub> en 1990 et d'une diminution de 296 kt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2010, changements attribuables à une mise à jour des activités de conversion de forêts pour l'ensemble de la série chronologique (voir la section 7.8).

## 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 CO<sub>2</sub> et de N<sub>2</sub>O dans l'atmosphère. On suppose que la conversion n'entraîne aucune perte significative de matière organique de surface ou souterraine ni de matière organique morte. Cette hypothèse est fondée principalement sur le

cadre définitionnel des catégories de terres (section 7.2). En 2011, les émissions totales des sols s'élevaient à 6 kt d'éq. CO<sub>2</sub>, y compris les déperditions de carbone et les émissions de N<sub>2</sub>O 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 (voir l'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 N<sub>2</sub>O des forêts converties en terres cultivées, les émissions de N<sub>2</sub>O 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<sub>BASE</sub>). On a déterminé le CE<sub>BASE</sub> de chaque écodistrict en se basant sur ses caractéristiques topographiques et climatiques (voir l'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 (voir la 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  $6 \pm 7$  kt d'éq. CO<sub>2</sub> pour le niveau

et de  $-72 \pm 48$  kt d'éq. CO<sub>2</sub> 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 (1990–2011).

### AQ/CQ et vérification

Cette catégorie a été soumise à des contrôles de qualité de niveau 1 (voir l'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

Il y a eu de légers changements aux données sur les superficies découlant d'un contrôle de qualité de niveau 2 plus complet ainsi qu'il a été indiqué à la section 7.4.1.1. Par conséquent, de nouveaux calculs ont été faits avec pour résultat qu'on a une augmentation des émissions de 6 kt d'éq. CO<sub>2</sub> en 1990 et une diminution de 2 kt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2010.

### 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 parcs 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 (5 600 kha), la Cordillère montagnarde (200 kha) et la zone maritime du Pacifique (4 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. Des précisions sur cette méthode sont données à l'annexe 3.4. Le Canada recueille aussi des données sur le brûlage dirigé et sur les feux de friches dans les prairies dont la vocation n'a pas changé lors de consultations auprès d'experts; il produira désormais des déclarations sur les émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O attribuables à cette source. 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 7-3).

## 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

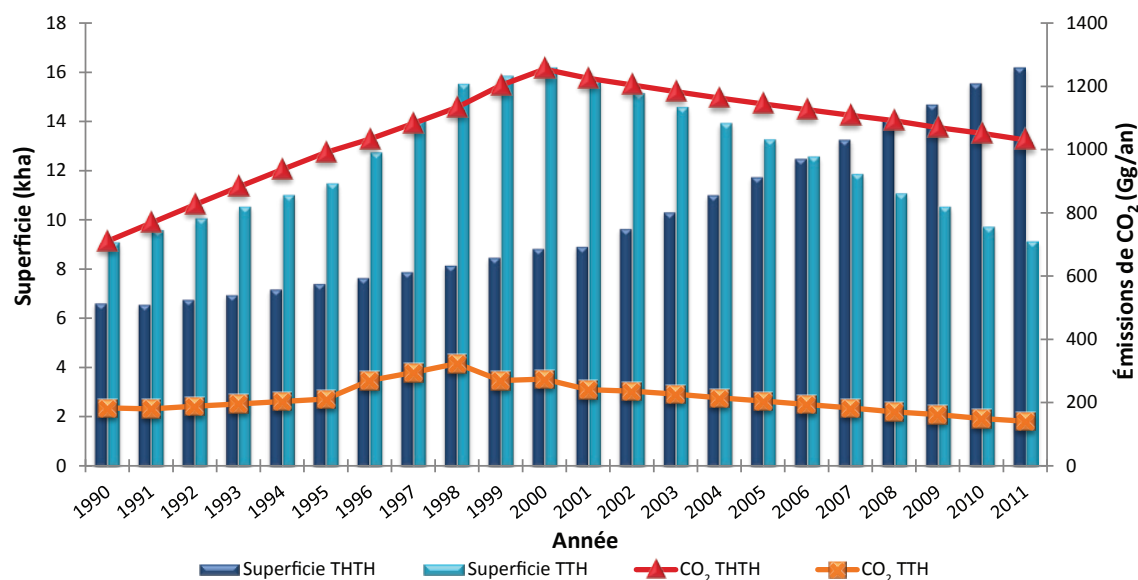
Sur les quelque 123 Mha de tourbières que l'on trouve au Canada<sup>6</sup>, environ 25 kha sont drainés, ou l'ont été par le passé, pour l'extraction de la tourbe. Environ 14 kha font actuellement l'objet d'un aménagement actif, l'écart (11 kha) représentant les tourbières qui ne sont plus en production. 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 7-3), passant de 1,5 Mt en 2000 à 1,2 Mt en 2011. Les émissions des tourbières aménagées sont déclarées dans la catégorie des

6 Cette superficie inclut des tourbières qui seraient classées comme des forêts, des terres cultivées et des prairies dans la classification des terres du GIEC.

**Figure 7-3** Superficies et émissions de CO<sub>2</sub> des tourbières aménagées, 1990–2011 (TTH = terres converties en terres humides; THTH = terres humides restant terres humides)



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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 A<sub>3.4</sub> 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. On a proposé une seule estimation de la densité de carbone de la biomasse forestière avant la conversion (20 t C/ha); d'après les caractéristiques des peuplements forestiers convertis en tourbières, on a supposé qu'en moyenne 63 % de la biomasse aérienne 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 renseigne-

ments fournis par l'industrie<sup>7</sup>. 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 sphaigne canadienne.

#### 7.6.1.5. Recalculs

Les données mises à jour de 2009 sur la production de tourbe et les nouvelles données de 2010 provenant de Ressources naturelles Canada ont été intégrées au modèle sur les tourbières aménagées, ce qui a donné lieu à de nouveaux calculs pour l'ensemble de la série chronologique<sup>8</sup>. De 1990 à 2004, les résultats sont en moyenne de 0,6 kt, alors que la période de 2005 à 2010 donne des résultats plus importants (12 kt en moyenne).

#### 7.6.1.6. Améliorations prévues

Des travaux sont en cours en vue de diminuer l'incertitude de l'estimation de la biomasse aérienne avant la conversion (ou l'enlèvement de biomasse due à l'extraction de tourbe) en analysant l'information géospatiale liée aux tourbières. L'interprétation visuelle de photographies aériennes permettra de déterminer la superficie des zones d'activité ainsi que les conditions des sites d'extraction de tourbe avant et après la perturbation. De plus, des travaux sont en cours pour améliorer les estimations de la superficie consacrée à l'activité, pour la conversion, le drainage et l'extraction, et la remise en état. On tente également 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 (2006).

## 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 2011, 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 1,5 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2011.

### 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 (voir la section 7.2 ci-dessous et l'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.

<sup>7</sup> Gerry Hood, Association de la tourbe de sphaigne canadienne, communication personnelle à D. Blain, Environnement Canada, 2006.

<sup>8</sup> <http://mmsd.mms.nrcan.gc.ca/stat-stat/prod-prod/ann-ann-eng.aspx>



La deuxième méthode s'applique à l'estimation des émissions de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub> sont calculées pour les réservoirs hydroélectriques dont les terres ont été submergées entre 1981 et 2011.

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 pour la catégorie des terres submergées découlent d'effets indirects attribuables aux changements dans d'autres catégories de conversion des forêts et de nouvelles données sur les activités pour la partie plus

récente de la série chronologique. Pour la période de 1990 à 2005, les nouveaux calculs (moyenne de 138 kt d'éq. CO<sub>2</sub>) sont une conséquence indirecte des mises à jour concernant la conversion de forêts en zones de peuplement dans les mêmes régions où on a une conversion de forêts en terres submergées. Bien que les données sur les activités pour les terres submergées des années antérieures à 2006 n'aient pas changé, les changements aux données sur les activités pour un type de perturbation (p. ex., conversion de forêts en zones de peuplement) ont modifié les relevés d'inventaire des réservoirs de forêts candidates disponibles pour les simulations subséquentes de perturbations dans les MBC-SCF. De nouveaux phénomènes de submersion associés à l'aménagement de réservoirs hydroélectriques (Chute Allard et Rapides des Cœurs, et dérivation Rupert) ont été inclus dans cette déclaration. Les répercussions combinées de la prise en compte des nouvelles données sur les activités et des effets indirects de la modélisation donnent lieu à un nouveau calcul moyen de 230 kt d'éq. CO<sub>2</sub> pour la période 2006-2010.

#### 7.6.2.5. Améliorations prévues

L'amélioration des estimations des émissions de CO<sub>2</sub> 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 2011, les absorptions, modestes, sont de moins de 0,2 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>.

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 2011, 504 kha de terres converties en zones de peuplement ont généré des émissions équivalant à un peu moins de 10 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>. 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.

### 7.7.2. Terres converties en zones de peuplement

#### 7.7.2.1. Description de la catégorie de source

En 2011, les émissions découlant de la conversion des terres en zones de peuplement se sont élevées à un peu moins de 10 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>. 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. De 1990 à 2011, 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 près de la totalité 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 2011, la conversion de terres non forestières en zones de peuplement dans le Nord du Canada a généré 150 kt d'éq. CO<sub>2</sub>. 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, sur la mise à jour des estimations des données d'activité pour les changements d'affectation des terres dans les régions arctique et subarctique au cours de la période postérieure à 2000, et sur l'amélioration des données et de l'approche d'estimation utilisées pour les absorptions associées aux forêts urbaines.

De plus, les améliorations prévues décrites à la section 7.8, Conversion des forêts, auront également des incidences sur cette catégorie (voir la section 7.8.5, 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 2011, la conversion des terres forestières en terres cultivées, en terres humides et en zones de peuplement a généré 19 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> comparativement à 26 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 1990. Cette baisse comprend une réduction des émissions immédiates et résiduelles de 6,5 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> attribuable à la conversion des terres forestières en terres cultivées, et une réduction des émissions de 1,3 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> due à la conversion des terres forestières en réservoirs. Cependant, il y a eu une légère augmentation des émissions immédiates et résiduelles de 0,5 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> 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 (65 kha en 1990 et 50 kha en 2011) 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 2011, les émissions immédiates

(7,2 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) ne représentent que 39 % 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, 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 53 % en 2011. La conversion en terres cultivées (19 kha) constitue quant à elle la deuxième cause en importance de conversion des forêts, avec 37 % 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 46 % de la superficie totale de forêt déboisée en 2011.

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 la zone de déclaration 4 (taïga du Bouclier 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 régimes spatiotemporels 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 2011, entre 35 kha et 66 kha. Il faut prendre soin de ne pas appliquer la fourchette de 30 % à la superficie cumulative de terres forestières converties en une autre catégorie depuis moins de 20 ans (superficies déclarées dans le CUPR). 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 contre-vérifications des calculs 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 tout au long de la période (de 1970 à 2011) d'estimation de conversion des forêts. Ces calculs découlaient de la combinaison de divers éléments, soit : les corrections apportées aux erreurs de traitement qui omettaient certains phénomènes cartographiés; l'utilisation d'une cartographie détaillée des superficies pour certaines classes particulières établies après la conversion afin d'éviter les représentations inexactes dans les processus d'augmentation et les révisions découlant des activités de CQ. La complexité du traitement et du système d'établissement des estimations ne permet pas, à l'heure actuelle, de ventiler chacune des composantes des nouveaux calculs.

Les nouvelles activités de cartographie ont entraîné une augmentation de 9,7 kha d'activités de conversion de



forêts, associée à deux nouveaux réservoirs dans la zone de déclaration du Bouclier boréal est (zone 5).

Ceci a donné lieu à un nouveau calcul qui s'est traduit, en moyenne, par une superficie totale de 1,3 kha/an pour toute la période 1970–2010. Pour ce qui est de la période de 1990 à 2010, les répercussions sur les taux de superficie modifient les tendances entre les deux décennies : ainsi, avant 2002, on a une diminution de moins de 1 kha/an en moyenne, sans tendance notable, alors qu'on a une hausse croissante au cours de la deuxième décennie, passant de 1,4 kha/an en 2002 à 3,5 kha/an en 2010. Pour ce qui est des émissions, les nouveaux calculs révèlent un profil semblable : une diminution moyenne de 120 kt d'éq. CO<sub>2</sub> par année pour la période 1990–2001 et, par la suite, une hausse croissante de 240 kt d'éq. CO<sub>2</sub> pour l'année 2002 à 670 kt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2010.

### 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  $\text{CH}_4$  imputables à l'enfouissement des déchets solides dans le sol, émissions de  $\text{CH}_4$  et de  $\text{N}_2\text{O}$  résultant du traitement des eaux usées et émissions de  $\text{CO}_2$ , de  $\text{CH}_4$  et de  $\text{N}_2\text{O}$  attribuables à l'incinération des déchets.

Une grande partie des déchets traités ou éliminés provient de la biomasse. Les émissions de  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  d'origine biogène ne sont pas déclarées si elles le sont ailleurs dans l'inventaire ou si les absorptions correspondantes de  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CH}_4$  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 2011, les émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur des déchets ont compté pour 22 Mt dans l'inventaire national, contre 19 Mt en 1990, soit une hausse de 14 %. Les émissions nationales totales ont augmenté de 19 % pendant le même intervalle. Les émissions de ce secteur ont représenté 3,2 % et 3,1 % des émissions canadiennes totales de GES en 1990 et en 2011, 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 20 Mt, ou 92 %, des émissions du secteur en 2011. Le gaz qui contribue le plus aux émissions du secteur des déchets demeure le  $\text{CH}_4$  émis par les décharges de DSM, à raison de 18 Mt (0,84 Mt de  $\text{CH}_4$ ) en 2011. Pour calculer cette valeur des émissions nettes, on soustrait le volume de  $\text{CH}_4$  capté du volume estimatif total de  $\text{CH}_4$  produit par la décharge selon le modèle Scholl Canyon, avant d'ajouter la quantité de  $\text{CH}_4$  capté qui n'a pas été brûlée par torchage, le cas échéant. D'après les données de 2008 et de 2009 de l'enquête bisannuelle sur les décharges canadiennes, près de 29 % du  $\text{CH}_4$  émis par les décharges canadiennes de DSM en 2009 a été capté et brûlé (soit pour produire de l'énergie, soit par torchage). Étant donné que l'enquête sur les gaz d'enfouissement a été différée d'un an, on a présumé que les données sur le captage et l'utilisation des gaz d'enfouissement de 2010 et de 2011 étaient demeurées constantes par rapport à 2009.

Dans l'ensemble, l'augmentation du taux de production de  $\text{CH}_4$  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

Tableau 8-1 Sommaire des émissions de GES du secteur des déchets, certaines années

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt CO <sub>2</sub> )							
	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Secteur des déchets	19 000	20 000	21 000	21 000	21 000	21 000	22 000	22 000
Enfouissement des déchets solides dans le sol	17 000	18 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000
Traitement des eaux usées	800	900	900	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Incinération des déchets	740	750	700	660	710	680	690	690

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

émissions de ce secteur. À l'échelle nationale, plus de 33 millions de tonnes de déchets non dangereux (résidentiels, institutionnels, commerciaux, industriels, de construction et de démolition) ont été produites en 2008. Les projets de détournement des déchets ont vu le jour au début des années 1990. Selon les statistiques nationales de 2008, environ 25 % des déchets sont détournés des sites d'élimination (décharges ou usines d'incinération) (Statistique Canada, 2010b).

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, 2007, 2008, 2009, 2010 et 2011.

## 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 CH<sub>4</sub>, 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 CH<sub>4</sub>, 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  $\text{CH}_4$  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  $\text{CH}_4$  et du  $\text{CO}_2$ , 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  $\text{CH}_4$  et du  $\text{CO}_2$  est émise durant les 20 ans 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  $\text{CH}_4$  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  $\text{CH}_4$  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  $\text{CH}_4$ , on calcule la quantité de  $\text{CH}_4$  produit par la décomposition des déchets enfouis grâce au modèle Scholl Canyon, on soustrait le  $\text{CH}_4$  capté par les systèmes de récupération des gaz d'enfouissement, puis on ajoute la quantité de  $\text{CH}_4$  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 propose une analyse plus détaillée des méthodologies.

### 8.2.2.1. Production de CH<sub>4</sub>

On a utilisé le modèle Scholl Canyon pour estimer la quantité de CH<sub>4</sub> 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 <sub>4</sub> produit au cours de l'année considérée (T) par la M <sub>x</sub> de déchets, exprimée en kt de CH <sub>4</sub> 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 <sub>4</sub> , exprimée par année
$L_0$	=	potentiel de production de CH <sub>4</sub> , exprimé en kg de CH <sub>4</sub> /t de déchets
$T$	=	année considérée

Équation 8-2:

$$Q_T = \sum Q_{T,x}$$

où :

$Q_T$	=	quantité de CH <sub>4</sub> produit au cours de l'année considérée (T), exprimée en kt de CH <sub>4</sub> /an
-------	---	---

Pour estimer les émissions de CH<sub>4</sub> 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 (voir l'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<sub>4</sub> est le total des émissions de toutes les régions.

## Déchets enfouis chaque année, ou masse des rebuts (M<sub>x</sub>)

### 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 et 2008, 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). Pour les années impaires intermédiaires (1999, 2001, 2003, 2005 et 2007), 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 de 2009 à 2011 ont été estimées à partir des valeurs tirées de l'enquête de Statistique Canada. Les quantités de déchets incinérés ont été soustraites des valeurs d'élimination de Statistique Canada afin d'obtenir la quantité de DSM enfouis durant la période 1998-2008. 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, 2007a, 2008a et 2010b). Les valeurs pour l'Île-du-Prince-Édouard, les Territoires du Nord-Ouest, le Nunavut et le Yukon pour la période 1991-2011 ont été obtenues en calculant les tendances historiques des données sur les décharges en fonction de la population des provinces pour 1971-2011 (Statistique Canada, 2006, 2012). 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



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
1990–2011	0,078	0,061	0,075	0,059	0,059	0,046	0,019	0,012	0,012	0,083	0,003	0,002

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 1999-2011.

### Constante (k) du taux de production de CH<sub>4</sub>

La constante cinétique k est une estimation du premier ordre du taux de production de CH<sub>4</sub> 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<sub>4</sub> 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 presumant 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<sub>0</sub>), 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.

Tableau 8–3 Potentiel de production de CH<sub>4</sub> (L<sub>0</sub>) 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 <sub>0</sub> (kg de CH <sub>4</sub> /t de déchets)	COD	L <sub>0</sub> (kg de CH <sub>4</sub> /t de déchets)	COD	L <sub>0</sub> (kg de CH <sub>4</sub> /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.

### 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<sub>4</sub> 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<sub>4</sub> pour l'ensemble des décharges de déchets ligneux du Canada (NCASI, 2003).

### Potentiel de production de CH<sub>4</sub> (L<sub>0</sub>)

#### Décharges de DSM

Les valeurs de L<sub>0</sub> théoriques et mesurées varient de 4,4 à 194 kg de CH<sub>4</sub>/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 2011, on a utilisé trois L<sub>0</sub> différents pour représenter des périodes distinctes marquées, selon les études, par des changements significatifs de la composition des déchets. L<sub>0</sub> est une fonction du carbone organique dégradable (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<sub>0</sub> prenait en compte les caractéristiques des trois sources de DSM : déchets résidentiels; institutionnels, commerciaux et industriels; de construction et de démolition.

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 1990-2011. Ces intervalles correspondent à ceux utilisés pour le calcul de la constante k de taux de production de CH<sub>4</sub>. 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 1990-2011. 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<sub>0</sub> 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 mesure que les méthodes d'élimination des déchets évolueront au Canada et que

de nouvelles données seront disponibles, les valeurs de  $L_0$  seront rajustées en conséquence.

La valeur de  $L_0$  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) (voir l’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
FCM	=	facteur de correction du $CH_4$ , exprimé en fraction
COD	=	carbone organique dégradable, exprimé en t de C/t de déchets
$COD_F$	=	fraction de COD dissimilé
F	=	fraction de $CH_4$ dans les gaz d’enfouissement
16/12	=	coefficient de 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  $CH_4$  (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 (voir l’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  $L_0$  de 80 kg de  $CH_4$ /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  $CH_4$  – décharges profondes non aménagées (FCM = 0,8), la fraction de  $CH_4$  dans les gaz d’enfouissement (F = 0,5) et la fraction de COD dissimilée ( $COD_F$  = 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  $CH_4$  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  $CH_4$  en  $CO_2$ , ce qui entraîne une réduction des émissions de  $CH_4$ . On calcule les émissions nettes de  $CH_4$  dans les décharges en soustrayant la quantité de  $CH_4$  captée, fournie par les responsables de ces décharges, de la quantité de  $CH_4$  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  $CH_4$  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  $\text{CH}_4$  des gaz d'enfouissement de 99,7 % pour déterminer la quantité de  $\text{CH}_4$  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 personnelle<sup>1</sup>. 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 et 2011a). Les données relatives au captage des gaz d'enfouissement sont recueillies à 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 et les données de 2008-2009 ayant été recueillies auprès des installations en 2008 et en 2010, respectivement (Environnement Canada, 2009, 2011a). On a présumé que les données de 2009 sur les gaz d'enfouissement captés étaient demeurées constantes pour 2010 et 2011.

### 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 appor-

tées devraient se traduire par une diminution du degré d'incertitude relatif à ce sous-secteur.

Les émissions de  $\text{CH}_4$  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  $\text{CH}_4$  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  $\text{CH}_4$  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  $\pm 30$  % 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  $\text{CH}_4$  imputables à cette catégorie clé en 2001 (Environnement Canada, 2003b). Les estimations du degré d'incertitude pour les émissions de  $\text{CH}_4$  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  $\text{CH}_4$  ( $L_0$ ) pour les périodes 1941-1989 et 1990-2001 et de la constante  $k$  du taux de production de  $\text{CH}_4$ , 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  $\text{CH}_4$  des décharges de DSM du fait qu'on a utilisé la valeur de la quantité totale de  $\text{CH}_4$  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  $\pm 2$  %.

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

<sup>1</sup> Communication personnelle avec M. E. Perkin du Bureau national de prévention de la pollution d'Environnement Canada, 1998.

de déchets ligneux semble avoir subi, dans une large mesure, l'influence du taux de production de CH<sub>4</sub>, 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 touche seulement les émissions du Québec et de la Colombie-Britannique et entraîne une surestimation d'environ 1,7 % des émissions nationales imputables à l'enfouissement des déchets solides. Cette erreur sera corrigée dans le rapport de 2014.

#### 8.2.5. Recalculs

Enfouissement des déchets dans le sol : On a procédé à un recalcul de la série chronologique de 1990-2010 pour les émissions attribuables aux décharges de DSM, pour prendre en compte de nouvelles données provinciales sur l'exportation de déchets pour la série chronologique de 1998-2010. Statistique Canada a effectué des révisions relativement aux populations, ce qui a mené à de nouveaux calculs mineurs pour l'Île-du-Prince-Édouard et des trois territoires pour les années 2007 à 2010. Dans l'ensemble, ces nouveaux calculs ont entraîné une faible diminution des émissions d'environ 1 % pour la série chronologique de 1990-1997 et de l'ordre de 2 % à 6 % pour la série chronologique de 1998-2010.

#### 8.2.6. Améliorations prévues

Dans le but de mettre à jour les valeurs de L<sub>0</sub>, on envisage de mener une étude 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.

Les données de Statistique Canada provenant de l'*Enquête de l'industrie de la gestion des déchets* de 2012 n'étaient pas disponibles au moment de la préparation du présent rapport. Il est donc prévu d'intégrer les données actualisées de 2010 sur les quantités de déchets dans le rapport de 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 aérobie ou anaérobie. Avec le traitement anaérobie, il y a production de CH<sub>4</sub>, mais celui-ci est en général contenu et brûlé dans les systèmes à digestion anaérobie au Canada. Les émissions de CH<sub>4</sub> des systèmes aérobies sont présumées négligeables. Les deux types de systèmes de traitement rejettent du N<sub>2</sub>O lors de la nitrification et de la dénitrification de l'azote des eaux usées (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

Les systèmes de traitement aérobie et anaérobie produisent également du CO<sub>2</sub>. Toutefois, comme nous l'avons vu à la section 8.1, les émissions de CO<sub>2</sub> 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 CH<sub>4</sub> résultant du traitement anaérobie des eaux usées et le N<sub>2</sub>O résultant du traitement des eaux usées sanitaires.

#### 8.3.2. Questions de méthodologie

L'annexe 3.5 propose une analyse plus détaillée des méthodologies.



### 8.3.2.1. Émissions de CH<sub>4</sub>

#### 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 CH<sub>4</sub>, on a estimé que le traitement anaérobie des eaux usées pouvait émettre 1,97 kg de CH<sub>4</sub>/personne par an. Des renseignements supplémentaires sur la méthodologie utilisée sont fournis à l'annexe 3.5.

Pour calculer les émissions de CH<sub>4</sub>, on multiplie le coefficient d'émission par la population de chaque province (Statistique Canada, 2006, 2012) 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 chronologie 1990-2009. 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 2010 et de 2011 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 N<sub>2</sub>O

#### Traitement des eaux usées municipales

Les émissions de N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O, 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 N<sub>2</sub>O (N<sub>2</sub>O-N) produite par unité d'azote des eaux d'épuration (0,01 kg de N<sub>2</sub>O-N/kg d'azote des eaux d'épuration) et du facteur

de conversion du N<sub>2</sub>O/N<sub>2</sub>O-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). 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 aux données de Statistique Canada. En l'absence de données actuelles due au fait que Statistique Canada a cessé de publier le rapport sur les aliments, on présume que les valeurs de 2010 et de 2011 relatives à la consommation de protéines sont demeurées constantes par rapport à l'année précédente. Les émissions ont été calculées en multipliant le coefficient d'émission par la population de chaque province (Statistique Canada, 2006, 2012). Le Tableau 8-4 donne un aperçu des valeurs de ces deux paramètres pour la série chronologique.

Tableau 8-4 Coefficients d'émission de N<sub>2</sub>O

Année	Consommation annuelle de protéines par personne (kg de protéines/personne/an)	Coefficient d'émission de N <sub>2</sub> O (kg N <sub>2</sub> 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
1995 <sup>a</sup>	25,01	0,063
1996 <sup>a</sup>	25,04	0,063
1997 <sup>a</sup>	25,50	0,064
1998 <sup>a</sup>	25,75	0,065
1999 <sup>a</sup>	26,01	0,065
2000 <sup>a</sup>	26,26	0,066
2001 <sup>b</sup>	26,63	0,067
2002 <sup>b</sup>	26,57	0,067
2003 <sup>b</sup>	26,19	0,066
2004 <sup>b</sup>	26,35	0,066
2005 <sup>c</sup>	25,96	0,065
2006 <sup>c</sup>	25,93	0,065
2007 <sup>c</sup>	26,20	0,066
2008 <sup>c</sup>	25,64	0,064
2009 <sup>c</sup>	25,50	0,064
2010 <sup>c</sup>	25,50	0,064
2011 <sup>c</sup>	25,50	0,064

Sources: <sup>a</sup>Statistique Canada (2007b), <sup>b</sup>Statistique Canada (2008b) et <sup>c</sup>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 N<sub>2</sub>O imputables au traitement des eaux usées industrielles. En l'absence de données sur les activités, les émissions de N<sub>2</sub>O 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  $\pm 60$  % 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 CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O) 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

Après avoir passé en revue le rapport de 2011, l'équipe d'examen composée d'experts (EEE) a relevé des erreurs dans les estimations des émissions dues au traitement des eaux usées – déchets humains (6.B.2) et a recommandé de corriger les données du secteur des déchets pour 2008 et 2009. Conformément aux indications relatives aux ajustements du paragraphe 2 de l'article 5 du Protocole de Kyoto (décision 20/CMP.1), les corrections apportées au secteur des déchets ont été énoncées par l'EEE en consultation avec le Canada. De plus, conformément aux indications relatives à l'examen se trouvant à l'article 8 du Protocole de Kyoto (décision 22/CMP.1), l'EEE a informé officiellement le Canada de l'ajustement calculé.

L'EEE a déterminé que l'inclusion des pertes d'aliments qui peuvent survenir dans les magasins, les foyers et au moment de la cuisson et de la consommation a entraîné une sous-estimation des émissions de la catégorie des déchets. Dans le rapport de 2012, les émissions étaient basées sur la consommation de protéines et excluaient les pertes au niveau des commerces de détail et des consommateurs. Des nouveaux calculs ont donc été réalisés dans l'ensemble de la série chronologique de 1990-2009 afin d'exclure les pertes à la table du paramètre de la consommation de protéines dans le calcul des émissions de N<sub>2</sub>O résultant du traitement des eaux usées – déchets humains.

Durant la période de transition suivant l'ajustement, Environnement Canada a commandé une étude pour déterminer la validité de l'inclusion des pertes réalisées à ces niveaux (AECOM, 2012). Suite aux résultats de cette étude, menée par AECOM Canada Inc., le Canada a conclu que l'inclusion des pertes d'aliments qui peuvent survenir au niveau des commerces de détail et des consommateurs était justifiable. Les émissions de cette catégorie ont donc été recalculées pour l'ensemble de la série chronologique de 1990-2010 afin d'inclure les pertes de protéines qui peuvent survenir dans les magasins, les foyers et au moment de la cuisson et de la consommation.

Il a également été nécessaire d'effectuer de nouveaux calculs pour corriger une erreur touchant la fraction de la population provinciale qui utilise un processus anaérobie pour le traitement des eaux usées municipales. Ces nouveaux calculs ont une incidence sur la catégorie des émissions de CH<sub>4</sub> résultant du traitement des eaux usées municipales.

Les nouveaux calculs combinés ont entraîné une réduction des émissions de ce sous-secteur de l'ordre de 19 % à 25 % pour la période série chronologique de 1990 à 2000 et d'environ 26 % pour la période de 2001 à 2010.

### 8.3.6. Améliorations prévues

L'enquête bisannuelle sur les installations de traitement des eaux usées industrielles devait être terminée au moment de la préparation du présent rapport, mais les résultats seront inclus dans le rapport de 2014.

## 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 CO<sub>2</sub>, du CH<sub>4</sub> et du N<sub>2</sub>O.

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 CO<sub>2</sub> résultant de la combustion des déchets de la biomasse ne sont pas comprises dans cette section de l'inventaire. Les seules émissions de CO<sub>2</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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 CO<sub>2</sub>, le N<sub>2</sub>O et le CH<sub>4</sub>. 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 et 2010 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-pressé. 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 CO<sub>2</sub>, le CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O, comme c'est le cas lors de l'incinération des DSM; toutefois, comme les boues contiennent du carbone d'origine biogène, les émissions de CO<sub>2</sub> 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.

### 8.4.2.1. Émissions de CO<sub>2</sub>

#### 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> des provinces reposent sur l'hypothèse que le carbone que contiennent les déchets subit une oxydation complète pour se transformer en CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub> par tonne de déchets en la multipliant par le rapport entre la masse moléculaire du CO<sub>2</sub> et la masse moléculaire du carbone.
- *Calcul des émissions de CO<sub>2</sub>* : 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 CO<sub>2</sub> ont été estimées d'après les quantités de déchets dangereux incinérées pour la série chronologique 1990-2011; on a supposé que les émissions pour les années 2010 et 2011 étaient constantes par rapport à l'année précédente 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 CO<sub>2</sub> 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 N<sub>2</sub>O et de CH<sub>4</sub>

#### Incinération des DSM

Les émissions de N<sub>2</sub>O 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 présumant 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 CH<sub>4</sub> des incinérateurs canadiens de DSM sont négligeables.

#### Incinération des déchets dangereux

On a estimé les émissions de N<sub>2</sub>O et de CH<sub>4</sub> 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  $\text{N}_2\text{O}$  et de  $\text{CH}_4$  pour 2009 (Environnement Canada, 2011b). Les coefficients d'émissions qui en résultent sont de  $3,16 \times 10^{-3}$  kt  $\text{N}_2\text{O}$ /kt de déchets et de  $1,69 \times 10^{-4}$  kt  $\text{CH}_4$ /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  $\text{CH}_4$ , 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 2002-2011, 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  $\text{CH}_4$  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  $\text{CH}_4$ /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  $\text{N}_2\text{O}$  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  $\text{N}_2\text{O}$ /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 ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  et  $\text{N}_2\text{O}$ ) 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 2011 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 pour les années 2007 à 2010 en ce qui a trait à l'incinération des DSM afin de tenir compte de données révisées sur la population de Statistique Canada.



#### 8.4.6. Améliorations prévues

On a effectué des enquêtes sur les activités d’incinération en 2008 et en 2010 à l’échelle des installations. L’exhaustivité et l’exactitude des données tirées de ces enquêtes préliminaires devaient être vérifiées en les comparant aux résultats de l’enquête biennale sur les activités d’incinération réalisée en 2012, avant d’envisager la possibilité de les intégrer au modèle du secteur des déchets, aux méthodes du secteur de l’énergie (pour les installations dotées de systèmes de récupération de l’énergie) et au rapport de 2013. Cependant, en raison des retards dans l’enquête, il n’a pas été possible d’utiliser ces données pour mettre à jour les valeurs et attribuer des émissions du secteur de l’énergie au secteur des déchets, comme l’a recommandé l’EEE dans des examens antérieurs. On envisage maintenant inclure ces données dans le rapport de 2014.

# Chapitre 9

## Recalculs et mesures d'amélioration

Afin de faciliter la compréhension globale des changements effectués et de leur incidence sur les niveaux et les tendances des émissions, ce chapitre résume tous les nouveaux calculs utilisés pour l'inventaire des GES du Canada depuis la déclaration de 2012. Les améliorations apportées au rapport de 2013 en raison de modifications ou d'ajustements effectués sur le plan méthodologique sont présentées à la section 9.1. On trouvera à la section 9.2 une description 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 gaz à effet de serre (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.

En réponse aux conclusions que l'équipe d'experts a tirées au cours de l'examen centralisé du rapport canadien de 2012, des révisions des émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O rejetées par la combustion des pneus usés ont été nécessaires pour le secteur 1.A.2.f.i Autres industries manufacturières – production de ciment, afin d'assurer l'exhaustivité du rapport<sup>1</sup>.

Le Tableau 9–1 présente un résumé de l'ensemble des nouveaux calculs effectués en raison de modifications

---

<sup>1</sup> Le rapport de l'examen individuel du rapport annuel du Canada soumis en 2012, qui présente les résultats de l'équipe d'experts, n'était pas disponible au moment de la rédaction du présent rapport.

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 réattri-

bution d'émissions, de la correction d'erreurs découvertes depuis l'inventaire précédent ou d'améliorations mineures. On trouvera des renseignements supplémentaires 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.

**Tableau 9-1** Sommaire des recalculs dus à des modifications ou à des ajustements sur le plan méthodologique

Secteur CUPR et type de gaz	Catégorie	Description	Raison	Répercussions sur les émissions
1.A.1, 1.A.2 et 1.A.4 – CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Énergie, Combustion de combustible	Mises à jour et corrections apportées aux coefficients d'émission pour le charbon, le gaz d'enfouissement, le coke de pétrole, le propane, les combustibles résiduels et les gaz de four à coke. Voir la section 3.2.1.5 pour plus de détails.	Accroître la précision et la transparence.	Les mises à jour des coefficients d'émission et des données d'activités pour la combustion globale de combustibles (1.A) ont entraîné des augmentations de 1,41 % pour le CO <sub>2</sub> (6,86 Mt), de 11,85 % pour le CH <sub>4</sub> (506,65 kt d'éq. CO <sub>2</sub> ) et de 2,68 % pour le N <sub>2</sub> O (279,91 kt d'éq. CO <sub>2</sub> ) pour l'année 2010.
1.A.1, 1.A.2, 1.A.3 et 1.A.4 – CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Énergie, Combustion de combustible	Révision des données sur la consommation d'énergie de 2004 à 2010. Voir la section 3.2.1.5 pour plus de détails.	Accroître la précision des émissions au niveau des sous-secteurs.	Voir ci-dessus.
1.A.2.f.i – CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Autres industries manufacturières – Production de ciment	Estimation des émissions de CH <sub>4</sub> et de N <sub>2</sub> O associées à l'utilisation des combustibles résiduels. Les coefficients d'émission de CH <sub>4</sub> et de N <sub>2</sub> O par défaut du GIEC pour les combustibles résiduels ont été utilisés. Le coefficient d'émission de CO <sub>2</sub> révisé est fondé sur les données de l'Association canadienne du ciment et sur les coefficients d'émission de la Cement Sustainability Initiative du WBCSD. Voir la section 3.2.1.5 pour plus de détails.	Vérifier l'exhaustivité et la précision des données.	Les mises à jour des coefficients d'émission ont contribué à des changements situés dans une plage de -30 kt à +15 kt pour toute la série chronologique.
1.B.2 – CH <sub>4</sub>	Pétrole – Raffinage du pétrole	Données révisées sur la consommation d'énergie de 2004 à 2010. Voir la section 3.3.2.5 pour plus de détails.	Accroître la précision.	La révision des données énergétiques dans les secteurs du raffinage du pétrole et de l'industrie pétrolière et gazière a entraîné des réductions de 0,24 % (-35,2 kt) pour le CO <sub>2</sub> et de 0,04 % (-16,15 kt d'éq. CO <sub>2</sub> ) pour le CH <sub>4</sub> .
1.B.2 – CH <sub>4</sub>	Pétrole et gaz	Données d'activités révisées provenant de Statistique Canada, d'organismes provinciaux et de l'industrie. Voir les sections 3.3.2 et 3.3.2.5 pour plus de détails.	Accroître la précision.	Voir ci-dessus.

Tableau 9-1 Sommaire des recalculs dus à des modifications ou à des ajustements sur le plan méthodologique (continué)

Secteur CUPR et type de gaz	Catégorie	Description	Raison	Répercussions sur les émissions
2.A.3 – CO <sub>2</sub>	Utilisation de calcaire et de dolomite	Données d'activités révisées pour 2010.	RNCan a fourni des valeurs révisées pour l'utilisation de calcaire et de dolomite en 2010.	Les nouveaux calculs ont entraîné une réduction de 48 % des émissions pour 2010.
2.A.7.2 – CO <sub>2</sub>	Utilisation de magnésite	Données d'activités révisées pour 2010.	Les mises à jour des données d'activités pour 2012 ont mené au recalcul des émissions pour l'année.	Les nouveaux calculs ont entraîné une augmentation de 4 % des émissions pour 2010.
2.B.1 – CO <sub>2</sub>	Production d'ammoniac	Données d'activités révisées pour 2009 et 2010.	Les mises à jour des données d'activités pour 2009 et 2010 ont mené au recalcul des émissions pour ces années.	Les nouveaux calculs ont entraîné des augmentations de 2,5 % et de 0,3 % pour 2009 et 2010, respectivement.
2.C.1 – CO <sub>2</sub>	Sidérurgie	Données d'activités révisées pour 2004 à 2010.	La révision des données de Statistique Canada sur l'utilisation de coke pour les années 2004 à 2010 a mené au recalcul des émissions pour ces années.	Les nouveaux calculs ont entraîné un éventail d'augmentations et de réductions. Les valeurs maximales du changement varient entre 4,2 % pour 2010 et -2,7 % pour 2007.
2.F.7 – SF <sub>6</sub>	Fabrication de semi-conducteurs	Données d'activités révisées pour 2010.	Une erreur de transcription a mené au recalcul des émissions de SF <sub>6</sub> de 2010 pour la fabrication de semi-conducteurs.	Les nouveaux calculs ont entraîné une réduction de 77 % des émissions de 2010.
2.G – CO <sub>2</sub>	Autres procédés et procédés indifférenciés	Données d'activités révisées pour 2004 à 2010.	Les nouvelles valeurs du BDEEC ont mené au recalcul des émissions de 2004 à 2010.	Les nouveaux calculs ont entraîné un éventail d'augmentations et de réductions. Les valeurs maximales du changement varient entre 9,8 % pour 2010 et 1,3 % pour 2007.
4.A – CH <sub>4</sub>	Fermentation entérique	Incorporation des nouveaux chiffres de 2011 du <i>Recensement de l'agriculture</i> pour des espèces mineures.	Disponibilité de nouvelles données.	Les révisions ont entraîné des réductions des émissions après la dernière année de recensement, soit de 20 kt d'éq. CO <sub>2</sub> en 2007 à 80 kt d'éq. CO <sub>2</sub> en 2010.
4.B. (a) – CH <sub>4</sub>	Gestion des fumiers	Incorporation des nouveaux chiffres de 2011 du <i>Recensement de l'agriculture</i> pour des espèces mineures.	Disponibilité de nouvelles données.	L'incorporation des chiffres de 2011 du <i>Recensement de l'agriculture</i> a entraîné des changements dans les populations d'espèces dont l'élevage est peu répandu, ainsi que des changements dans les émissions issues de cette source, soit de 2 kt d'éq. CO <sub>2</sub> en 2007 et de -7 kt d'éq. CO <sub>2</sub> en 2010.
4.B. (b) – N <sub>2</sub> O	Gestion des fumiers	Incorporation des nouveaux chiffres de 2011 du <i>Recensement de l'agriculture</i> pour des espèces mineures, et correction apportée au taux d'excrétion d'azote des génisses laitières.	Disponibilité de nouvelles données et correction d'une erreur.	Ces changements ont entraîné une augmentation des émissions, soit de 40 kt d'éq. CO <sub>2</sub> en 1990 et de 50 kt d'éq. CO <sub>2</sub> en 2010.

Tableau 9-1 Sommaire des recalculs dus à des modifications ou à des ajustements sur le plan méthodologique (continué)

Secteur CUPR et type de gaz	Catégorie	Description	Raison	Répercussions sur les émissions
4.D.1 – N <sub>2</sub> O	Sols agricoles – Émissions directes	Incorporation des nouveaux chiffres de 2011 du <i>Recensement de l'agriculture</i> pour des espèces mineures et correction apportée au taux d'excrétion d'azote des génisses laitières, en plus de l'amélioration de la base de données.	Disponibilité de nouvelles données et correction d'une erreur.	Ces changements ont entraîné une augmentation des émissions, soit de 29 kt d'éq. CO <sub>2</sub> en 1990 et de 26 kt d'éq. CO <sub>2</sub> en 2010.
4.D.2 – N <sub>2</sub> O	Sols agricoles – Pâturages, grands parcours et enclos	Incorporation des nouveaux chiffres de 2011 du <i>Recensement de l'agriculture</i> pour des espèces mineures, et correction apportée au taux d'excrétion d'azote des génisses laitières.	Disponibilité de nouvelles données et correction d'une erreur.	Ces changements ont entraîné une augmentation des émissions de 19 kt d'éq. CO <sub>2</sub> en 1990, et aucun changement pour 2010.
4.D.3 – N <sub>2</sub> O	Sols agricoles – Émissions indirectes	Incorporation des nouveaux chiffres de 2011 du <i>Recensement de l'agriculture</i> pour des espèces mineures et correction apportée au taux d'excrétion d'azote des génisses laitières, en plus de l'amélioration de la base de données.	Disponibilité de nouvelles données et correction d'erreurs mineures.	Les recalculs ont entraîné une réduction des émissions de 58 kt d'éq. CO <sub>2</sub> en 1990 ainsi qu'une augmentation des émissions de 91 kt d'éq. CO <sub>2</sub> en 2010.
4.F – CH <sub>4</sub> et N <sub>2</sub> O	Brûlage des résidus de récolte	Correction d'erreurs dans l'arrondissement et la saisie des données sur la superficie des cultures.	Ces erreurs ont été découvertes par le contrôle de qualité de niveau 2.	Les nouveaux calculs ont entraîné un changement dans la biomasse totale des résidus brûlés, ce qui a mené à une réduction des émissions de -0,06 à 0,84 kt d'éq. CO <sub>2</sub> pour l'ensemble de la série chronologique. Une erreur dans la saisie des données pour 2001 a été corrigée, ce qui a entraîné une hausse de 5,5 kt d'éq. CO <sub>2</sub> pour cette année.
5.A	ATCATF – Terres forestières	Mises à jour des données sur les récoltes et les feux de friches et révision des données sur la conversion des forêts, en plus de la mise en œuvre de plusieurs corrections d'erreurs dans la modélisation des systèmes.	Les données sur les récoltes ont été révisées de manière à tenir compte des mises à jour sur les statistiques provinciales. Les données sur les feux de friches ont été révisées d'après la cartographie détaillée des zones touchées par les feux dans les dernières années. Les données sur la conversion des forêts ont été révisées dans le cadre d'efforts continus pour améliorer la qualité des estimations. La correction des erreurs résulte des activités continues de contrôle de la qualité.	Les recalculs pour une année ou une unité spatiale donnée résultent des effets combinés des mises à jour et des corrections apportées aux données d'activités. Au total, des révisions à la hausse ont été apportées à toutes les années de la série chronologique, sauf en 2007, où la réduction des émissions associées aux feux de friches a annulé la hausse des émissions liées à la récolte. L'importante révision à la hausse en 2010 (30 Mt d'éq. CO <sub>2</sub> ) résulte largement de la mise à jour des statistiques sur les récoltes et des données sur les feux de friches.



Tableau 9-1 Sommaire des recalculs dus à des modifications ou à des ajustements sur le plan méthodologique (continué)

CRF#	Category	Description	Justification	Impact on Emissions
5.B.1	ATCATF – Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	Révisions et mises à jour apportées au système de traitement.	Un système de traitement amélioré a été mis en œuvre pour perfectionner la méthode d'annualisation et réduire les présomptions associées aux pratiques de gestion des terres. La révision des données sur la conversion des terres forestières a eu pour effet de modifier les statistiques sur les terres cultivées dont la vocation n'a pas changé.	Les nouveaux calculs ont entraîné une hausse de l'absorption s'élevant à 89 kt d'éq. CO <sub>2</sub> pour 1990 et une réduction de 150 kt d'éq. CO <sub>2</sub> pour 2010, sans toutefois avoir de répercussion marquée sur la tendance des émissions.
5.B.2	ATCATF – Terres forestières converties en terres cultivées	Données d'activités révisées pour la conversion des forêts.	Les estimations pour l'ensemble de la série chronologique ont été révisées de manière à tenir compte de l'amélioration des activités d'échantillonnage et de contrôle de la qualité.	Les nouveaux calculs ont entraîné une augmentation des émissions de 579 kt d'éq. CO <sub>2</sub> en 1990 et une réduction de 296 kt d'éq. CO <sub>2</sub> .
5.B.2, 5.D.2, 5.E.2	ATCATF – Conversion des terres forestières – FCTC, FCTH, FZPE	Données d'activités révisées pour la conversion des forêts.	Les estimations pour l'ensemble de la série chronologique (de 1970 à 2008) ont été révisées d'après les résultats de nouvelles activités d'échantillonnage, de contrôle de la qualité et de révision des couches limites spatiales. Ces estimations sont fournies par le Service canadien des forêts aux fins du Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports (SNSCPR).	En raison de leur caractère global, les nouveaux calculs des zones forestières converties à d'autres affectations ont eu une incidence sur plusieurs sous-catégories du secteur ATCATF (FCTC, FCTH et FZPE). Les répercussions de ces changements ne sont pas aisément discernables à moins qu'ils ne fassent l'objet d'une désagrégation spatiale ou ne soient considérés dans chaque classe d'affectation finale. Ainsi, on note une réduction des émissions attribuables aux FCTC de l'ordre de 285 kt en 1990 et une augmentation de 653 kt en 2010.
5.D.2	Zones humides – Réservoirs – Émissions des réservoirs	Données révisées pour la conversion de terres en réservoirs.	Les révisions des estimations pour la conversion des terres forestières a entraîné indirectement un recalcul pour le secteur des terres converties en vue de l'aménagement de réservoirs hydroélectriques. De nouveaux cas d'inondation ont été inclus dans la dernière partie de la série chronologique pour le présent rapport.	Les nouveaux calculs pour les années 1990 à 2005 (moyenne de 138 kt d'éq. CO <sub>2</sub> ) résultent indirectement des mises à jour dans d'autres secteurs de la conversion des terres forestières, ce qui modifie la simulation de la perturbation des forêts et les estimations qui y sont associées. De 2006 à 2010, les révisions s'élevant en moyenne à 230 kt d'éq. CO <sub>2</sub> sont attribuables aux effets combinés de l'utilisation de nouvelles données d'activités et de mises à jour dans les autres secteurs de la conversion des terres forestières.

Tableau 9-1 Sommaire des recalculs dus à des modifications ou à des ajustements sur le plan méthodologique (continué)

CRF#	Category	Description	Justification	Impact on Emissions
5.D.2	Zones humides – Tourbières – Extraction de tourbe	Données révisées pour l'extraction de tourbe.	Mise à jour des données sur la production de tourbe pour l'ensemble de la série chronologique (de 1990 à 2010).	Les données mises à jour de 2009 sur la production de tourbe et les nouvelles données de 2010 provenant de Ressources naturelles Canada ont été incorporées dans le modèle des tourbières aménagées, ce qui a entraîné de nouveaux calculs dans l'ensemble de la série chronologique. De 1990 à 2004, les révisions se traduisent en moyenne par une réduction de 0,6 kt; les recalculs les plus importants ciblent la période de 2005 à 2010 (une augmentation de 12 kt en moyenne).
6.A.1 – CH <sub>4</sub>	Déchets – Enfouissement des déchets urbains	Mise à jour des quantités de déchets exportées aux États-Unis.	Dans les rapports précédents, les données sur les exportations de déchets n'étaient fournies que par l'Ontario. La surveillance de ces exportations en Ontario est réalisée dans le cadre d'une entente entre l'Ontario et le Michigan. Aucune autre province ne surveille les quantités de déchets non dangereux. Par conséquent, en vue de produire la base de données la plus exhaustive et précise possible, et en raison d'une recommandation de l'équipe d'experts demandant plus de transparence sur les exportations de déchets, des renseignements ont été demandés aux États voisins.	Les nouveaux calculs ont eu pour effet de réduire les émissions de CH <sub>4</sub> pour ce secteur de 2,6 % (530 kt d'éq. CO <sub>2</sub> ) en 2010.
6.B.2 – CH <sub>4</sub>	Déchets – Traitement des eaux usées municipales	Correction des erreurs dans le pourcentage de la population desservie par un traitement anaérobie, pour toutes les provinces, dans l'ensemble de la série chronologique.	Une erreur a été découverte dans le cadre d'un examen interne du modèle, puis rectifiée par souci de précision des estimations.	Les nouveaux calculs ont entraîné une réduction de 30 kt d'éq. CO <sub>2</sub> en 2010 et une réduction de 19 à 26 % pour l'ensemble de la série chronologique.
6.B.2 – N <sub>2</sub> O	Déchets – Déchets humains	Réintégration de la consommation de protéines ajustée de manière à tenir compte des pertes au moment de la vente, de la préparation et du service, pour l'ensemble de la série chronologique.	Un rapport commandé par Environnement Canada a fourni un appui suffisant pour justifier l'utilisation de la consommation de protéines ajustée de manière à tenir compte des pertes au moment de la vente, de la préparation et du service.	En 2010, cette révision a entraîné une réduction de 32 %, soit de 320 kt d'éq. CO <sub>2</sub> .

### 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 2010, 2004 et 2005, avec des changements de +1,32 %

Tableau 9-2 Sommaire des recalculs

	Émissions de GES par année									
	1990	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Total national</b>										
Actuel (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	591	718	744	737	727	749	731	689	701	702
Rapport 2012 (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	589	718	751	740	726	751	731	690	692	-
Changement (%)	0,30 %	0,00 %	-0,92 %	-0,32 %	0,23 %	-0,30 %	0,04 %	-0,14 %	1,32 %	-
<b>ATCATF</b>										
Actuel (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	-62	-52	107	63	73	52	-11	-10	103	87
Rapport 2011 (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	-67	-62	97	54	65	51	-17	-12	72	-
Changement (%)	-8,7 %	-16,0 %	10,5 %	17,1 %	12,5 %	0,5 %	-34,7 %	-18,6 %	43,4 %	-

(de 692 Mt à 701 Mt), de -0,92 % (de 751 Mt à 744 Mt) et de -0,32 % (de 740 Mt à 737 Mt), respectivement. Le Tableau 9-2 fournit des renseignements supplémentaires à ce sujet. Ces changements comprennent des modifications aux données d'énergie historiques pour la période 2003-2010 apportées par Statistique Canada, l'organe officiel de statistiques du Canada (voir les notes sur les recalculs du chapitre 3). En comparaison, les nouveaux calculs réalisés dans le cadre du RIN de l'an passé (2012) ont touché les années 1992, 2004 et 2005, avec des changements de 1,39 %, de 1,18 % et de 1,14 %, respectivement, par rapport à la déclaration initiale de 2011.

Des recalculs majeurs ont été effectués dans le secteur ATCATF (Tableau 9-2), principalement en raison des mises à jour apportées aux données sur les forêts et les activités de conversion des terres forestières. Le chapitre 7 fournit de plus amples renseignements sur ces révisions et sur d'autres améliorations apportées au secteur ATCATF.

Il faut noter que l'équipe d'examen a demandé au Canada de fournir des estimations de ses émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O attribuables à la combustion de vieux pneus dans le secteur de la production de ciment au cours de l'examen centralisé, et a demandé par la suite à ce que les tableaux du CUPR du Canada pour l'année 2012 soient présentés de nouveau le 24 octobre 2012. Ces changements étaient mineurs et ont entraîné une légère hausse de 3,2 kt d'éq. CO<sub>2</sub>. Il ne s'agit pas d'un changement significatif, et le total des émissions de GES est demeuré inchangé.

### 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 égale-

ment eu un effet à la hausse sur la tendance observée entre 1990 et 2010, laquelle correspond maintenant à un accroissement de 18,6 % des émissions totales de GES depuis 1990 au lieu de l'accroissement de 17,1 % auparavant déclaré. La tendance entre 1990 et 2011 affiche une hausse de 18,7 % des émissions de GES.

## 9.2. Améliorations prévues

Le Canada prévoit apporter les améliorations indiquées au Tableau 9-3. Ces améliorations auront une incidence sur la série chronologique débutant en 1990. 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.

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.

Tableau 9–3 Principales améliorations prévues

Secteur CUPR	Catégorie	Description	Fondement de l'amélioration prévue
1.A.3.B	Énergie – Transport routier	Compiler de meilleures données sur l'activité des véhicules routiers.	Recommandation d'une équipe d'examen composée d'experts de la CCNUCC.
1.A.3.d	Transport maritime	Concevoir un modèle amélioré d'estimation des émissions du transport maritime.	Recommandation d'une équipe d'examen composée d'experts de la CCNUCC.
2.F.	Procédés industriels – Consommation de HFC	Établir et utiliser des coefficients d'émission propres au pays.	Amélioration continue.
2.G	Procédés industriels – Autres procédés et procédés indifférenciés	Allouer les émissions de CO <sub>2</sub> de l'industrie pétrochimique à la catégorie Production pétrochimique.	Amélioration continue.
4.A/4B	Fermentation entérique et gestion des fumiers	Intégrer des séries chronologiques de données de nutrition pour certaines catégories d'animaux.	Amélioration de la capacité de tenir compte des changements de pratiques agricoles dans l'établissement des émissions estimatives.
4B	Gestion des fumiers	Intégrer 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.
4D	Sols agricoles	Actualiser les analyses d'incertitude de niveau 2 en fonction des méthodes améliorées et de la gestion intégrée de données. Mettre en oeuvre une méthode propre au pays (niveau 2) pour estimer les émissions de N <sub>2</sub> O attribuables aux animaux d'élevage dans les pâturages, les grands parcours et les enclos.	Recommandation d'une équipe d'examen composée d'experts de la CCNUCC.
5.B.2, 5.D.2, 5.E.2	ATCATF – Conversion des terres forestières – FCTC, FCTH, FZPE	Procéder à des activités continues d'amélioration des estimations de la conversion des terres forestières et de réduction de l'incertitude associée aux estimations.	L'ajout d'une nouvelle période de cartographie (vers 2012) réduira les incertitudes associées à l'extrapolation des données d'activités. Activités continues de contrôle de la qualité; ajout de nouvelles données d'échantillonnage; cartographie améliorée.
5.C.1	ATCATF – Brûlage des prairies dont la vocation n'a pas changé	Le brûlage des prairies aménagées a lieu au Canada à l'occasion de brûlages dirigés ou de feux de friches.	Le Canada travaille à la collecte de données sur le brûlage des prairies pour l'ensemble de la série chronologique, d'après la recommandation d'une équipe d'examen composée d'experts de la CCNUCC. Des données sur le brûlage des prairies aménagées ont été recueillies dans le cadre de consultations avec des experts. On s'attend à ce que le Canada élabore des méthodes d'inventaire pour l'estimation des émissions dues au brûlage des prairies aménagées d'ici le RIN de 2014 ou 2015.
5. D	Zones humides	Améliorer les estimations concernant la conversion, le drainage, l'extraction et la restauration des tourbières.	Amélioration de l'estimation des répercussions de l'extraction de tourbe.

Tableau 9-3 Principales améliorations prévues (continué)

Secteur CUPR	Catégorie	Description	Fondement de l'amélioration prévue
5. D	Zones humides	Analyser l'information géospatiale liée aux tourbières à l'étape de l'extraction afin d'améliorer l'estimation de la biomasse aérienne avant la conversion (perte de biomasse).	Réduction de l'incertitude concernant les répercussions des changements d'affectation des terres.
5. D	Zones humides	Déterminer la portée d'une méthode d'estimation des émissions pour la tourbe horticole (Lignes directrices, 2006).	Respect d'obligations futures en matière de déclaration.
5. D/E	Zones humides et peuplements	Terminer les évaluations de l'incertitude.	Recommandation d'une équipe d'examen composée d'experts de la CCNUCC.
5.G	Autres – Produits ligneux récoltés	Approfondir l'approche de production en vue d'inclure les estimations différées de carbone attribuables au stockage de longue durée du carbone dans les produits ligneux récoltés.	Respect des futures exigences en matière de déclaration, par la mise en œuvre des lignes directrices de 2006 du GIEC.
6.A.1	Déchets – Enfouissement des déchets solides	Examiner la possibilité de réaliser une étude permettant de mettre à jour les données provinciales sur la composition des déchets.	Recommandation d'une équipe d'examen composée d'experts de la CCNUCC.



# Références

## Sommaire

[CAIT] Climate Analysis Indicators Tool. 2012. Version 9.0. Washington (DC): World Resources Institute. Disponible en ligne à l'adresse <http://cait.wri.org/cait.php?page=yearly&mode=view>

[EIA] Energy Information Agency. 2004. World Energy Use and Carbon Dioxide Emissions, 1980 2001. Energy Information Agency, Washington, D.C., États Unis.

Environnement Canada. 2012. Tendances en matière d'émissions au Canada 2012. Disponible en ligne à l'adresse <http://www.ec.gc.ca/Publications/default.asp?lang=Fr&xml=253AE6E6-5E73-4AFC-81B7-9CF440D-5D2C5>

Gouvernement du Canada, 1999. Loi canadienne sur la protection de l'environnement, (1999), chap. 33. Gazette du Canada, Partie 3, vol. 22, no 3. Ottawa, Ont-. Imprimeur de la Reine. Disponible en ligne à l'adresse : <http://www.gazette.gc.ca/archives/p3/1999/index-eng.html>

[RNCAN] Ressources naturelles du Canada. 2009. Évolution de l'efficacité énergétique au Canada de 1990 à 2007, Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles du Canada, Ottawa, no M141 1/2007 au catalogue.

Statistique Canada 2011a. Guide statistique de l'énergie, premier trimestre de 2011. Mentionné le 22 février 2012. No 57 601 XWF au catalogue. Disponible en ligne à l'adresse <http://www.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=57-601-X&lang=fra>

Statistique Canada 2011b. Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada, 1991 2010. No 57 003 XIF au catalogue.

Statistique Canada. 2012. CANSIM Tableau 051 0001 : Estimations de la population, selon le group d'âge et le sexe au 1er 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. 2013a. CANSIM Tableau 403 0001 : Enquête sur le camionnage pour compte d'autrui, origine et destination des marchandises. CANSIM (base de données).

Statistique Canada. 2013b. 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. 2012. Version 9.0. 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. 2012. Données présentées dans les inventaires de gaz à effet de serre pour la période 1990 2010, novembre 2012, FCC/SBI/2012/3. Disponible en ligne : [http://unfccc.int/ghg\\_data/ghg\\_data\\_unfccc/items/4146.php](http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/items/4146.php).

Environnement Canada. 2012. Bulletin des tendances et des variations climatiques – 2011, Environnement Canada. Disponible en ligne : <http://ec.gc.ca/adsc-cmda/default.asp?lang=Fr&n=77842065-1>.

Environnement Canada. 2013. Données recueillies auprès des installations sur les gaz à effet de serre – Aperçu des émissions déclarées en 2011. 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/gp\\_gaum\\_fr.htm/](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gp_gaum_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/gp\\_lulucf/gp\\_lulucf\\_languages.htm](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp_lulucf/gp_lulucf_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 à : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html>.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2007a. Bilan 2007 des changements climatiques : rapport de synthèse, Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [groupe de rédacteurs principaux, R.K Pachauri et A. Reisinger (dir.)]. Genève, Suisse. Disponible en ligne : [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_fr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf).

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2007b. Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor et H.L. Miller (dir.)]. Cambridge University Press. Cambridge, Angleterre. Disponible en ligne : <http://www.ipcc.ch/ipcreports/ar4-wg1.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 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>.

Gouvernement du Canada. 1999. Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE), 1999. Partie III de la Gazette du Canada, vol. 22, no 3. Disponible en ligne : <http://www.gazette.gc.ca/archives/p3/1999/g3-02203.pdf>.

Hengeveld H., B. Whitewood et A. Ferguson. 2005. An Introduction to Climate Change – A Canadian Perspective. Ottawa (Ontario) : Environment Canada.

OMM. Organisation météorologique mondiale. 2012. WMO Greenhouse Gas Bulletin: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2011. 19 November 2012. No. 8. Disponible en ligne : <http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/GHGbulletin.html>

Statistics Canada. 2012. 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/a26?jsessionid=5BF8699599AC8F930132BEC1383B425D?id=0510001&pattern=&p2=-1&p1=1&>

tabMode=dataTable&stByVal=1&paSer=&csid=&retrLang=fra&lang=fra.

## Chapitre 2, Tendances des émissions de gaz à effet de serre, 1990–2011

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. 2012. 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 : janvier 2013; consulté en février 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. 2011. An Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada 2009. Rapport préparé par la Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada.

ERCB. Energy Resources Conservation Board. 2012. Alberta's Energy Reserves 2011 and Supply/Demand Outlook 2012 2021: ST98-2011. Disponible en ligne : <http://www.ercb.ca/sts/ST98/ST98-2012.pdf>

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/gpoglucf/gpoglucf\\_languages.htm](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpoglucf/gpoglucf_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).

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>.

Nyboer J., J. Tu. 2010. GHG Emission Trend Analysis in the Fossil Fuel Production Industries. 2010 update. MK Jaccard and Associates Inc. Février 2010 (ébauche).

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/nrgyrprt/lrnd/lrnd-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.nrcan-rncan.gc.ca/mms-smm/busi-indu/cmymc-com-fra.htm#Schiste>.

RNCan. Ressources naturelles Canada. 2012. Base de données complète sur la consommation d'énergie. Ottawa, Office de l'efficacité énergétique, révisé août 2012; cité le 14 février 2013. Disponible en ligne : [http://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/evolution\\_res\\_ca.cfm?attr=0](http://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/evolution_res_ca.cfm?attr=0).

RNCan. Ressources naturelles Canada. 2013. Tableaux d'analyse de l'Évolution de l'efficacité énergétique. Ottawa, Office de l'efficacité énergétique, révisé le 17 janvier 2013; cité le 14 février 2013. Disponible en ligne : [http://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/analyse\\_ca.cfm?attr=0](http://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/analyse_ca.cfm?attr=0).

Statistique Canada. 1990-2004. Ciment. No 44 001 X au catalogue.

Statistique Canada. 2004-2010. Ciment, Tableaux CANSIM 303 0060 et 303 0061.

Statistique Canada. 2000, 2003, 2004, 2007, 2008, 2010. Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques. Système de comptabilité nationale 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. 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. 2011. Base de données CANSIM, tableau 129-001 – Statistiques d'exploitation des transporteurs de gaz naturel canadien. Disponible en ligne : <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a33?RT=TABLE&themelD=3475&spMode=tables&lang=fra>

Statistique Canada. 2012. Guide statistique de l'énergie. No 57 601 X au catalogue, Tableau 4.2 2 –Pétrole brut et équivalents – Production : intérieure, par type. Ottawa (Ontario). Disponible en ligne : <http://www5.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=57-601-X&CHROPG=1&lang=fra>

Statistique Canada. Rapport sur la demande d'énergie–Demande au Canada. No 57 003 XIB au catalogue.

## Chapitre 3, Énergie

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. 1999. CH<sub>4</sub> and VOC Emissions from the Canadian Upstream Oil and Gas Industry, Vols. 1 and 2. Préparé pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers, Calgary (Alberta). Clearstone Engineering Ltd., Canada, publication no 1999-0010.

ACPP. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2005a. A National Inventory of Greenhouse Gas (GHG), Criteria Air Contaminant (CAC) and Hydrogen Sulphide (H<sub>2</sub>S) 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 H<sub>2</sub>S 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.

ERCB. Energy Resources Conservation Board. 2012. Alberta Mineable Oil Sands Plant Statistics, Monthly Supplement December 2010: ST39-2011. Disponible en ligne : <http://www.ercb.ca/sts/ST39-2011.pdf>.

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/](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 CO<sub>2</sub> Monitoring and Storage Project: Presentation to Interdepartmental CCS Coordinating Committee. Ressources naturelles Canada. Mai 2008.

Nyboer J, et K. Tu. 2006. GHG Emission Trend Analysis in the Fossil Fuel Production Industries. Burnaby (C.-B.): Canadian Industrial Energy End-Use Data and Analysis Centre, Simon Fraser University (ébauche).

ONÉ. Office national de l'énergie. 1998-2011. Production estimative de pétrole brut et d'équivalents au Canada. Disponible en ligne : <http://www.neb.gc.ca/clf-nsi/rnrgyn-fmtn/sttstc/crdlndptrlmpdct/stmtdprdctn-fra.html>.

[PTRC] Petroleum Technology Research Centre. 2004. IEA GHG Weyburn CO<sub>2</sub> Monitoring & Storage Project Summary Report 2000–2004. Regina (Saskatchewan). Disponible en ligne : [http://www.ptrc.ca/siteimages/Summary\\_Report\\_2000\\_2004.pdf](http://www.ptrc.ca/siteimages/Summary_Report_2000_2004.pdf).

[PTRC] Petroleum Technology Research Centre. 2011. IEA GHG Weyburn-Midale CO<sub>2</sub> 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](http://www.ptrc.ca/siteimages/CSLF_Release_Final.pdf)

SGA Energy Ltd. 2000. Emission Factors and Uncertainties for CH<sub>4</sub> & N<sub>2</sub>O 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.

TFIS Inc. 2011. Canadian Liquid Biofuels Production and Consumption Information. Rapport non publié préparé par TFIS Inc. à l'intention de la Division des gaz à effet de serre, d'Environnement Canada.

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<sup>e</sup> édition. Disponible sur demande auprès de National Technical Information Services, Springfield (Virginie) États-Unis. Publication no 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 no EPA-453-/R-95-017.



WBCSD. World Business Council for Sustainable Development. 2011. Cement CO<sub>2</sub> 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).

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.

Cheminfo Services. 2002. Review of Canadian SF<sub>6</sub> 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 (SF<sub>6</sub>) 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 SF<sub>6</sub> 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 ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/>.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2002. Documents d'information – IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories (section sur les émissions de HFC 23 découlant de la production de HCFC-22). Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/gpg-bgp.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 1er 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 South-western 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). n° 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. 2008–2011. 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 à : <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.

## 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](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. 2012. Estimations démographiques annuelles : Canada, provinces et territoires. No 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.htm](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.htm).

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. N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> 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.

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. Greenhouse Gas Division of Environment 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 N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils in Canada. I. Development of a country-specific methodology, *Canadian Journal of Soil Science* 88 : 641–654.

Statistique Canada. 2012. Tableau 95-640-XWE – Données sur les exploitations et les exploitants agricoles de 2011 (base de données). [accès 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.

Bruce, J. P., M. Frome, E. Haïtes, 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 no 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/gp-gaum\\_fr.htm](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gp-gaum_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/gpglu-lucf\\_languages.htm](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglu-lucf_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. 2e 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, no 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).

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., C. Shaw, C. Smyth, A. Hilger, M. Hafer, G. Stinson, E. Neilson, S. Morken et W.A. Kurz. 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.rncan.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.nrcan.gc.ca/subsite/afforestation/forest2020pda>.

RNCan Ressources naturelles Canada. 2010. Inventaire forestier : Canada. Ressources naturelles Canada. Disponible en ligne : [http://scf.nrcan.gc.ca/profilstats/inventaire/canada?lang=fr\\_CA](http://scf.nrcan.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. Benthann 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.

Environment 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](http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climateData/canada_f.html)

EPA Environmental Protection Agency. 1995. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Vol. I, Stationary Point and Area Sources, Chapter 2: Solid Waste Disposal, 5e 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/](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. Enquête de l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques. Système de comptabilité national, Statistique Canada. No 16F0023XIF au catalogue.

Statistique Canada. 2006. Statistiques démographiques annuelles. No 91 213 XIB au catalogue.

Statistique Canada. 2007b, 2008b, 2010a. Statistiques sur les aliments. No 21 020 XIF au catalogue.

Statistique Canada. 2012. Estimations démographiques annuelles, Canada, provinces et territoires. No 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

