



Environnement  
Canada

Environnement  
Canada



# Rapport d'inventaire national

1990-2008

Partie 1

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



Canada

Canada

Vedette principale au titre : Rapport d'inventaire national 1990–2008 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada

Publ. par : Division des gaz à effet de serre.

Autre édition disponible : National Inventory Report 1990–2008: Greenhouse Gas Sources and Sinks in 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>

ISSN : 1706-3353

ISBN : 978-1-100-94404-3

Cat. No. : En81-4/2008F-PDF

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. Canada. Division des gaz à effet de serre.
- III. Titre.
- IV. Titre : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada.

TD885.5

363.738'74'097105

C2010-980264-5



# Remerciements

La Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada remercie les nombreuses personnes et organisations qui ont participé à la préparation du Rapport d'inventaire national. 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 des gaz à effet de serre d'Environnement Canada tient à souligner le travail des auteurs, des collaborateurs et des réviseurs qui ont contribué à améliorer le rapport de cette année.

Parmi les auteurs et les réviseurs du *Rapport d'inventaire national : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada de 1990 à 2008*, on compte les personnes suivantes :

## Résumé

Afshin Matin, Dominique Blain, Frank Neitzert, Duane Smith, Steven Smyth.

## Chapitre 1 : Introduction

Dominique Blain, Lo Chiang Cheng, Alex Hoi Kit Lee, Afshin Matin, Jackie Mercer, Frank Neitzert, Lindsay Pratt, Duane Smith, Victor Wong.

## Chapitre 2 : Tendances des émissions de gaz à effet de serre de 1990 à 2008

Alice Au, Warren Baker, Pascal Bellavance, Dominique Blain, Ana Blondel, George Franchi, Chia Ha, Jason Hickey, Chang Liang, Douglas MacDonald, Afshin Matin, Scott McKibbin, Frank Neitzert, Craig Palmer, Rock Radovan, Kristine Tracey, Steven Smyth.

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

Warren Baker, Pascal Bellavance, George Franchi, Chia Ha, Jason Hickey, Scott McKibbin, Frank Neitzert, Rock Radovan, Kristine Tracey, Steven Smyth.

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

Mohamed Abdul, Alice Au, Afshin Matin

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

Alice Au, Afshin Matin.

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

Dominique Blain, Chang Liang, Douglas MacDonald.

## 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)

Craig Palmer, Afshin Matin.

## Chapitre 9 : Recalculs et améliorations

Pascal Bellavance, Dominique Blain, Nicole Folliet, Chia Ha, Afshin Matin, Frank Neitzert, Rock Radovan, Duane Smith, Craig Palmer, Alice Au.

## Annexes

Alice Au (Annexes 3, 5, 7, 8 et 14), Warren Baker (Annexes 3, 4, et 14), Pascal Bellavance (Annexes 2, 5, 8, 12, 14 et 15), Dominique Blain (Annexes 3, 7 et 11), Ana Blondel (Annexe 3), George Franchi (Annexes 7 et 14), Nicole Folliet (Annexes 6 et 11), Jeff Gleeson (Annexes 1 et 7), Chia Ha (Annexes 1, 2, 3, 4, 5, 12, 14 et 15), Shari Hayne (Annexe 3), Jason Hickey (Annexes 2 et 14), Alex Hoi Kit Lee (Annexe 8, 12 et 15), Rob James (Annexe 11), Chang Liang (Annexes 3, 7 et 10), Douglas MacDonald (Annexes 3, 7 et 10), Afshin Matin (Annexes 5, 7 et 14), Mark McGovern (Annexe 3), Scott McKibbin (Annexes 2, 12, 14 et 15), Jackie Mercer (Annexes 8 et 11), Frank Neitzert (Annexes 4, 5, 7, 9, 12, 13 et 14), Craig Palmer (Annexes 3, 5, 7 et 14), Lindsay Pratt (Annexe 10), Rock Radovan (Annexes 2, 5, 8, 12, 13, 14 et 15), Duane Smith (Annexes 6, 7, 12 et 15), Steven Smyth (Annexes 3 et 14), Kristine Tracey (Annexes 2, 13 et 14) et Anton Van Heusden (Annexe 11).

La compilation générale du Rapport d'inventaire national a été gérée par Mona Jennings et Rosanna Esposito. Ce sont les services de traduction, de courtage et de révision qui ont réalisé et géré la révision et la traduction du rapport, la révision anglaise étant assurée par Len Goldberg, Heather Ferguson, Maureen Magee et Keltie Purcell, et la révision

française, par Hélène Côté. Nous devons à Mona Jennings, Duane Smith et à Nicole Folliet la coordination d’ensemble du rapport. Warren Baker, Ana Blondel et Chia Ha ont pour leur part assumé la coordination et la compilation des tableaux du Cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR), qui doivent être joints à ce document dans la présentation du Canada à la CCNUCC.

Nous tenons à saluer les efforts de nos collègues de Statistique Canada, en particulier de Gary Smalldridge, Erin Smith et Peter Greenberg, qui ont contribué à l’analyse et à l’interprétation des données sur l’offre et la demande d’énergie au Canada. 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, Eric Nielson, Graham Stinson et Sally Tinis, du Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada; Marie Boehm, Murray Bentham, Darrel Cerkowniak, Ray Desjardins, Ted Huffman, Tim Martin, Brian McConkey, Philippe Rochette, Devon Worth et Ward Smith, 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 à :

Art Jaques, ingénieur  
Directeur, Division des gaz à effet de serre  
Direction des sciences et de l’évaluation des risques  
Environnement Canada  
200, boulevard Sacré-Cœur  
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 et le Protocole de Kyoto le 17 décembre 2002. Aux termes des décisions 3/CP.1, 9/CP.2 et 3/CP.5 de la CCNUCC, les Parties visées à l'Annexe I sont tenues de déposer leur inventaire national de GES au plus tard le 15 avril de chaque année auprès du Secrétariat de la CCNUCC. De plus, aux termes du Protocole de Kyoto, les Parties visées à l'Annexe I ayant un engagement prévu à l'Annexe B devront soumettre un rapport annuel en vertu de l'article 5 paragraphe 2 et l'article 7 paragraphe 1. 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 et du Protocole de Kyoto.

Les lignes directrices de présentation des inventaires nationaux de la CCNUCC et du Protocole de Kyoto, auxquelles ont souscrit les participants aux huitième et neuvième Conférences des Parties, 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 y a lieu d'inclure dans le Rapport d'inventaire annuel. Grâce à ces renseignements complémentaires, le rapport d'inventaire national (RIN) est un outil nettement supérieur qui permet de produire des indicateurs afin de comparer les résultats des Parties en vertu de la CCNUCC et du Protocole de Kyoto. Ces indicateurs 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 en priorité, 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. Un certain nombre de secteurs ont enregistré des améliorations depuis quelques années tandis que nous nous employons constamment à améliorer la qualité de l'inventaire. Ces améliorations 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 membres de la Division des gaz à effet de serre 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 2009; il inclut également des recommandations provenant d'équipes d'examen composées d'experts des Nations Unies qui révisent chaque année le Rapport d'inventaire annuel du Canada. Outre les données d'inventaire, le Rapport comprend une analyse des récentes tendances enregistrées au chapitre des émissions et des absorptions. Les renseignements sur le système national canadien et le registre national ainsi que les informations sur les activités concernant l'affectation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie exigés au titre des articles 3.3 et 3.4 de même que la minimisation des répercussions néfastes en vertu de l'article 3.14 sont maintenant regroupés dans l'annexe 11 Informations supplémentaires requises en vertu de l'article 7.1 du Protocole de Kyoto.

Afin de renforcer la capacité du Canada à surveiller, rendre compte et vérifier ses émissions de gaz à effet de serre, le 15 mars 2004, le gouvernement du Canada, avec le concours des gouvernements provinciaux et territoriaux, a lancé un système national obligatoire de déclaration des gaz à effet de serre. Le Rapport d'inventaire national de 2010 contient un résumé des données sur les émissions de gaz à effet de serre déclarées par les installations industrielles du Canada pour l'année 2008, ainsi que des hyperliens avec le site d'interrogation sur les émissions de gaz à effet de serre d'Environnement Canada que l'on trouve sur Internet.

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 attisé un certain nombre d'activités de recherche, seul un nombre limité d'entre elles ont cherché à mesurer les émissions et à établir de meilleures estimations à leur sujet. Les inventaires d'émissions seront toujours empreints d'une certaine incertitude, même si les travaux en cours, au Canada comme ailleurs, continueront d'améliorer les estimations et de réduire les incertitudes qui s'y rattachent.

Art Jaques, P. ing.  
Avril 2010

Directeur, Division des gaz à effet de serre  
Direction des sciences et de l'évaluation des risques  
Direction générale des sciences et de la technologie  
Environnement Canada

# Acronymes, abréviations et unités

AAC	Agriculture et Agroalimentaire Canada (également Association de l’aluminium du Canada)
AAC	Association de l’aluminium du Canada
AAM	accroissement annuel moyen
ACÉ	Association canadienne de l’électricité
ACG	Association canadienne du gaz
ACPP	Association canadienne des producteurs pétroliers
AEUB	Alberta Energy and Utilities Board
AIE	Agence internationale de l’énergie
Al	aluminium
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	alumine
APE	Agence de protection de l’environnement des Etats-Unis (EPA)
API	American Petroleum Institute
AQ	assurance de la qualité
ATCATF	affectation des terres, changements d’affectation des terres et foresterie
B <sub>0</sub>	potentiel de production maximale de méthane
BDEEC	Bulletin sur la disponibilité et écoulement d’énergie au Canada
C	carbone
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	hexafluorure de carbone
CA	climatisation de l’air
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
CaO	chaux; chaux vive; chaux calcinée
CAT	changement d’aménagement des terres
CCMF	Conseil canadien des ministres des forêts
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CDlégger	camion léger à moteur diesel
CDlourd	camion lourd à moteur diesel
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	hexafluorure de carbone
CE	coefficient d’émission
CE <sub>BASE</sub>	coefficient d’émission de base
CEL	coefficient d’émissions des systèmes liquides
CENDRES	teneur en cendres des fumiers
CEO	coefficient d’émissions attribué aux autres systèmes
CEPGE	coefficient d’émissions pour les pâturages et les grands enclos
CESSD	coefficient d’émissions des fumiers solides et secs
CF <sub>4</sub>	tétrafluorure de carbone
CFC	chlorofluorocarbure
CGT	changements dans la gestion des terres
CH <sub>3</sub> OH	méthanol
CH <sub>4</sub>	méthane
CIEEDAC	Centre canadien de données et d’analyse de la consommation finale d’énergie dans l’industrie
CO	monoxyde de carbone
CO <sub>2</sub>	dioxyde de carbone
COB	carbone organique biodégradable
COD	carbone organique dégradable
COD <sub>F</sub>	carbone organique dégradable dissimulé



COS	carbone organique du sol
COV	composé organique volatil
COVNM	composés organiques volatils non méthaniques
C-PLR	carbone stocké dans les produits ligneux récoltés
CQ	contrôle de la qualité
CSL	culture sans travail du sol
CTI	Classification type des industries
CTS	coefficient de travail au sol
CUPR	Cadre uniformisé de présentation de rapports
DBO	demande biochimique en oxygène
DBO <sub>5</sub>	demande biochimique en oxygène sur cinq jours
DCO	demande chimique en oxygène
DFCE	Division de la fabrication, de la construction et de l'énergie de Statistique Canada
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
EGA	Enquête sur la gestion agroenvironnementale
EN	énergie nette
EPA des États-Unis	Environmental Protection Agency (États-Unis) (APE) (Agence de protection de l'environnement)
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
F <sub>TRAVAIL</sub>	coefficient de rapport pour le travail du sol
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
FTA	fraction de la DBO présente dans les boues qui se dégradent par voie anaérobie
FZPE	forêts converties en zones de peuplement
g	gramme
GES	gaz à effet de serre
Gg	gigagramme
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GJ	gigajoule
GL	gigalitre
GPL	gaz de pétrole liquéfiés
Gt	gigatonne
GTIS	Global Trade Information Services
H <sub>2</sub>	hydrogène
H <sub>2</sub> O	eau
ha	hectare



HCFC	hydrochlorofluorocarbure
HCl	acide chlorhydrique
HFC	hydrofluorocarbure
HNO <sub>3</sub>	acide nitrique
IA	inclus ailleurs
IAI	International Aluminium Institute
ICCCR	L'Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération
ICPP	Institut canadien des produits pétroliers
IFCan	Inventaire national des forêts du Canada
I/M	inspection et maintenance
IMS	ingestion de matière sèche
INRP	Inventaire national des rejets de polluants
k	constante de production du méthane
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	carbonate de potassium
kg	kilogramme
kha	millier d'hectares
kPa	kilopascal
kt	kilotonne
kWh	kilowattheure
L	litre
L <sub>0</sub>	potentiel de production de méthane
lb	livre
LCPE 1999	<i>Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999</i>
LGN	liquides du gaz naturel
LTO	décollage et atterrissage
m	mètre
m <sup>3</sup>	mètre cube
MBC	modèle du bilan du carbone
MBC-SCF3	modèle du bilan du carbone pour le secteur forestier canadien (troisième version)
MEMGES	modèle des émissions de gaz à effet de serre de sources mobiles
MEMGES07	modèle des émissions de gaz à effet de serre de sources mobiles, version 2007
Mg	magnésium; également mégagramme
MgCO <sub>3</sub>	magnésite; carbonate de magnésium
MgO	magnésie; hydroxyde de magnésium; chaux dolomitique
Mha	million d'hectares
ML	mégalitre
ML	métal lourd
mol	mole
MOM	matière organique morte
MR	méthode de référence
MS	matière sèche
MS	méthode sectorielle
MSI	matière sèche ingérée
Mt	mégatonne
mV	millivolt
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

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
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OMM	Organisation météorologique mondiale
ONE	Office national de l'énergie
ONU	Organisation des Nations unies
P/EP	précipitations/évapotranspiration potentielle
PCA	principaux contaminants atmosphériques
PCB	pouvoir calorique brut
PCI	pouvoir calorifique inférieur
PCN	pouvoir calorifique net
PCS	pouvoir calorifique supérieur
PDGES	Programme de déclaration des gaz à effet de serre
PFC	perfluorocarbure
PFC	poussières des fours à ciment
PGA	pétrole et gaz naturel en amont
PIB	produit intérieur brut
PJ	pétajoule
PLR	produit ligneux récolté
PNBV	poids nominal brut du véhicule
POP	polluant organique persistant
ppb	partie par milliard
ppbv	partie par milliard en volume
PPC	pédo-paysages du Canada
ppm	partie par million
PPR	produit pétrolier raffiné
PRP	potentiel de réchauffement planétaire
PTDE	production, transport et distribution d'électricité
RCNS	réduction catalytique non sélective
RCS	réduction catalytique « sélective »
RCT	régime de culture et travail du sol
RIN	Rapport d'inventaire national
RIT	Relevé international des transactions
RMV	reformage du méthane à la vapeur
RNCan	Ressources naturelles Canada
SACO	substance appauvrissant la couche d'ozone
SB/VPL	sables bitumineux et valorisation du pétrole lourd
SCIAN	Système de classification des industries de l'Amérique du Nord
SCF	Service canadien des forêts
SF <sub>6</sub>	hexafluorure de soufre
SGF	facteur de distribution du système de gestion des fumiers
SGF	système 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
SNSCPR	système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports
SO	sans objet
SO <sub>2</sub>	dioxyde de soufre
SO <sub>x</sub>	oxydes de soufre
SSCR	Système de surveillance, de comptabilisation et de rapports
SUPAC	Section de l'utilisation des produits et de l'application des contrôles
SV	solides volatils
t	tonne
TI	travail du sol intensif
TJ	térajoule
t-km	tonne-kilomètre
TPCC	taux pondéré de consommation de carburant
TRS	travail réduit du sol
TSC	travail du sol classique
TWh	térawattheure
UE	Union européenne
VDléger	véhicule léger à moteur diesel
VDlourd	véhicule lourd à moteur diesel
VEléger	véhicule léger à essence
VElourd	véhicule lourd à essence
VKP	véhicule-kilomètre parcouru
VTT	véhicule tout-terrain
VUS	véhicule utilitaire sport

# Table of Contents

<b>Remerciements</b>	<b>4</b>
<b>Avant-propos</b>	<b>6</b>
<b>Acronymes, abréviations et unités</b>	<b>7</b>
<b>Sommaire</b>	
ES.1 Inventaire des gaz à effet de serre et changements climatiques	18
ES.2 Résumé des tendances nationales des émissions et des absorptions des GES	19
ES.3 Estimations et tendances des émissions et des absorptions	20
ES.4 Autres données	29
<b>Chapitre 1 Introduction .....</b>	<b>31</b>
1.1. Inventaires de gaz à effet de serre et changements climatiques	31
1.2. Dispositions d'ordre institutionnel prises pour l'établissement des inventaires	36
1.3. Modalités de préparation de l'inventaire	40
1.4. Méthodologies et sources de données	40
1.5. Catégories clés	48
1.6. Assurance de la qualité/Contrôle de la qualité	48
1.7. Degré d'incertitude de l'inventaire	49
1.8. Évaluation de l'exhaustivité	50
<b>Chapitre 2 Tendances des émissions de gaz à effet de serre, 1990-2008.....</b>	<b>51</b>
A. Tendances par secteur du GIEC	51
2.1. Sommaire des tendances	51
2.2. Tendances des émissions par gaz	51
2.3. Tendances des émissions par catégorie	51
2.4. Tendances des émissions des précurseurs de l'ozone et des aérosols	70
B. Tendances Par Secteur Économique	71
B1 Émissions par secteur	72
2.5. Industries des combustibles fossiles	73
2.6. Production d'électricité	76
2.7. Transport de passagers et de marchandises	78
2.8. Industrie lourde et manufacturière	82
2.9. Services	84
2.10. Secteur résidentiel	86
2.11. Agriculture	86
2.12. Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie	89
B2 Tendances des émissions de GES du Canada dans une perspective à long terme	90
<b>Chapitre 3 Énergie (secteur 1 du CUPR) .....</b>	<b>98</b>

3.1.	Aperçu	98
3.2.	Combustion de combustibles (catégorie 1.A du CUPR)	98
3.3.	Émissions fugitives (catégorie 1.B du CUPR)	113
3.4.	Postes pour mémoire (catégorie 1.C du CUPR)	121
3.5.	Autres questions	124
<b>Chapitre 4</b>	<b>Procédés industriels (secteur 2 du CUPR).....</b>	<b>127</b>
4.1.	Aperçu	127
4.2.	Production de ciment (catégorie 2.A.1 du CUPR)	129
4.3.	Production de chaux (catégorie 2.A.2 du CUPR)	130
4.4.	Utilisation de calcaire et de dolomite (catégorie 2.A.3 du CUPR)	132
4.5.	Production et utilisation de carbonate de sodium (catégorie 2.A.4 du CUPR)	133
4.6.	Utilisation de magnésite (catégorie 2.A.7.2 du CUPR)	135
4.7.	Production d'ammoniac (catégorie 2.B.1 du CUPR)	136
4.8.	Production d'acide nitrique (catégorie 2.B.2 du CUPR)	138
4.9.	Production d'acide adipique (catégorie 2.B.3 du CUPR)	140
4.10.	Sidérurgie (catégorie 2.C.1 du CUPR)	142
4.11.	Production d'aluminium (catégorie 2.C.3 du CUPR)	145
4.12.	Production et moulage de magnésium (catégories 2.C.4.2 et 2.C.5.1 du CUPR)	150
4.13.	Production d'halocarbures (catégorie 2.E du CUPR)	152
4.14.	Consommation d'halocarbures (catégorie 2.F du CUPR)	153
4.15.	Production et consommation de SF <sub>6</sub> (catégories 2.E et 2.F du CUPR)	160
4.16.	Autres procédés et procédés indifférenciés (catégorie 2.G du CUPR)	163
<b>Chapitre 5</b>	<b>Utilisation de solvants et autres produits (secteur 3 du CUPR).....</b>	<b>165</b>
5.1.	Aperçu	165
<b>Chapitre 6</b>	<b>Agriculture (secteur 4 du CUPR) .....</b>	<b>168</b>
6.1.	Aperçu	168
6.2.	Fermentation entérique (catégorie 4.A du CUPR)	168
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)	175
<b>Chapitre 7</b>	<b>Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (secteur 5 du CUPR) .....</b>	<b>185</b>
7.1.	Aperçu	185
7.2.	Définition des catégories de terres et représentation des terres aménagées	187
7.3.	Terres forestières	189
7.4.	Terres cultivées	197
7.5.	Prairies	207
7.6.	Terres humides	207
7.7.	Zones de peuplement	211
7.8.	Conversion des forêts	213
<b>Chapitre 8</b>	<b>Déchets (secteur 6 du CUPR).....</b>	<b>216</b>

8.1.	Aperçu	216
8.2.	Enfouissement des déchets solides dans le sol (catégorie 6.A du CUPR)	217
8.3.	Traitement des eaux usées (catégorie 6.B du CUPR)	224
8.4.	Incinération des déchets (catégorie 6.C du CUPR)	226
<b>Chapitre 9</b>	<b>Recalculs et mesures d'amélioration .....</b>	<b>229</b>
9.1.	Explication et justification des recalculs	229
9.2.	Améliorations prévues	232
<b>References</b>		<b>233</b>

# Liste des Tableaux

Tableau S-1	Émissions canadiennes de GES, par gaz et par secteur, en 2008	23
Tableau S-2	Tendance des émissions et facteurs économiques pour des années déterminées (1990-2008)	24
Tableau S-3	Émissions canadiennes de GES par secteur, certaines années	28
Tableau S-4	Pétrole brut - production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années	29
Tableau S-5	Gaz naturel -- Production, importation, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années	29
Tableau S-6	Total du pétrole brut et du gaz naturel - Production, importation, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années	30
Tableau S-7	Pétrole brut classique - Production, importation, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années	30
Tableau S-9	Pétrole brut non classique - Production, importation, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années	30
Tableau 1-1	PRP et durées de vie atmosphérique, GIEC 1995	36
Tableau 1-2	Facility-Reported 2008 GHG Emissions by Province	44
Tableau 1-3	Tendance à court terme par secteur, 2007–2008, toutes les installations	45
Tableau 1-4	Tendance à long terme des émissions déclarées, 2004–2008, toutes les installations	48
Tableau 1-5	Tendance à long terme des émissions déclarées, 2004–2008, installations comparables	48
Tableau 2-1	Émissions de GES du secteur de l'énergie, par secteur du CUPR de la CCNUCC, certaines années	54
Tableau 2-2	GHG Emissions from Public Electricity and Heat Production, Selected Years	55
Tableau 2-3	Émissions de GES provenant du raffinage du pétrole, de la fabrication de combustibles solides et d'autres industries énergétiques, certaines années	56
Tableau 2-4	Émissions de GES des industries manufacturières, de l'exploitation minière et de la construction, certaines années	57
Tableau 2-5	GHG Emissions from Transport, Selected Years	58
Tableau 2-6	Trends in Vehicle Populations for Canada, 1990–2008	58
Tableau 2-7	Intensité des émissions fugitives de GES de la production gazière et pétrolière, par catégorie, certaines années	61
Tableau 2-8	Émissions de GES des procédés industriels, par catégorie, certaines années	63
Tableau 2-9	Émissions de GES provenant du secteur de l'agriculture par système de production, pour certaines années <sup>1</sup>	65
Tableau 2-10	GHG Emissions from Waste, Selected Years	71
Tableau 2-11	Sommaire des émissions et des activités économiques par secteur, 1990 et 2008	73
Tableau 2-12	Émissions et activité par mode de transport de passagers, 1990 et 2008	81
Tableau 2-13	TPCC des véhicules légers au Canada, 1990 et 2008	82
Tableau 2-14	Émissions et activité par mode de transport de marchandises, 1990-2008	83
Tableau 2-15	Variation des émissions, du PIB et de l'intensité économique des émissions par sous secteur industriel, 1990 et 2008	84
Tableau 2-16	Détails sur les tendances des émissions de GES par secteur	96
Tableau 2-17	Variation des émissions et facteurs d'activité par pays, 1990 2007 <sup>1</sup>	97
Tableau 2-18	Émissions de GES en 2008 selon les catégories du Rapport d'inventaire national et les catégories économiques	98
Tableau 3-1	Émissions de GES par le secteur de l'énergie, certaines années	100



Tableau 3-2	Energy Industries GHG Contribution	102
Tableau 3-3	Contribution des industries manufacturières et de la construction à la production de GES	105
Tableau 3-4	Contribution des transports à la production de GES	108
Tableau 3-5	Contribution des autres secteurs à la production de GES	114
Tableau 3-6	Contribution des émissions fugitives de GES	115
Tableau 3-7	Degré d'incertitude des émissions fugitives de l'industrie de production de pétrole	121
Tableau 3-8	Degré d'incertitude des émissions fugitives de l'industrie de production de gaz naturel	121
Tableau 3-9	Degré d'incertitude lié aux émissions fugitives du raffinage du pétrole	122
Tableau 3-10	Émissions de GES attribuables au transport aérien intérieur et international, 1990, 2005 2008	124
Tableau 3-11	Émissions de GES attribuables au transport maritime intérieur et international, 1990, 2005 2008	124
Tableau 3-12	Éthanol utilisé dans les transports au Canada, 1990, 2005 2008	126
Tableau 3-13	Biodiesel utilisé dans les transports au Canada, 1990, 2005-2008	126
Tableau 4-1	Émissions de GES attribuables au secteur des procédés industriels, certaines années	130
Tableau 4-2	Coefficients d'émission typiques de l'industrie de l'acide nitrique	141
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	149
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	150
Tableau 4-5	Coefficients par défaut de pente et de surtension, approche de niveau 2 (IAI, 2006)	151
Tableau 4-6	Coefficients d'émission pour les PFC	151
Tableau 4-7	Pertes d'assemblage en pourcentage de la quantité chargée (k) pour diverses applications	158
Tableau 4-8	Taux annuels de fuite (x) pour diverses applications	158
Tableau 4-9	Taux d'émission des PFC <sup>1</sup>	161
Tableau 5-1	Sommaire des émissions de GES du secteur Utilisation de solvants et autres produits, pour des années particulières	167
Tableau 6-1	Évolution à court et à long terme des GES dans le secteur de l'agriculture <sup>1</sup>	171
Tableau 6-2	Propositions d'amélioration du comité d'examen pour le rapport 2009 du Canada et mesures prises dans le rapport 2010.	171
Tableau 6-3	Catégories animales et sources de données sur les cheptels	172
Tableau 7-1	Estimations des flux nets de GES du secteur ATCATF, certaines années	188
Tableau 7-2	Recommandations de l'équipe d'examen externe et mesures prises par le Canada	189
Tableau 7-3	Superficies des terres aménagées (kha) dans le système de comptabilité du secteur ATCATF <sup>1</sup> en 2008	190
Tableau 7-4	Bilan des GES des forêts aménagées par zone de déclaration, 2007 <sup>1</sup>	192
Tableau 7-5	Estimations des flux nets annuels de CO <sub>2</sub> des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990-2007, délimitées par les 2,5 <sup>e</sup> et 97,5 <sup>e</sup> percentiles	194
Tableau 7-6	Estimations des émissions annuelles de CH <sub>4</sub> des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990-2007, délimitées par les 2,5 <sup>e</sup> et 97,5 <sup>e</sup> percentiles	194
Tableau 7-7	Estimations des émissions annuelles de N <sub>2</sub> O des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990-2007, délimitées par les 2,5 <sup>e</sup> et 97,5 <sup>e</sup> percentiles	194
Tableau 7-8	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	200
Tableau 7-9	Degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations pour divers changements dans l'aménagement des terres, sols minéraux et terres cultivées dont la voca-	

	tion n'a pas changé. Les signes négatifs indiquent une élimination de CO <sub>2</sub> de l'atmosphère.	202
Tableau 7-10	Éléments d'incertitude des flux totaux de CO <sub>2</sub> des terres forestières converties en terres cultivées pour l'année d'inventaire 2007	207
Tableau 7-11	Incertitude associée aux émissions de gaz autre que le CO <sub>2</sub> des terres forestières converties en terres cultivées pour l'année d'inventaire 2007	207
Tableau 8-1	Sommaire des émissions de GES du secteur des déchets, certaines années	218
Tableau 8-2	Estimations des valeurs de k des décharges de DSM pour chaque province et territoire	222
Tableau 8-3	Potentiel de production de CH <sub>4</sub> (L0) de 1941 à aujourd'hui	223
Tableau 8-4	Coefficients d'émission de N <sub>2</sub> O	227
Tableau 9-1	Sommaire des recalculs <sup>1</sup>	231
Tableau 9-2	Principales améliorations prévues	232

# List of Figures

Figure S-1	Tendance des émissions canadiennes de GES et objectif de Kyoto	22
Figure 1-1	Variations des températures annuelles du Canada et tendance à long terme, 1948-2008, en °C	34
Figure 1-2	Tendance des émissions de GES par personne au Canada, 1990-2008	38
Figure 1-3	Changement des émissions agrégées de GES pour les Parties visées à l'Annexe I, 1990-2007, sans le secteur ATCATF	39
Figure 1-4	Partenaires du système national	41
Figure 1-5	Émissions de GES déclarées en 2008 par les installations, par secteur industriel	46
Figure 1-6	Tendances provinciales à court terme pour les émissions de GES déclarées, 2007-2008	47
Figure 1-7	Comparaison des émissions déclarées par des installations comparables et par l'ensemble des installations, 2007-2008	48
Figure 1-8	Cinq principales variations à court terme sur le plan des émissions déclarées par les installations, par industrie, 2007-2008, installations comparables	48
Figure 1-9	Tendance provinciale à long terme des émissions déclarées, 2004-2008, installations comparables	49
Figure 1-10	Tendance à long terme des émissions déclarées, par secteur, 2004-2008, installations comparables	50
Figure 1-11	Cinq principales variations à long terme des émissions déclarées par les installations par industrie, 2007-2008, installations comparables	50
Figure 2-1	Émissions canadiennes de GES par gaz, 1990 et 2008 (à l'exclusion du secteur ATCATF)	54
Figure 2-2	Émissions de GES et DJCh du secteur résidentiel et commercial, de 1990 à 2008	60
Figure 2-3	Émissions de GES des procédés industriels, par catégorie, 1990-2008	63
Figure 2-4	Contribution relative des GES provenant de l'élevage de bétail et de la production agricole, et total des émissions du secteur de l'agriculture, 1990-2008	67
Figure 2-5	Émissions de GES du secteur ATCATF par rapport aux émissions canadiennes totales, 1990-2008	69
Figure 2-6	Une partie des émissions et absorptions de GES du secteur ATCATF, 1990-2008	70
Figure 2-7	Émissions de GES du secteur des déchets, 1990-2008	72
Figure 2-8	Tendance des émissions de GES par personne dans le secteur des déchets, 1990-2008	72
Figure 2-9	Évolution des niveaux d'émissions de GES de 1990 à 2004	75
Figure 2-10	Évolution des niveaux d'émissions de GES de 2004 à 2008	75
Figure 2-11	Production de combustibles fossiles au Canada de 1990 à 2008	76
Figure 2-12	Intensité des émissions par type de source de production de combustibles fossiles (1990, 2002 et 2008)	78
Figure 2-13	Électricité produite par les services publics, par source, et émissions de GES, 1990-2008	79
Figure 2-14	Incidence des facteurs sur la variation des émissions provenant de la production d'électricité, 1990-2008	80
Figure 2-15	Incidence des facteurs sur la variation des émissions provenant de la production d'électricité, 2004-2008	80
Figure 2-16	Relation entre les DJC et les émissions résidentielles de GES, 1990-2007	88
Figure 2-17	Tendances dans le secteur agricole, 1990-2008	90
Figure 2-18	Tendance à long terme des émissions de GES et principales mesures, 1980-2008	94
Figure 3-1	Émissions de GES attribuables à la combustion de combustibles, 1990-2008	102
Figure 7-1	Zones de déclarations aux fins des estimations du secteur ATCATF	191

Figure 7–2	Grands flux annuels de carbone entre l’atmosphère et les forêts aménagées, 1990–2008 : Absorption nette (ou production primaire nette) de carbone et rejet par la décomposition (respiration hétérotrophe)	194
Figure 7–3	Superficies et émissions de CO <sub>2</sub> des tourbières aménagées, 1990–2008 (TTH = terres converties en terres humides; THTH = terres humides restant terres humides)	211

# Sommaire

## ES.1 Inventaire des gaz à effet de serre et changements climatiques

Aux termes des alinéas 4(1)(a) et 12(1)(a) de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et de la décision 3/CP.5, les Parties visées à l'Annexe I sont tenues de publier et de mettre à la disposition de la Conférence des Parties un inventaire national des émissions anthropiques (d'origine humaine) par sources et des absorptions par puits de tous les gaz à effet de serre (GES) qui ne sont pas réglementés par le Protocole de Montréal, et ce, au moyen de méthodes comparables. L'un des piliers de la CCNUCC est l'Inventaire national des GES, qui se compose du rapport d'inventaire national (RIN) et des tableaux du Cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR). Cet inventaire est le principal instrument de surveillance et de déclaration des émissions par les sources et des absorptions par les puits et, en ce qui concerne le Protocole de Kyoto, la mesure ultime de la conformité avec la cible nationale du Canada en matière d'émissions. L'année 2010 marque la publication du 16<sup>e</sup> RIN du Canada. Il s'agit également du sixième inventaire depuis l'entrée en vigueur du Protocole de Kyoto à la CCNUCC, ratifié par le Canada en 2002.

Le rapport d'inventaire repose sur le cadre de rapport international dont ont convenu les Parties à la CCNUCC, d'après les procédures du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC/OCDE/AIE, 1997; GIEC, 2000; GIEC, 2003). Ce format regroupe les émissions selon les six secteurs suivants : Énergie, Procédés industriels, Utilisation de solvants et d'autres produits, Agriculture, Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) et Déchets. Chacun de ces secteurs est ensuite subdivisé et se conforme d'autant plus que possible aux divisions sous-sectorielles de la CCNUCC<sup>1</sup>.

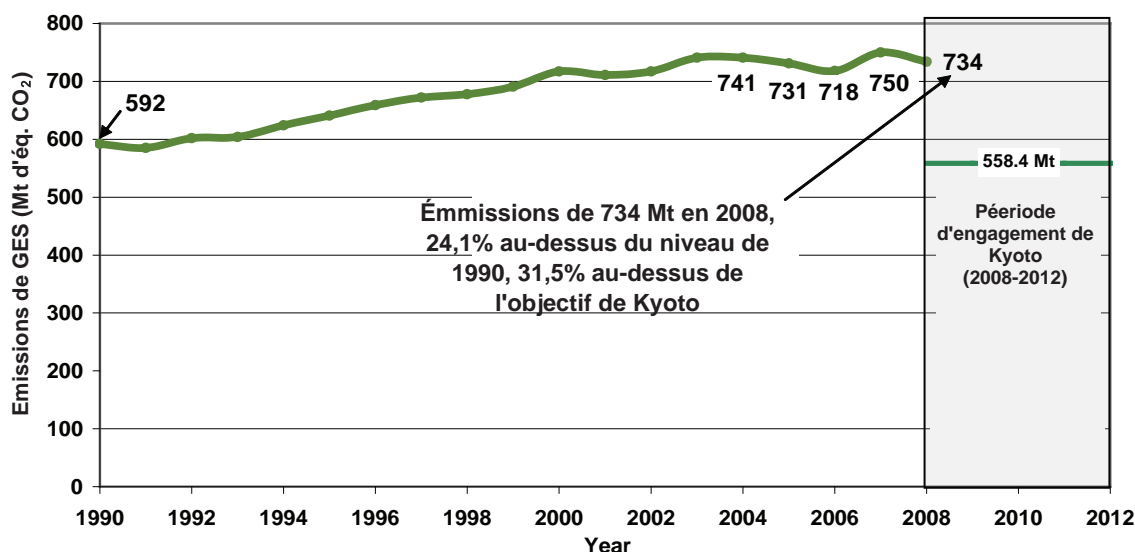
1 Il existe des différences mineures entre les désignations des secteurs de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et celles de l'inventaire national du Canada. Elles sont expliquées dans des notes de bas de page tout au long du document. On trouvera aussi plus de précisions aux chapitres 3 à 8, qui décrivent la méthodologie utilisée pour réaliser l'inventaire canadien.

En élaborant son inventaire, le Canada suit les Recommandations en matière de bonnes pratiques du GIEC sur l'utilisation de procédures de contrôle de la qualité et d'assurance de la qualité et, ainsi, il détermine, quantifie et réduit l'incertitude des estimations dans toute la mesure du possible, ce qui se traduit par un processus d'évaluation et d'amélioration continues des méthodes, des modèles et des documents.

Le présent rapport comprend un inventaire des émissions anthropiques par des sources et des absorptions par des puits des six principaux GES : dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), méthane (CH<sub>4</sub>), oxyde de diazote (N<sub>2</sub>O), hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>), hydrofluorocarbones (HFC) et perfluorocarbones (PFC). Le rapport est divisé en trois parties : la partie 1 comprend le sommaire et les chapitres 1 à 9. Le chapitre 1 (Introduction) donne un aperçu des tendances du changement climatique et des émissions de GES au Canada; de même que des dispositions institutionnelles, légales et procédurales utilisées par le Canada pour réaliser l'inventaire (c.-à-d. le système d'inventaire national); en plus d'une brève description des méthodes d'estimation et des procédures d'assurance de la qualité et de contrôle de la qualité; une description du système canadien de déclaration des émissions par les installations; ainsi que des évaluations de son exhaustivité et du degré d'incertitude des données. Le chapitre 2a propose une analyse des tendances des émissions de GES du Canada conformément à la structure de production de rapports de la CCNUCC, tandis que le chapitre 2b évalue la tendance des émissions par secteur de l'économie canadienne. 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 Cadre uniformisé de présentation de rapports 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 11 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, un sommaire des précurseurs de l'ozone et des aérosols et de l'information supplémentaire requise en application des articles 7.1 et 3.14 du Protocole de Kyoto. La partie 3 est composée des annexes 12 à 15 qui présen-

Figure S-1 Tendence des émissions canadiennes de GES et objectif de Kyoto



tent 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 et des analyses des tendances par province et territoire.

Le rapport d'inventaire national comprend aussi la première déclaration des activités du secteur de l'affectation des terres, des changements d'affectation des terres et de la foresterie (ATCATF) en application des articles 3.3 et 3.4 du Protocole de Kyoto, ainsi que l'estimation des émissions et des absorptions imputables au boisement et au déboisement (obligatoire) et à l'aménagement des terres cultivées (activités prises en compte par le Canada) pour l'année 2008. Ces estimations liées au Protocole de Kyoto n'ont aucune incidence sur le total des émissions nationales pour le Canada, puisqu'elles seront seulement prises en compte à la fin de la période d'engagement de cinq ans (année d'inventaire 2012). En outre, le chapitre 1 et l'annexe 11 du rapport présentent l'information additionnelle requise par les articles 7.1 et 3.14 du Protocole de Kyoto. En février 2010, le Canada a aussi présenté sa cinquième communication nationale à la CCNUCC afin de mettre à jour la position du Canada sur le plan des changements climatiques et des mesures connexes d'atténuation et d'adaptation.

## ES.2 Résumé des tendances nationales des émissions et des absorptions des GES

En 2008, les Canadiens ont rejeté dans l'atmosphère environ 734 mégatonnes d'équivalent CO<sub>2</sub><sup>2</sup> (Mt d'éq. CO<sub>2</sub>)<sup>3</sup> de GES (Figure S-1), soit une augmentation de 2,1 % depuis 2007. Ces résultats suivent une année où il y a eu une grande croissance des émissions et deux années pendant lesquelles les émissions ont baissé, de telle sorte que le changement global par rapport à 2004 est une baisse de 0,9 %. Depuis 1990, les émissions ont diminué de 24 %, un taux qui dépasse la croissance de la population qui est de 20,3 %; cependant, elles sont à peu près identiques au taux d'augmentation de l'utilisation de l'énergie, soit 25,1 %. Cependant, la croissance du total des émissions était bien en deçà de la croissance de 60 % du produit intérieur brut (PIB) entre 1990 et 2008. L'intensité économique des GES du Canada — soit la quantité de GES émis pour une unité d'activité économique — a été inférieure de 2,5 % en 2008 par rapport à 2007. Dans l'ensemble, l'intensité économique des GES a reculé de 22 % au total durant la période,

2 Chacun des GES a une durée de vie atmosphérique moyenne unique pendant laquelle il est un agent efficace de forçage climatique. Le concept de potentiel de réchauffement planétaire (PRP) a été adopté pour comparer le forçage climatique de différents GES à celui du CO<sub>2</sub>. On en trouvera une explication plus détaillée à la section 1.1.5 du document.

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

soit de 1,2 % en moyenne par année. Un plus grand nombre de biens ont été fabriqués, l'activité économique a été plus intense, et il y a eu plus de voyages par unité d'émission de GES. En revanche, les courbes indexées révèlent que les émissions de GES par unité d'énergie consommée sont demeurées relativement inchangées au cours de la période

#### Changements par rapport au Rapport d'inventaire national précédent

En raison de la mise à jour des données statistiques utilisées, les estimations pour l'année 2007 ont été revues. Chaque année, Statistique Canada examine les données préliminaires qui ont été fournies l'année précédente. Cette année, les nouvelles données obtenues de Statistique Canada pour 2007 ont donné des estimations plus représentatives pour l'énergie, les procédés industriels et l'agriculture. Ainsi, les émissions de GES totales déclarées dans le rapport d'avril 2009 ont été revues à la hausse dans l'inventaire de cette année, passant de 747 Mt à 750 Mt pour 2007.

L'augmentation de la production d'énergie a été nettement plus importante que celle de la consommation d'énergie entre 1990 et 2008. Cela s'explique par les vastes réserves de combustibles fossiles du Canada et une économie axée sur les exportations, des quantités croissantes d'énergie étant livrées sur le marché international (principalement aux États-Unis). La nette croissance des exportations d'énergie qui en est résultée durant cette période a eu une profonde incidence sur la tendance des émissions (voir la section S.4.1 et le chapitre 2b pour d'autres précisions sur les exportations d'énergie et les éléments favorisant les émissions au Canada).

## ES.3 Estimations et tendances des émissions et des absorptions

### ES.3.1 Émissions et absorptions en 2008

Le Tableau S-2 donne une description détaillée des émissions et des absorptions de GES au Canada en 2008. Par rapport à l'ensemble des GES, le CO<sub>2</sub> a représenté 78 % des émissions totales, et le CH<sub>4</sub>, 13 %. Le N<sub>2</sub>O a constitué 7 % des émissions, et les PFC, le SF<sub>6</sub> et les HFC le reste, soit moins de 2 %.

Environ 73 % des émissions totales de GES en 2008 proviennent de la combustion de combustibles fossiles. Une autre tranche de 9 % provient de sources fugitives, ce qui fait que plus de 81 % des émissions proviennent du secteur de l'énergie. Les secteurs de l'agriculture, des procédés industriels et des déchets représentent respectivement 8,5 %, 7,2 % et 2,9 % des émissions totales.

### ES.3.2 Tendances sectorielles

#### ES.3.2.1 Changements à court terme

Depuis 2004, le total des émissions canadiennes de gaz à effet de serre a diminué de 6,4 Mt (0,9 %), tandis que le PIB a augmenté (voir le tableau S-2). En moyenne, la variation annuelle des émissions a été légèrement négative (-0,2 %) entre 2004 et 2008. Par contre, entre 1990 et 2008, les émissions ont présenté un taux de croissance annuel moyen significatif (1,3 %), indiquant une différence entre les récentes variations et la tendance à long terme. La plus grande portion de cette baisse peut être attribuée à l'utilisation moindre de la combustion pour produire de l'énergie (en raison de la plus grande disponibilité de l'hydroélectricité) et aux réductions des émissions du secteur manufacturier.

Cependant, les émissions n'ont pas diminué de façon constante entre 2004 et 2008. Comme on peut le voir sur la courbe des émissions de la Figure S-1, les niveaux ont fluctué au cours de cette période. La fluctuation des émissions depuis 2004 est principalement due aux changements de la composition des ressources utilisées pour produire de l'électricité (l'utilisation du charbon variait selon la disponibilité des énergies hydroélectrique et nucléaire), à la production de combustibles fossiles (à cause du niveau



Tableau S-1 Émissions canadiennes de GES, par gaz et par secteur, en 2008

Catégories de gaz à effet de serre				Gaz à effet de serre						
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub> 21	N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O 310	HFCs	PFCs	SF <sub>6</sub>	Total
	Potentiel de réchauffement planétaire									
	Unité	kt	kt	kt d'éq. CO <sub>2</sub>	kt	kt d'éq. CO <sub>2</sub>	kt d'éq. CO <sub>2</sub>	kt d'éq. CO <sub>2</sub>	kt d'éq. CO <sub>2</sub>	kt d'éq. CO <sub>2</sub>
TOTAL <sup>1</sup>		574 000	4 700	99 000	170	52 000	5 500	2 200	2 200	734 000
ÉNERGIE		535 000	2 500	53 000	30	10 000	–	–	–	597 000
a.	Sources de combustion fixes	328 000	200	4 000	8	3 000	–	–	–	335 000
	Production d'électricité et de chaleur	118 000	4,6	96	2	700	–	–	–	119 000
	Industries des combustibles fossiles	65 300	100	2 000	1	400	–	–	–	68 000
	Raffinage et valorisation du pétrole	16 000	–	–	0,4	100	–	–	–	16 000
	Production de combustibles fossiles	49 100	100	2 000	1	300	–	–	–	52 000
	Exploitation minière et extraction de gaz et de pétrole	23 700	0,5	10	0,5	200	–	–	–	23 900
	Industries manufacturières	42 900	3	60	1	500	–	–	–	43 400
	Sidérurgie	6 110	0,2	5	0,2	60	–	–	–	6 170
	Métaux non ferreux	3 470	0,08	2	0,05	20	–	–	–	3 480
	Produits chimiques	6 650	0,14	2,9	0,1	40	–	–	–	6 690
	Pâtes et papiers	4 280	2	40	0,7	200	–	–	–	4 540
	Ciment	4 270	0,1	2	0,03	10	–	–	–	4 280
	Autres industries manufacturières	18 100	0,4	7	0,4	100	–	–	–	18 200
	Construction	1 250	0,02	0,5	0,03	10	–	–	–	1 260
	Commercial et institutionnel	34 600	0,6	10	0,7	200	–	–	–	34 900
	Résidentiel	40 400	90	2 000	2	500	–	–	–	43 000
	Agriculture et foresterie	2 150	0,04	0,8	0,06	20	–	–	–	2 170
b.	Transport <sup>2</sup>	190 000	30	600	30	8 000	–	–	–	198 000
	Transport aérien intérieur	8 300	0,5	9	0,8	200	–	–	–	8 500
	Transport routier	132 000	9,2	190	10	3 100	–	–	–	135 000
	Véhicules légers à essence	39 600	2,9	61	3,2	1 000	–	–	–	40 600
	Camions légers à essence	43 200	3,2	68	5,0	1 500	–	–	–	44 800
	Véhicules lourds à essence	6 500	0,34	7,2	0,49	150	–	–	–	6 660
	Motos	259	0,17	3,6	0,01	1,6	–	–	–	264
	Véhicules légers à moteur diesel	435	0,01	0,2	0,04	10	–	–	–	446
	Camions légers à moteur diesel	2 310	0,06	1	0,2	60	–	–	–	2 370
	Véhicules lourds à moteur diesel	39 000	2	40	1	400	–	–	–	39 400
	Véhicules au propane ou au gaz naturel	857	0,8	20	0,02	5	–	–	–	880
	Transport ferroviaire	6 290	0,3	7	3	800	–	–	–	7 000
	Transport maritime intérieur	5 500	0,4	9	1	300	–	–	–	5 800
	Autres	38 000	20	300	10	3 000	–	–	–	41 000
	Véhicules hors route à essence	6 100	7	200	0,1	40	–	–	–	6 300
	Véhicules hors route à moteur diesel	25 000	1	30	10	3 000	–	–	–	28 000
	Pipelines	7 240	7,3	150	0,2	60	–	–	–	7 460
c.	Sources fugitives	16 000	2 300	48 000	0,1	40	–	–	–	63 800
	Exploitation de la houille	–	40	800	–	–	–	–	–	800
	Pétrole et gaz naturel	16 200	2 230	46 800	0,1	40	–	–	–	63 100
	Pétrole	210	252	5 280	0,1	30	–	–	–	5 520
	Gaz naturel	67,8	1 010	21 200	–	–	–	–	–	21 300
	Évacuation	10 600	962	20 200	0,01	4	–	–	–	30 800
	Torchage	5 400	3,7	78	0,01	4	–	–	–	5 500
INDUSTRIAL PROCESSES		39 000	–	–	11,70	3 640	5 500	2 200	2 200	52 600
a.	Produits minéraux	8 500	–	–	–	–	–	–	–	8 500
	Production de ciment	6 600	–	–	–	–	–	–	–	6 600
	Production de chaux	1 500	–	–	–	–	–	–	–	1 500
	Utilisation de produits minéraux <sup>3</sup>	365	–	–	–	–	–	–	–	365
b.	Industries chimiques	6 700	–	–	11,70	3 640	–	–	–	10 000
	Production d'ammoniac	6 700	–	–	–	–	–	–	–	6 700
	Production d'acide nitrique	–	–	–	3,96	1 230	–	–	–	1 230
	Production d'acide adipique	–	–	–	7,8	2 400	–	–	–	2 400
c.	Production de métaux	12 600	–	–	–	–	–	2 200	464	15 300
	Sidérurgie	–	–	–	–	–	–	–	–	7 440
	Production d'aluminium	–	–	–	–	–	–	2 200	3,7	7 400
	SF <sub>6</sub> utilisé dans les usines de fonte et de moulage de magnésium	–	–	–	–	–	–	–	460	460
d.	Consommation d'halocarbures et de SF <sub>6</sub>	–	–	–	–	–	5 500	4	1 800	7 300
e.	Autres procédés et procédés indifférenciés	11 000	–	–	–	–	–	–	–	11 000
UTILISATION DE SOLVANTS ET AUTRES PRODUITS		–	–	–	1,1	330	–	–	–	330
AGRICULTURE		–	1 200	25 000	120	37 000	–	–	–	62 000
a.	Fermentation entérique	–	1 100	22 000	–	–	–	–	–	22 000
b.	Gestion des fumiers	–	140	2 800	15	4 700	–	–	–	7 500
c.	Sols agricoles	–	–	–	100	32 000	–	–	–	32 000
	Sources directes	–	–	–	54	17 000	–	–	–	17 000
	Fumier de pâturages, de grands parcs et d'enclos	–	–	–	12	3 800	–	–	–	3 800
	Sources indirectes	–	–	–	40	10 000	–	–	–	10 000
DÉCHETS		200	990	21 000	2	700	–	–	–	22 000
a.	Enfouissement de déchets solides	–	970	20 000	–	–	–	–	–	20 000
b.	Épuration des eaux usées	–	13	260	2	700	–	–	–	940
c.	Incinération des déchets	200	0,08	2	0,2	50	–	–	–	250
Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie		-19 000	200	4 100	8	2 500	–	–	–	-13 000
a.	Terres forestières	-25 000	180	3 900	8	2 400	–	–	–	-18 000
b.	Terres cultivées	-4 700	7	100	0,3	100	–	–	–	-4 400
c.	Prairies	–	–	–	–	–	–	–	–	–
d.	Terres humides	2 000	0	–	0	–	–	–	–	2 000
e.	Zones de peuplement	7 000	4	90	0,1	50	–	–	–	7 000

Notes:

1 Les totaux nationaux excluent tous les GES du secteur Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie.

2 Les émissions de l'éthanol utilisé comme combustible sont déclarées dans les sous-catégories de l'essence servant au transport.

3 La catégorie de l'utilisation de produits minéraux englobe les émissions de CO<sub>2</sub> de l'utilisation de la chaux et de la dolomite, du carbonate de sodium et de la magnésite.

4 Les totaux peuvent différer à cause de l'arrondissement des chiffres.

– : absence d'émission

0,0 : émissions tronquées en raison de l'arrondissement des valeurs

Tableau S-2 Tendence des émissions et facteurs économiques pour des années déterminées (1990-2008)

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008
Total des GES (Mt)	<b>592</b>	<b>641</b>	<b>717</b>	<b>741</b>	<b>731</b>	<b>718</b>	<b>750</b>	<b>734</b>
Variation depuis 1990 (%)	N/A	8.3	21.2	25.2	23.5	21.4	26.8	24.1
Variation annuelle (%)**	N/A	2.8	3.8	-1.3	-1.3	-1.7	4.5	-2.1
Variation annuelle moyenne (%)*	N/A	1.7	2.1	1.8	1.6	1.3	1.6	1.3
PIB (milliard de \$ de 1997)	<b>825</b>	<b>899</b>	<b>1101</b>	<b>1211</b>	<b>1248</b>	<b>1283</b>	<b>1316</b>	<b>1321</b>
Variation depuis 1990 (%)	N/A	8.9	33.3	46.8	51.2	55.5	59.4	60.1
Variation annuelle (%)**	N/A	2.8	5.2	3.1	3.0	2.9	2.5	0.4
Intensité des GES (Mt/G\$ PIB)	<b>0.72</b>	<b>0.71</b>	<b>0.65</b>	<b>0.61</b>	<b>0.59</b>	<b>0.56</b>	<b>0.57</b>	<b>0.56</b>
Variation depuis 1990 (%)	N/A	-0.5	-9.1	-14.7	-18.3	-22.0	-20.5	-22.5
Variation annuelle (%)**	N/A	0.0	-1.4	-3.0	-4.2	-4.5	1.9	-2.5

\*Variation annuelle moyenne depuis 1990.

PIB : Statistique Canada - Tableau 384-0002 - Lors de l'acquisition, annuel (millions) (13 janv. 2010)

\*\*Variation annuelle : représente la variation par rapport à l'année civile précédente.

d'activités d'extraction de pétrole) de même qu'à la demande en combustibles de chauffage qui a baissé au cours des hivers.

La diminution de 6,4 Mt des émissions entre 2004 et 2008 a été le résultat net de tendances opposées dans différents sous-secteurs. D'importantes augmentations enregistrées dans certains secteurs, tels que les transports et l'exploitation minière et l'extraction de pétrole et de gaz, ont été plus que contrebalancées par les baisses indiquées précédemment dans les sous-secteurs de la production d'électricité, des procédés industriels et de l'industrie manufacturière, de même que par des baisses des émissions de combustion du sous-secteur commercial et industriel. La variation des émissions dans le secteur du transport a suivi les tendances à long terme.

En 2008, les émissions de gaz à effet de serre provenant de la production d'électricité et de chaleur ont diminué d'environ 6 Mt par rapport au niveau de 2007. Cependant, entre 2004 et 2008, de grandes fluctuations des émissions ont été observées. Étant donné l'augmentation de l'utilisation d'énergie à base de charbon dans certains secteurs, la production de combustibles fossiles a varié selon la disponibilité des énergies hydroélectrique et nucléaire et, dans une certaine mesure, de l'énergie éolienne. La production hydroélectrique s'est accrue dans tout le Canada à cause d'une augmentation de la capacité de production et de la montée des niveaux d'eau (les précipitations mesurées au cours de 2005 étaient les plus importantes jamais enregistrées). Pendant ce temps, des efforts ont été entrepris en Ontario pour diminuer la production houillère. Ces efforts ont donné de meilleurs résultats en 2006 et en 2008 qu'en 2007, alors que l'interruption à

quelques reprises des activités des installations nucléaires a entraîné une hausse de la production houillère et, donc, des émissions. L'augmentation de la demande en électricité en Alberta a été comblée par une hausse de la production d'électricité par des centrales thermiques alimentées au charbon et au gaz naturel.

Les émissions provenant du secteur manufacturier<sup>4</sup> ont chuté de 11 Mt (10,2 %) entre 2004 et 2008 en raison d'une production considérablement inférieure. Au cours de cette période, le PIB pour le secteur manufacturier a diminué de 7 % - la baisse observée entre 2007 et 2008 était de 5,7 %. Depuis la fin des années 1990, l'économie canadienne a connu un changement structurel, étant moins axée sur les industries manufacturières et davantage sur celles des services. La période de 2004 à 2008 nous a permis d'observer des données probantes étayant cette tendance - le PIB pour l'industrie des services (p. ex., commerce, finances, services professionnels, entretien, administration publique, etc.) a augmenté de 8 %<sup>5</sup>. En 2008, l'intensité économique des GES attribuables à l'industrie des services était environ le quart de celle de l'industrie lourde et du secteur manufacturier; cette orientation de l'économie vers le secteur des services a donc entraîné une réduction globale des émissions.

Les industries des combustibles fossiles<sup>6</sup>, qui compren-

4 - Le secteur manufacturier comprend les industries manufacturières (secteur de l'énergie) et les procédés industriels.

5 - Statistique Canada, octobre 2009.

6 - 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.

nent la production du charbon ainsi que la production, le raffinage et le transport du pétrole et du gaz, ont présenté une augmentation de 2,5 Mt (1,7 %) des émissions de GES entre 2004 et 2008. Au cours de cette période, les exportations de pétrole brut ont augmenté de 10 %, alors que sa production augmentait de 7,4 %. Par contre, la consommation intérieure de pétrole brut a diminué d'environ 4,2%. Au cours de cette période, le prix du pétrole brut a atteint un sommet en 2008, soit le double de la valeur minimale de 2004.

Les émissions dues à l'exploitation minière et à l'extraction de pétrole et de gaz ont augmenté de 61 % (9,0 Mt) entre 2004 et 2008, principalement à cause de l'exploitation accrue des sables bitumineux en Alberta. Cette situation a été partiellement neutralisée par l'atteinte d'un plateau dans la production canadienne de gaz naturel et par une diminution de la production de pétrole classique, des tendances qui sont observées depuis le début du siècle.

Les foyers et les entreprises du Canada ont consommé, chaque année entre 2004 et 2008, des quantités variables d'énergie en raison de la variation des températures moyennes hivernales. À l'échelle nationale, en 2006, les degrés-jours de chauffage, un indicateur de la nécessité de chauffer les locaux à cause de la rigueur hivernale, ont baissé d'environ 10 %, mais ils ont augmenté de nouveau de 10 % (près du niveau de 2004) en 2008. Cela a eu une incidence sur la consommation de combustibles fossiles, en particulier dans les secteurs résidentiel, commercial et institutionnel, où les émissions ont diminué de 9 % entre 2004 et 2006 et augmenté de 6 % entre 2006 et 2008.

### ES.3.2.2 Tendances à long terme

Bien que les tendances à long terme (de 1990 à 2008) des émissions sous-sectorielles aient présenté des baisses et des hausses, les hausses l'ont emporté de loin, d'où une croissance nette de 143 Mt, ou 24 %. La plus grande partie de cette croissance est observée dans le secteur de l'énergie où ce sont les industries énergétiques (industries des combustibles fossiles et de la production d'électricité et de chaleur), les transports routiers, les sous-secteurs commercial et institutionnel ainsi que l'exploitation minière qui ont le plus contribué à la hausse.

Parmi les activités des industries de combustibles fossiles figurent à la fois les sources de combustion (industries des combustibles fossiles et pipelines) et les sources fugitives (extraction du charbon et industrie du pétrole

et du gaz naturel)<sup>7</sup>. Les industries des combustibles fossiles ont montré une augmentation nette d'environ 38 Mt d'émissions de GES de 1990 à 2008 (croissance de 38 %). Ces émissions sont attribuables à l'extraction du charbon et à la production, au transport, à la transformation, au raffinage et à la distribution de tous les produits pétroliers et gaziers.

En 2008, la production totale de pétrole brut et de gaz naturel montrait une augmentation de 62 % par rapport aux niveaux de 1990. Ces tendances sont attribuables à une forte demande, surtout aux États-Unis, le marché de l'exportation étant celui qui montrait la croissance de loin la plus rapide<sup>8</sup> (voir la section 5.4.1). Même si la hausse de la demande explique une grande partie de la tendance des émissions, elle ne représente pas le tableau dans son ensemble.

Les réserves facilement exploitables de brut classique chutent depuis bien avant 1990. C'est pourquoi la consommation d'énergie par unité de pétrole classique produite a augmenté (Neitzert *et al.*, 1999). En même temps, la production de brut synthétique à forte intensité d'énergie et de GES (p. ex., à partir des sables bitumineux) est devenue de plus en plus concurrentielle par rapport à l'extraction de pétrole classique. Ces tendances ont également contribué dans une large mesure à l'augmentation rapide des émissions de l'industrie pétrolière et gazière au cours de la période de 1990 à 2008.

L'intensité des émissions (émissions par unité de production d'énergie) varie d'une année à l'autre et dépend de l'analyse des produits comparés. Toutefois, selon une recherche effectuée par Environnement Canada<sup>9</sup>, l'intensité moyenne des émissions de GES pour toutes les activités de production et de traitement du pétrole et du gaz a augmenté de 10 % entre 1990 et 2008. Au cours de cette période, l'intensité de la production de pétrole classique (de qualité légère, moyenne et lourde) a connu une hausse de 24 %.

En 2008, l'exploitation, l'extraction et la valorisation des sables bitumineux ont entraîné environ 1,5 fois plus de

7 Il y a un certain chevauchement avec l'exploitation minière (qui, du fait des catégorisations de l'Alberta Energy Utilities Board et de Statistique Canada, comprend une partie des activités d'exploitation des sables bitumineux), mais les émissions issues de l'exploitation minière ne sont pas incluses ici dans la catégorie des industries des combustibles fossiles.

8 Une grande partie des produits pétroliers raffinés utilisés au Canada sont dérivés du pétrole importé.

9 Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, 2009. Intensité des émissions fondée sur des données de Statistique Canada et les méthodes d'estimation de l'inventaire.

GES que la production de pétrole classique. Cependant, l'industrie des sables bitumineux a réduit ses émissions par unité; en 2008, l'intensité était 39 % plus basse qu'en 1990.

La production d'électricité et de chaleur, qui représente l'autre volet des industries énergétiques, a elle aussi affiché de fortes hausses. L'augmentation de la demande d'électricité a fait grimper les émissions de GES de 23 Mt entre 1990 et 2008. En 2008, la demande totale d'électricité a été supérieure d'environ 116 térawattheures (TWh) à celle de 1990<sup>10</sup>. Même si la tendance affiche une certaine baisse au cours des dernières années, la proportion toujours plus grande de combustibles fossiles produisant un niveau élevé d'émissions qui sont utilisés dans les méthodes de production a aggravé l'intensité moyenne des émissions de GES de la production d'électricité au cours de cette période. Le sommaire de l'intensité électrique pour les provinces peut être consulté à l'annexe 13 du présent rapport.

L'élément de la tendance qui revêt le plus d'importance est sans contredit l'augmentation des émissions de GES provenant des centrales électriques au charbon à partir du milieu des années 1990. Elles ont ensuite diminué entre 2002 et 2006. Cette baisse est attribuable à la remise en fonction d'un certain nombre de centrales nucléaires et à un engagement de réduire la production de charbon en Ontario, ainsi qu'au passage au gaz naturel dans un certain nombre de régions du pays. Avec une production d'environ 1 % en 2008, les sources d'énergie renouvelables autres que la filière hydroélectrique ont eu un certain impact sur les réductions d'émissions. On prévoit que les répercussions seront plus importantes dans les années à venir à cause de l'augmentation rapide de la capacité installée de la filière éolienne au Canada. Quoi qu'il en soit, les coûts des combustibles et de la production demeureront probablement des facteurs déterminants majeurs de la réduction plus marquée dans l'avenir de la production d'électricité au charbon et des émissions de GES qui l'accompagnent.

Les émissions provenant des transports routiers ont augmenté de 37 Mt (38 %) entre 1990 et 2008. Ce qu'il faut retenir pour ce sous-secteur, c'est l'augmentation de 24 Mt (presque 120 %) des émissions des camions légers à essence. Cette augmentation a été partiellement neutralisée par des baisses de 5,2 Mt des émissions des véhicules légers à essence et de 1,3 Mt des émissions des véhicules alimentés par d'autres types de carburant (propane et gaz

naturel).

La principale cause 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, 2005). Cependant, ce sont les passagers-kilomètres parcourus en camions légers qui ont augmenté, alors que la circulation en voiture a diminué. Cette situation est due au nombre de camions légers sur la route qui a doublé entre 1990 et 2005, alors que le nombre d'automobiles est demeuré sensiblement le même. Étant donné que les camions légers produisent plus d'émissions par kilomètre que les automobiles, la popularité croissante des véhicules utilitaires sport et des camionnettes a aggravé l'incidence sur les émissions de la croissance du nombre de gens qui parcourent de plus longs trajets.

Les recherches incitent à penser<sup>11</sup> qu'au cours de la période 1990 à 2004, près de 10 % de la hausse des émissions provenant des automobiles et des camions légers peut être attribuable uniquement aux changements survenus dans le type de véhicules particuliers que l'on conduit. Ce qui est sans doute encore plus préoccupant, c'est la tendance globale à l'augmentation de la puissance des véhicules, qui a annulé l'amélioration plutôt substantielle de l'efficacité des moteurs à combustion interne.

Les émissions des véhicules lourds à moteur diesel (camions lourds transportant des marchandises) ont augmenté de 18 Mt entre 1990 et 2008, soit une hausse de 90 %. Sous l'effet du libre-échange et de la déréglementation de l'industrie du camionnage, la quantité de marchandises expédiées a rapidement augmenté au cours de cette période. De plus, la quantité de marchandises expédiées par camion (plutôt que par d'autres moyens de transport, comme le train) a augmenté en raison des échanges transfrontaliers et du fait que les clients exigent des livraisons juste-à-temps (RNCAN, 2005).

Le sous-secteur commercial et institutionnel a affiché une augmentation de 9 Mt (36 %) des émissions de GES entre 1990 et 2008. À l'origine d'une telle tendance figure une augmentation de 25,5 % de la superficie utile des immeubles commerciaux et institutionnels (bureaux, écoles, magasins, immeubles gouvernementaux, etc.) survenue entre 1990 et 2005 en conséquence de la croissance de l'économie canadienne pendant cette période. La demande d'énergie dans les édifices commerciaux

10 Statistique Canada, *Guide statistique de l'énergie*. Janvier 2010.

11 Adapté de RNCAN (2005).

dépend également des conditions météorologiques. En termes de degrés-jours de chauffage, l'année 2008 a été plus froide d'environ 2 % que 1990, ce qui a contribué à l'augmentation des émissions.

L'exploitation minière a connu une forte augmentation de ses émissions entre 1990 et 2008, soit 18 Mt (environ 286 %), causée en grande partie par un accroissement de l'activité économique, principalement dans le domaine de l'extraction de pétrole non classique (sables bitumineux).

Le secteur de l'agriculture est le deuxième secteur ayant le plus contribué à la croissance à long terme des émissions de GES, quoique dans une moindre mesure par rapport au secteur de l'énergie. Le secteur de l'agriculture du Canada est composé d'environ 250 000 exploitations, dont 98 % sont détenues par des familles. Les émissions attribuables au secteur de l'agriculture ont représenté 62 Mt ou 8,5 % du total des émissions de GES au Canada. L'agriculture a représenté 26 % et 71 % des émissions nationales de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O, respectivement. Toutes ces émissions proviennent de sources non énergétiques. La hausse de 14 Mt (29 %) des émissions entre 1990 et 2008 résulte avant tout de l'accroissement des populations de bovins de boucherie (29 %), de porcs (24 %) et de volaille (31 %), ainsi que d'une croissance significative (46 %) de l'utilisation d'engrais azotés synthétiques, principalement dans les Prairies.

Outre la réduction déjà mentionnée des émissions des automobiles, trois sous-secteurs des procédés industriels ont contribué à contrebalancer la croissance des émissions de 1990 à 2008 : la production d'acide adipique (industrie chimique), la production d'aluminium et l'utilisation du SF<sub>6</sub> dans les installations de fusion et de moulage du magnésium (deux éléments de la production de métaux).

Dans la seule usine de fabrication d'acide adipique du Canada, l'installation d'un système antipollution en 1997 a entraîné une importante baisse des émissions de N<sub>2</sub>O. Même s'il a été provisoirement mis hors service en 2004 (avec pour conséquence des réductions moins importantes de N<sub>2</sub>O cette année-là), ce système a fait baisser les émissions de GES, en 2008, de 8,3 Mt (78 %) par rapport à 1990.

Dans l'industrie de l'aluminium (qui émet à la fois du CO<sub>2</sub> et des PFC), les émissions de PFC ont diminué grâce à l'utilisation accrue de dispositifs de surveillance électronique et de contrôle automatique des émissions qui permettent de mieux contrôler la réaction à l'anode. De

ce fait, entre 1990 et 2008, les émissions totales de GES attribuables aux procédés des alumineries ont reculé de 1,9 Mt (20 %), alors que la production d'aluminium de première fusion a augmenté de manière significative. Au cours de la même période, les émissions attribuables aux sous-secteurs des procédés industriels, tels que la production de ciment et la production d'ammoniac, ont augmenté considérablement à cause de l'intensification des activités dans les secteurs de la construction et de l'agriculture.

La tendance des émissions provenant de sources et de l'absorption par des puits dans le secteur de l'affectation des terres, des changements d'affectation des terres et de la foresterie (p. ex., sols agricoles, forêts aménagées, terres humides aménagées et changement d'affectation de terres) montre que l'ensemble du secteur peut être un puits net (retrait du dioxyde de carbone dans l'atmosphère) ou une source nette de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. En 2008, le secteur ATCATF a représenté un puits net de 13 Mt. Les tendances dans ce secteur sont principalement tributaires des changements survenant dans les forêts et les terres cultivées aménagées.

Les flux nets des forêts aménagées reflètent le régime erratique des feux de forêt, la tendance des activités de gestion comme les récoltes, ainsi que les répercussions à long terme des importantes infestations d'insectes dans les forêts, comme celle causée par le dendroctone du pin ponderosa en Colombie-Britannique. Pour la première fois depuis 2001 et le début de l'infestation par le dendroctone du pin ponderosa, les forêts aménagées ont agi en tant que puits en 2008 (18 Mt) en raison de l'effet combiné du plus bas taux annuel de récolte au cours de cette période et du plus faible taux d'émissions attribuables aux incendies de forêt depuis 2001.

La catégorie des terres cultivées comprend l'effet des pratiques agricoles sur les émissions et les absorptions de dioxyde de carbone attribuables aux terres arables (sols adaptés aux cultures) et l'impact associé à la conversion de forêts et de prairies en terres cultivées. En 2008, la séquestration du carbone par les terres arables a dépassé les émissions attribuables à la conversion de terres en terres cultivées, ce qui a donné un puits net de 4,4 Mt. L'adoption continue de pratiques de culture sans labour ou de travail réduit du sol et la réduction des jachères d'été ont accru de façon constante la capacité des terres cultivées à agir comme des puits.



Tableau S-3 Émissions canadiennes de GES par secteur, certaines années

E

Greenhouse Gas Categories	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008
<b>TOTAL<sup>1</sup></b>	<b>592 000</b>	<b>641 000</b>	<b>717 000</b>	<b>741 000</b>	<b>731 000</b>	<b>718 000</b>	<b>750 000</b>	<b>734 000</b>
<i>kt CO<sub>2</sub> équivalent</i>								
<b>ÉNERGIE</b>	<b>469 000</b>	<b>510 000</b>	<b>587 000</b>	<b>603 000</b>	<b>593 000</b>	<b>581 000</b>	<b>614 000</b>	<b>597 000</b>
a. Sources de combustion fixes	281 000	293 000	344 000	349 000	336 000	324 000	350 000	335 000
Production d'électricité et de chaleur	95 500	101 000	132 000	127 000	125 000	117 000	125 000	119 000
Industries des combustibles fossiles	51 000	54 000	66 000	72 000	66 000	66 000	70 000	68 000
Raffinage et valorisation du pétrole	16 000	14 000	14 000	18 000	17 000	16 000	18 000	16 000
Production de combustibles fossiles	36 000	40 000	53 000	53 000	49 000	50 000	52 000	52 000
Exploitation minière et extraction de gaz et de pétrole	6 190	7 840	10 400	14 900	15 600	16 800	23 200	23 900
Industries manufacturières	55 000	53 300	53 400	51 500	47 600	47 000	49 400	43 400
Sidérurgie	6 480	7 020	7 160	6 460	6 450	6 220	6 920	6 170
Métaux non ferreux	3 190	3 080	3 190	3 230	3 270	3 230	3 490	3 480
Produits chimiques	7 140	8 510	7 910	6 830	6 400	6 820	7 230	6 690
Pâtes et papiers	13 700	11 700	11 000	9 400	7 180	5 860	5 870	4 540
Ciment	3 830	3 990	4 170	4 620	4 890	5 070	4 750	4 280
Autres industries manufacturières	20 600	19 000	19 900	20 900	19 400	19 800	21 200	18 200
Construction	1 870	1 170	1 070	1 340	1 360	1 300	1 290	1 260
Commercial et institutionnel	25 700	28 900	33 100	37 700	36 700	33 400	34 900	34 900
Résidentiel	43 000	45 000	45 000	43 000	42 000	40 000	44 000	43 000
Agriculture et foresterie	2 390	2 750	2 540	2 090	1 970	1 910	2 240	2 170
b. Transport <sup>2</sup>	145 000	159 000	178 000	188 000	192 000	191 000	199 000	198 000
Transport aérien intérieur	6 400	5 900	6 500	7 800	7 900	7 700	8 800	8 500
Transport routier	98 400	109 000	119 000	129 000	131 000	133 000	136 000	135 000
Véhicules légers à essence	45 800	44 400	42 100	41 100	39 900	39 900	41 000	40 600
Camions légers à essence	20 700	27 900	36 800	42 000	43 100	43 600	44 800	44 800
Véhicules lourds à essence	7 810	6 080	5 290	6 400	6 300	6 430	6 620	6 660
Motos	146	121	158	245	252	256	264	264
Automobiles à moteur diesel	355	327	353	431	432	435	448	446
Camions légers à moteur diesel	707	1 330	1 690	1 990	2 130	2 230	2 320	2 370
Véhicules lourds à moteur diesel	20 700	26 500	31 300	36 500	38 100	38 900	40 000	39 400
Véhicules au propane ou au gaz naturel	2 200	2 100	1 100	860	720	790	830	880
Transport ferroviaire	7 000	6 000	7 000	6 000	6 000	6 000	7 000	7 000
Transport maritime intérieur	5 000	4 400	5 100	6 600	6 400	5 800	6 100	5 800
Autres	29 000	34 000	41 000	38 000	41 000	39 000	41 000	41 000
Véhicules hors route à essence	6 700	6 400	7 600	7 700	7 300	6 700	7 100	6 300
Véhicules hors route à moteur diesel	15 000	16 000	22 000	22 000	23 000	23 000	25 000	28 000
Pipelines	6 850	11 900	11 200	8 470	10 100	9 610	8 940	7 460
c. Sources fugitives	42 700	57 000	64 700	65 600	64 700	65 800	64 700	63 800
Exploitation de la houille	2 000	2 000	900	700	700	700	800	800
Pétrole et gaz naturel	40 700	55 300	63 700	64 900	63 900	65 100	64 000	63 100
Pétrole	4 180	5 150	5 430	5 940	5 650	5 720	5 810	5 520
Gaz naturel	12 900	16 500	19 400	20 400	20 800	21 400	21 300	21 300
Évacuation	19 300	28 600	33 500	33 000	32 000	32 000	31 600	30 800
Torçage	4 400	5 100	5 400	5 600	5 500	6 000	5 300	5 500
<b>PROCÉDÉS INDUSTRIELS</b>	<b>54 800</b>	<b>56 600</b>	<b>51 100</b>	<b>55 400</b>	<b>55 100</b>	<b>54 600</b>	<b>53 200</b>	<b>52 600</b>
a. Produits minéraux	8 300	8 800	9 600	9 500	9 500	9 600	9 300	8 500
Production de ciment	5 400	6 100	6 700	7 100	7 200	7 300	7 300	6 600
Production de chaux	1 800	1 900	1 900	1 800	1 700	1 600	1 600	1 500
Utilisation de produits minéraux <sup>3</sup>	1 090	878	1 020	585	589	660	404	365
b. Industries chimiques	17 000	18 000	8 900	11 000	10 000	9 000	8 900	10 000
Production d'ammoniac	5 000	6 500	6 800	6 800	6 300	6 600	6 200	6 700
Production d'acide nitrique	1 010	1 000	1 230	1 230	1 250	1 230	1 130	1 230
Production d'acide adipique	11 000	11 000	900	3 100	2 600	1 200	1 500	2 400
c. Production de métaux	19 500	19 200	18 900	16 700	16 500	16 800	15 500	15 300
Sidérurgie	7 900	7 900	7 200	7 200	7 020	7 760	7 720	7 440
Production d'aluminium	8 200	7 300	8 200	8 200	7 700	7 300	7 300	7 400
SF <sub>6</sub> utilisé dans les usines de fonte et de moulage de magnésium	2 780	2 190	2 190	1 290	1 390	522	460	
d. Consommation d'halocarbures et de SF <sub>6</sub>	2 300	2 000	4 500	5 500	6 400	6 500	6 700	7 300
e. Autres procédés et procédés indifférenciés	8 000	8 400	9 200	13 000	12 000	13 000	13 000	11 000
<b>UTILISATION DE SOLVANTS ET AUTRES PRODUITS</b>	<b>170</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>210</b>	<b>180</b>	<b>320</b>	<b>320</b>	<b>330</b>
<b>AGRICULTURE</b>	<b>48 000</b>	<b>55 000</b>	<b>59 000</b>	<b>62 000</b>	<b>62 000</b>	<b>61 000</b>	<b>61 000</b>	<b>62 000</b>
a. Fermentation entérique	17 000	20 000	21 000	23 000	24 000	23 000	23 000	22 000
b. Gestion des fumiers	6 000	6 900	7 400	8 000	8 100	8 000	7 800	7 500
c. Sols agricoles	26 000	28 000	30 000	30 000	30 000	30 000	31 000	32 000
Sources directes	14 000	14 000	15 000	15 000	15 000	15 000	16 000	17 000
Fumier de pâturages, de grands parcs et d'enclos	2 600	3 300	3 600	4 000	4 100	4 000	3 900	3 800
Sources indirectes	9 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000
<b>DÉCHETS</b>	<b>19 000</b>	<b>20 000</b>	<b>20 000</b>	<b>21 000</b>	<b>21 000</b>	<b>22 000</b>	<b>21 000</b>	<b>22 000</b>
a. Enfouissement de déchets solides	18 000	19 000	19 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000
b. Épuration des eaux usées	740	790	860	900	900	910	930	940
c. Incinération des déchets	400	350	250	230	240	240	250	250
<b>AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENTS D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE</b>	<b>-52 000</b>	<b>200 000</b>	<b>-80 000</b>	<b>120 000</b>	<b>41 000</b>	<b>41 000</b>	<b>45 000</b>	<b>-13 000</b>
a. Terres forestières	-79 000	180 000	-93 000	110 000	32 000	33 000	38 000	-18 000
b. Terres cultivées	13 000	5 800	1 900	-960	-2 100	-2 300	-3 400	-4 400
c. Prairies	-	-	-	-	-	-	-	-
d. Terres humides	5 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	2 000
e. Zones de peuplement	10 000	9 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	7 000
<b>AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE</b>	<b>10 000</b>	<b>9 000</b>	<b>8 000</b>	<b>8 000</b>	<b>8 000</b>	<b>8 000</b>	<b>8 000</b>	<b>7 000</b>
<i>Activités en application du Protocole de Kyoto</i>								
a. Article 3.3								
Boisement/reboisement	SO <sup>4</sup>	SO	SO	SO	SO	SO	SO	-738
Déboisement	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	14 644
b. Article 3.4								
Gestion des terres cultivées	4 271	SO	SO	SO	SO	SO	SO	-11 503

## Notes:

- Les totaux nationaux excluent tous les GES du secteur Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie. Les estimations concernant les activités du secteur ACATF couvriront les cinq années de la première période d'engagement en vertu du Protocole de Kyoto, soit de 2008 à 2012.
  - Les émissions de l'éthanol utilisé comme combustible sont déclarées dans les sous-catégories de l'essence servant au transport.
  - La catégorie de l'utilisation de produits minéraux englobe les émissions de CO<sub>2</sub> de l'utilisation de la chaux et de la dolomite, du carbonate de sodium et de la magnésite.
  - Les émissions fugitives des activités d'exploitation de la houille pour 2002 et 2003 ont été extrapolées à partir des données publiées sur la production de charbon.
- : aucune émission      <sup>1</sup> SO = Sans objet

Les terres forestières transformées en terres cultivées, en terres humides et en zones de peuplement (non indiqué dans le tableau sommaire) ont entraîné des émissions d'environ 19 Mt en 2008, en baisse par rapport à 27 Mt en 1990. La conversion de forêts et de prairies en terres cultivées montre une diminution constante des émissions de GES, passant de 14 Mt en 1990 à 7 Mt en 2008.

Tableau S-4 Pétrole brut - production, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années

Pétrole brut	1990	2004	2005	2006	2007	2008
Production nationale (PJ)	3 765	5 861	5 754	6 058	6 338	6 264
Croissance depuis 1990	s.o.	56 %	53 %	61 %	68 %	66 %
Énergie importée (PJ)	1 198	2 092	2 072	1 899	1 920	1 896
Croissance depuis 1990	s.o.	75 %	73 %	58 %	60 %	58 %
Énergie exportée (PJ)	1 516	3 769	3 762	4 136	4 124	4 151
Croissance depuis 1990	s.o.	149 %	148 %	173 %	172 %	174 %
Consommation intérieure apparente (PJ)	3 448	4 064	4 219	3 821	4 134	4 008
Croissance depuis 1990	s.o.	21 %	18 %	11 %	20 %	16 %
Émissions dues aux exportations brutes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	20,9	54,6	54,4	58,2	58,4	60,7
Croissance depuis 1990	s.o.	142 %	140 %	178 %	179 %	190 %
Émissions dues aux exportations nettes <sup>1</sup> (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	12,0	38,3	36,9	41,1	41,0	41,7
Croissance depuis 1990	s.o.	218 %	207 %	241 %	241 %	246 %

Notes :

1. Consulter le tableau sur les émissions des exportations nettes.

s.o. = sans objet.

Tableau S-5 Gaz naturel -- Production, importation, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années

Gaz naturel	1990	2004	2005	2006	2007	2008
Production nationale (PJ)	4 184	7 118	7 183	7 196	6 994	6 652
Croissance depuis 1990	s.o.	70 %	72 %	72 %	67 %	59 %
Énergie importée (PJ)	24,2	416,3	363,9	368,9	503,6	596,1
Croissance depuis 1990	s.o.	1 619 %	1 403 %	1 423 %	1 980 %	2 361 %
Énergie exportée (PJ)	1 537	4 035	4 061	3 901	4 117	3 936
Croissance depuis 1990	s.o.	162 %	164 %	154 %	168 %	156 %
Consommation intérieure apparente (PJ)	2 671	3 500	3 486	3 663	3 380	3 313
Croissance depuis 1990	s.o.	31 %	31 %	37 %	27 %	24 %
Émissions dues aux exportations brutes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	12,0	35,0	35,9	34,2	35,7	34,7
Croissance depuis 1990	s.o.	192 %	200 %	186 %	199 %	190 %
Émissions dues aux exportations nettes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	11,8	30,1	31,5	30,3	30,5	28,7
Croissance depuis 1990	s.o.	157 %	169 %	159 %	161 %	145 %

Notes :

1. Consulter le tableau sur les émissions des exportations nettes.

s.o. = sans objet.



Tableau S-6 Total du pétrole brut et du gaz naturel - Production, importation, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années

Pétrole brut et gaz naturel	1990	2004	2005	2006	2007	2008
Production nationale (PJ)	7 949	12 979	12 937	13 254	13 331	12 916
Croissance depuis 1990	s.o.	63 %	63 %	67 %	68 %	62 %
Énergie importée (PJ)	1 222	2 509	2 436	2 268	2 424	2 492
Croissance depuis 1990	s.o.	105 %	99 %	86 %	98 %	104 %
Énergie exportée (PJ)	3 053	7 803	7 822	8 037	8 241	8 807
Croissance depuis 1990	s.o.	156 %	156 %	163 %	170 %	165 %
Consommation intérieure apparente (PJ)	6 119	7 684	7 550	7 484	7 514	7 321
Croissance depuis 1990	s.o.	26 %	23 %	22 %	23 %	20 %
Émissions dues aux exportations brutes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	32,9	89,6	90,3	92,4	94,2	95,4
Croissance depuis 1990	s.o.	172 %	174 %	181 %	186 %	190 %
Émissions dues aux exportations nettes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	23,7	68,3	68,4	71,4	71,5	70,4
Croissance depuis 1990	s.o.	171 %	188 %	201 %	201 %	197 %

Notes :

1. Consulter le tableau sur les émissions des exportations nettes.

s.o. = sans objet.

Tableau S-7 Pétrole brut classique - Production, importation, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années

Pétrole brut et gaz naturel	1990	2004	2005	2006	2007	2008
Production nationale (PJ)	2 978	3 572	3 465	3 441	3 534	3 434
Croissance depuis 1990	s.o.	20 %	16 %	16 %	19 %	15 %
Énergie importée (PJ)	1 198	2 092	2 072	1 899	1 920	1 896
Croissance depuis 1990	s.o.	75 %	73 %	58 %	60 %	58 %
Énergie exportée (PJ)	1 111	2 356	2 287	2 386	2 233	2 160
Croissance depuis 1990	s.o.	113 %	106 %	115 %	101 %	94 %
Consommation intérieure apparente (PJ)	3 066	3 300	3 249	2 954	3 221	3 171
Croissance depuis 1990	s.o.	8 %	6 %	-4 %	5 %	3 %
Émissions dues aux exportations brutes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	11,4	30,0	30,1	30,2	26,5	27,7
Croissance depuis 1990	s.o.	163 %	163 %	164 %	132 %	142 %
Émissions dues aux exportations nettes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	2,6	13,8	12,7	13,0	9,1	8,7
Croissance depuis 1990	s.o.	439 %	396 %	410 %	256 %	240 %

Notes :

1. Consulter le tableau sur les émissions des exportations nettes.

s.o. = sans objet.

Tableau S-9 Pétrole brut non classique - Production, importation, exportation et tendances des émissions de GES, certaines années

Pétrole brut et gaz naturel	1990	2004	2005	2006	2007	2008
Production nationale (PJ)	787	2 288	2 289	2 617	2 804	2 829
Croissance depuis 1990	s.o.	191 %	191 %	233 %	256 %	260 %
Énergie exportée (PJ)	405	1 404	1 475	1 750	1 890	1 992
Croissance depuis 1990	s.o.	247 %	264 %	332 %	367 %	392 %
Consommation intérieure apparente (PJ)	382	884	814	867	913	838
Croissance depuis 1990	s.o.	131 %	113 %	127 %	139 %	119 %
Émissions dues aux exportations brutes (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	9,5	24,5	24,3	28,0	31,9	33,0
Croissance depuis 1990	s.o.	1 582 %	156 %	195 %	236 %	248 %

Notes :

1. Consulter le tableau sur les émissions des exportations nettes.

s.o. = sans objet.

## ES.4 Autres données

### ES.4.1 Émissions dues aux exportations de pétrole et de gaz naturel

Le Canada est riche en ressources de combustibles fossiles, et l'industrie qui s'y rattache contribue de manière significative à son économie. Une quantité de la production de pétrole et de gaz au Canada, nettement plus importante aujourd'hui qu'elle ne l'était par le passé, est vendue sur les marchés mondiaux. Entre 1990 et 2008, les exportations de pétrole ont augmenté de 174 % pour atteindre 4 151 pétajoules (PJ)<sup>12</sup> (presque trois fois le taux de croissance de la production pétrolière) (tableau S-4); les exportations de gaz naturel ont augmenté de 156 %, s'élevant à 3 936 PJ (soit environ 2,5 fois le taux de croissance de la production de gaz naturel) (tableau S-5)<sup>13</sup>. Durant cette période, la somme des exportations de pétrole et de gaz a augmenté de 165 % (tableau S-6). Il est important de noter que les exportations de gaz naturel n'ont pas beaucoup changé depuis 2000. Il est peu probable que l'on observe des augmentations dans l'avenir étant donné que la production diminue à la suite de 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).

12 Le pétajoule (PJ) est une mesure de la teneur en énergie des combustibles.

13 La source de toutes les données d'exportation et de production d'énergie est : Statistique Canada, *Bulletin sur la disponibilité et l'écoulement d'énergie au Canada*, n° 57-003. Les émissions de GES de 1990 à 2007 liées aux exportations nettes proviennent d'Environnement Canada (2008).

Tandis que la production de gaz naturel est en déclin au Canada, la production et l'exportation de sables bitumineux sont en hausse. De 1990 à 2000, les exportations de pétrole brut classique ont augmenté de 121 % mais, de 2000 à 2008, les exportations ont diminué de 12 % (tableau S-7). Cependant, les exportations de pétrole brut non classique<sup>14</sup> provenant des sables bitumineux du Canada sont en constante augmentation (tableau S-8). De 1990 à 2008, les exportations de pétrole brut non classique ont augmenté de 392 %.

L'augmentation des exportations canadiennes de combustibles fossiles a été en partie contrebalancée par celle des importations. Ainsi, on a importé 58 % plus d'énergie tirée de l'exploitation du pétrole brut en 2008 qu'en 1990. La répartition des changements entre les exportations, les importations et la production se traduit par une augmentation de 20 % de la consommation intérieure apparente de pétrole brut et de gaz naturel entre 1990 et 2008 (tableau S-6).

Les activités de l'industrie pétrolière et gazière entraînent des émissions considérables de GES. Entre 1990 et 2008, la croissance des exportations de pétrole et de gaz (surtout vers les États-Unis) a contribué de façon importante à l'augmentation des émissions. Les émissions totales issues de la production, de la transformation et du transport de l'ensemble du pétrole et du gaz destinés à l'exportation étaient d'environ 95 Mt en 2008, soit une hausse de 190 % par rapport à 1990.

14 Le pétrole brut non classique comprend le bitume brut provenant de l'extraction et de sources sur place, de même que le pétrole synthétique.

#### Émissions dues aux exportations nettes

La production, la transformation et le transport de pétrole et de gaz entraînent des émissions considérables de GES. Comme le Canada exporte et importe de grandes quantités de combustibles, le calcul des émissions dues aux exportations nettes dépeint avec plus de précision la situation relative aux émissions résultant de la demande énergétique intérieure. Les émissions dues aux exportations nettes sont les émissions canadiennes dues à l'extraction, à la transformation et au transport des combustibles exportés, moins les émissions étrangères attribuables aux mêmes activités pour les combustibles importés. Elles sont sensiblement équivalentes à la quantité de gaz à effet de serre qui serait attribuée au Canada s'il n'était responsable que des émissions résultant de sa propre demande. Les exportations nettes ont augmenté, passant de 24 MT en 1990 à 70 MT en 2008, une augmentation de 197 % (Tableau S-6)\*.

\* Signalons que les tendances à long terme concernant les émissions des exportations nettes sont plus précises que les émissions des exportations nettes calculées pour une année donnée.

## ES.4.2 Émissions de gaz à effet de serre des provinces et des territoires

Il importe de signaler que les émissions de GES du Canada varient d'une région à l'autre, selon la répartition des ressources naturelles et des industries lourdes au pays. Alors que l'utilisation des ressources naturelles et des produits industriels profite à toutes les régions de l'Amérique du Nord, les émissions de leur production ont tendance à être concentrées dans certaines régions géographiques. C'est ainsi que des provinces et territoires au Canada émettent généralement plus de GES à cause de leur structure économique et industrielle et de leur dépendance relative à l'égard des combustibles fossiles pour la production d'énergie.

## ES.4.3 Le contexte international

Le Canada produit environ 1,5 % du total mondial des émissions de GES. En 2008, le Canada a émis 22,0 t de GES par habitant, ce qui représente une hausse de 3,1 % par rapport à 1990. Bien que le Canada soit l'un des plus importants émetteurs par habitant, en grande partie en raison de la taille du pays, de son climat (demandes énergétiques) et de son économie fondée sur les ressources, ce niveau est environ 4 % inférieur au taux correspondant pour les États-Unis.

Sur le plan de la croissance des émissions totales anthropiques de GES, le Canada s'est classé au sixième rang parmi les neuf Parties de l'annexe I dont les émissions ont augmenté de plus de 20 % au cours de la période de 1990 à 2007<sup>15</sup>. Le Canada, dont la cible de Kyoto est une réduction de 6 % de ses émissions, a connu une hausse de 26 % (d'après son rapport d'inventaire de 2009) comparativement à une hausse de 54 % pour l'Espagne (cible de réduction de 8 %<sup>16</sup>), à une hausse de 25 % pour la Grèce (cible de réduction de 8 %<sup>15</sup>) et à une hausse de 8 % pour le Japon (cible de réduction de 6 %<sup>15</sup>). Les Parties dont les émissions avaient diminué avant la fin 2007 sont l'Union européenne (UE), avec une baisse de 4 % (cible de réduction de 8 %<sup>15</sup>), le Royaume-Uni, avec une baisse de 17 % (cible de réduction de 8 %<sup>15</sup>) et l'Allemagne, avec une baisse de 21 % (cible de réduction de 8 %<sup>15</sup>)<sup>17</sup>.

15 Ces estimations globales sont basées sur les données provenant des Parties ayant soumis des inventaires à la CCNUCC en 2008. Source : CCNUCC (2009), disponible en ligne à [http://unfccc.int/ghg\\_data/ghg\\_data\\_unfccc/time\\_series\\_annex\\_i/items/3841.php](http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/time_series_annex_i/items/3841.php)

16 Bien que cette cible de réduction de 8 % ait été convenue individuellement par toutes les Parties de l'Union européenne (UE) en application du Protocole de Kyoto, ces pays ont aussi conclu une entente distincte aux termes de la « bulle de l'Union européenne ». Cette entente enjoint chaque pays membre européen à atteindre différentes cibles, lesquelles ont été établies afin de tenir compte des différences individuelles de manière à atteindre la cible de réduction collective de l'UE fixée à 8 %.

17 Pour plus d'information, voir le chapitre 2b.



# Chapter 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 s'expriment généralement 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.

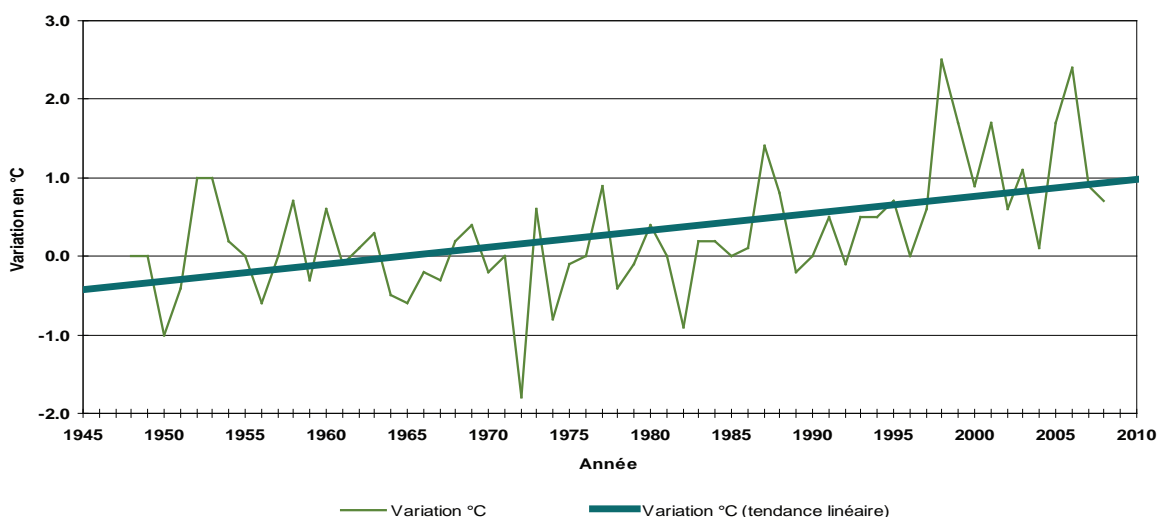
Par ailleurs, le climat désigne le régime météorologique

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 38 %, celle de méthane ( $\text{CH}_4$ ) de 157 %, et celle d'oxyde de diazote ( $\text{N}_2\text{O}$ ) de 19 % (OMM, 2009). 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

Figure 1-1 Variations des températures annuelles du Canada et tendance à long terme, 1948-2008, en °C



Source : Environnement Canada (2009)

d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (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 changements climatiques auront des répercussions qui se traduiront par des phénomènes météorologiques extrêmes, une diminution des ressources d'eaux douces, un accroissement des risques, 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 2008 a été de 0,7 °C au dessus de la normale. Depuis 1993, les températures annuelles au Canada sont demeurées au dessus de la normale ou près de celle-ci, et elles présentent une tendance au réchauffement de 1,3 °C depuis 61 ans (Figure 1–1).

### 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 visant à atteindre son objectif et à 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 source et des absorptions par les puits de tous les GES qui ne sont pas réglementés par le Protocole de Montréal en se servant de 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 1990-2008. Ce document, y compris les tableaux du Cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR), a été préparé conformément à la Décision 18/CP.8 de la Convention et d'autres décisions connexes.

### 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, SF<sub>6</sub>, PFC et 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 comme les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), le monoxyde de carbone (CO) et les COVNM, de même que les aérosols produits par le dioxyde de soufre (SO<sub>2</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 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

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.



dioxyde de carbone sont aussi injectées directement dans l'atmosphère par les émissions volcaniques et par de lents processus géologiques tels que l'altération climatique des roches (Environnement Canada, 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 (Environnement Canada, 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, lesquelles sont mesurées à l'échelle planétaire 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, le chauffage et la climatisation 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 ruminants 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. Perfluorocarbones (PFC)

Les PFC forment une classe de substances chimiques d'origine humaine composés 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 chlorofluorocarbones (CFC) qui entrent dans la fabrication des semi conducteurs. Les PFC sont aussi utilisés comme solvants au sein de l'industrie des produits électroniques et comme frigorigène dans certains systèmes de réfrigération spécialisés. En plus d'être libérés durant leur consommation, ils sont émis en tant que sous produit durant la production d'aluminium.

### 1.1.2.5. Hydrofluorocarbones (HFC)

Les HFC forment une classe de composés chimiques d'origine humaine qui contiennent seulement du fluor, du carbone et de l'hydrogène, et 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 chlorofluorocarbones (CFC), les hydrochlorofluorocarbones (HCFC) et les halons dans diverses applications comme la réfrigération, l'extinction des incendies, la fabrication de semi conducteurs et le gonflement de la mousse.

### 1.1.2.6. Hexafluorure de soufre (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), 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

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).

Tableau 1–1 PRP et durées 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 10mme	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	1.5
HFC 143a	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub> (CF <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> )	3 800	3.8
HFC 152a	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub> (CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> )	140	48.3
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

Note:

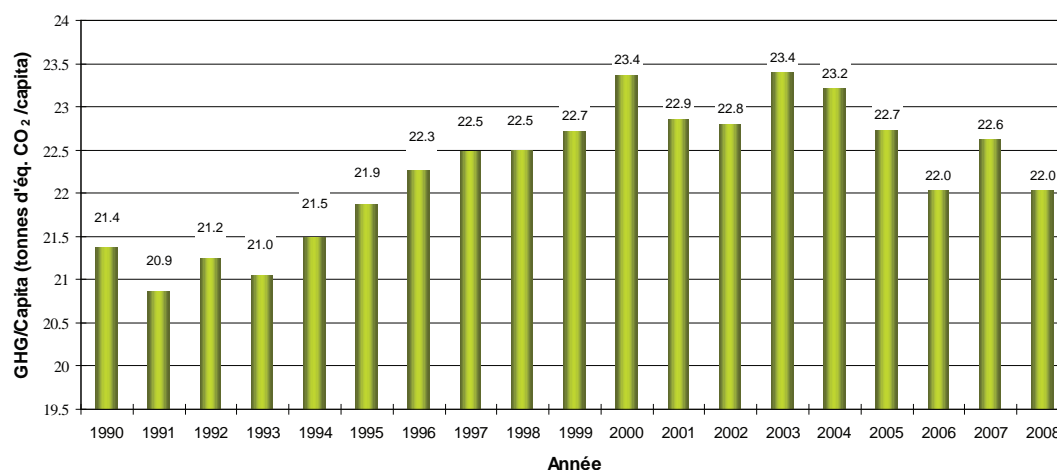
The Le PRP du CH<sub>4</sub> inclut son effet direct et les effets indirects dus à la production d'ozone dans la troposphère et de vapeur d'eau dans la stratosphère. Les effets indirects dus à la formation de CO<sub>2</sub> ne sont pas inclus.

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 atmosphérique : GIEC (1995), tableau 2.9.

Figure 1-2 Tendence des émissions de GES par personne au Canada, 1990-2008



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 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>) sur 100 ans 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>.

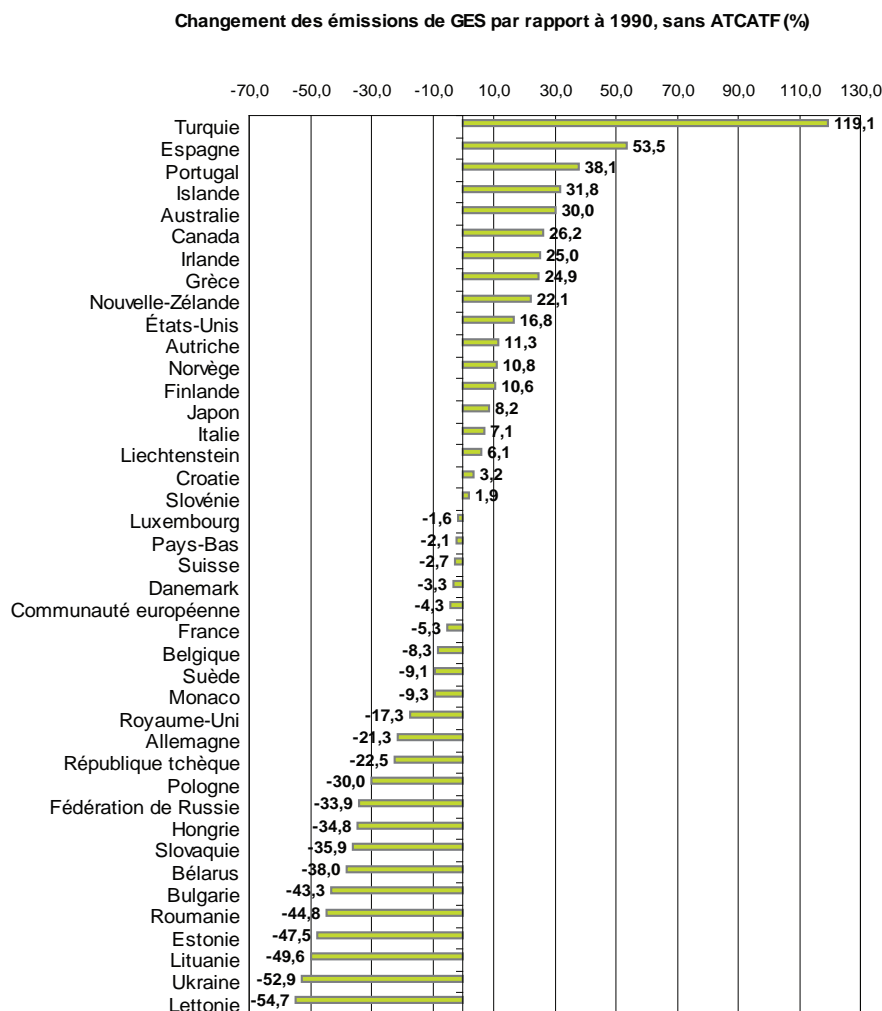
Conformément à la Décision 2/CP.3, on utilise dans ce rapport, le PRP sur 100 ans recommandé par le GIEC dans son Deuxième Rapport d'évaluation (Tableau 1-1) et demandé par la CCNUCC aux fins des rapports d'inventaire.

### 1.1.3. Contribution du Canada

Même si le Canada ne contribue qu'à environ 2 % des émissions mondiales de GES, 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 21,4 t de GES par personne. En 2008, ce chiffre est passé à 22,0 t (Figure 1-2).

En termes de croissance des émissions anthropiques totales de GES, exception faite du secteur ATCATF, le Canada se classe au sixième rang des Parties visées à l'Annexe 1, avec une augmentation de ses émissions de 26,2 % entre 1990 et 2007 (Figure 1-3) et au premier rang des pays du G8.

Figure 1–3 Changement des émissions agrégées de GES pour les Parties visées à l'Annexe I, 1990–2007, sans le secteur ATCATF



Source: CCNUCC (2009a).

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

La section suivante décrit le système d'inventaire national, le registre 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. Une nouvelle annexe, l'annexe 11, contient des renseignements supplémentaires sur certaines exigences de l'article 7 du Protocole de Kyoto, ainsi qu'un complément d'information détaillé sur le registre national et des précisions supplémentaires sur

les articles 3.3 et 3.4.

L'entité nationale responsable du système d'inventaire national du Canada est la Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada. Voici les coordonnées de l'agent de coordination de l'inventaire national est le suivant :

### Art Jaques, Directeur

Division des gaz à effet de serre  
Direction générale de la Science et de l'Évaluation des risques  
Direction générale de la science et de la technologie  
Environnement Canada  
10<sup>e</sup> étage, 200, boul. Sacré-Cœur  
Gatineau (Québec) K1A 0H3  
Téléphone : 1-819-994-3098  
Télec. : 1-819-953-3006  
Courriel : art.jaques@ec.gc.ca

Une description détaillée des fonctions de la Division des gaz à effet de serre est présentée dans la section des Dispositions institutionnelles (1.2.3) ci dessous.

### 1.2.1. Le système national

Aux termes de l'article 5, paragraphe 1 du Protocole de Kyoto, chaque Partie au Protocole figurant à l'annexe I doit avoir mis en place, au plus tard le 1<sup>er</sup> janvier 2007, un système national d'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. Le système national inclut les dispositions institutionnelles, juridiques et procédurales nécessaires pour faire en sorte que les Parties honorent leurs obligations de déclaration, que les inventaires préparés soient de bonne qualité et qu'ils soient assortis d'une documentation et d'archives adéquates pour faciliter les examens par des tiers et pour qu'on puisse évaluer le respect des objectifs fixés en vertu du Protocole de Kyoto.

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, 2008b).

### 1.2.2. Registre national du Canada

Pour évaluer le respect des objectifs fixés aux termes du Protocole de Kyoto, on compare les émissions totales de GES indiquées dans l'inventaire d'un pays pour la période 2008-2012 avec les unités de conformité totales de Kyoto détenues par ce pays pour la même période. En conformité avec l'article 7.4 du Protocole de Kyoto, le Canada a élaboré un registre national, lequel est entré en vigueur le 12 février 2010.

### 1.2.3. Dispositions institutionnelles

La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999) [LCPE 1999] confère à Environnement Canada l'autorité législative pour établir le système national et désigner la Division des gaz à effet de serre comme unique entité nationale chargée de la préparation et de la présentation de l'inventaire national à la CCNUCC (Gouvernement du Canada, 1999). Consciente de la nécessité de recourir aux meilleures expertises et informations techniques et scientifiques disponibles, conformément aux bonnes pratiques et aux normes internationales de qualité, la Division des GES a défini des rôles et responsabilités pour la préparation de l'inventaire, tant à l'interne qu'à l'externe.

La Figure 1–4 montre les divers intervenants de l'organisme d'inventoriage et leurs contributions respectives.

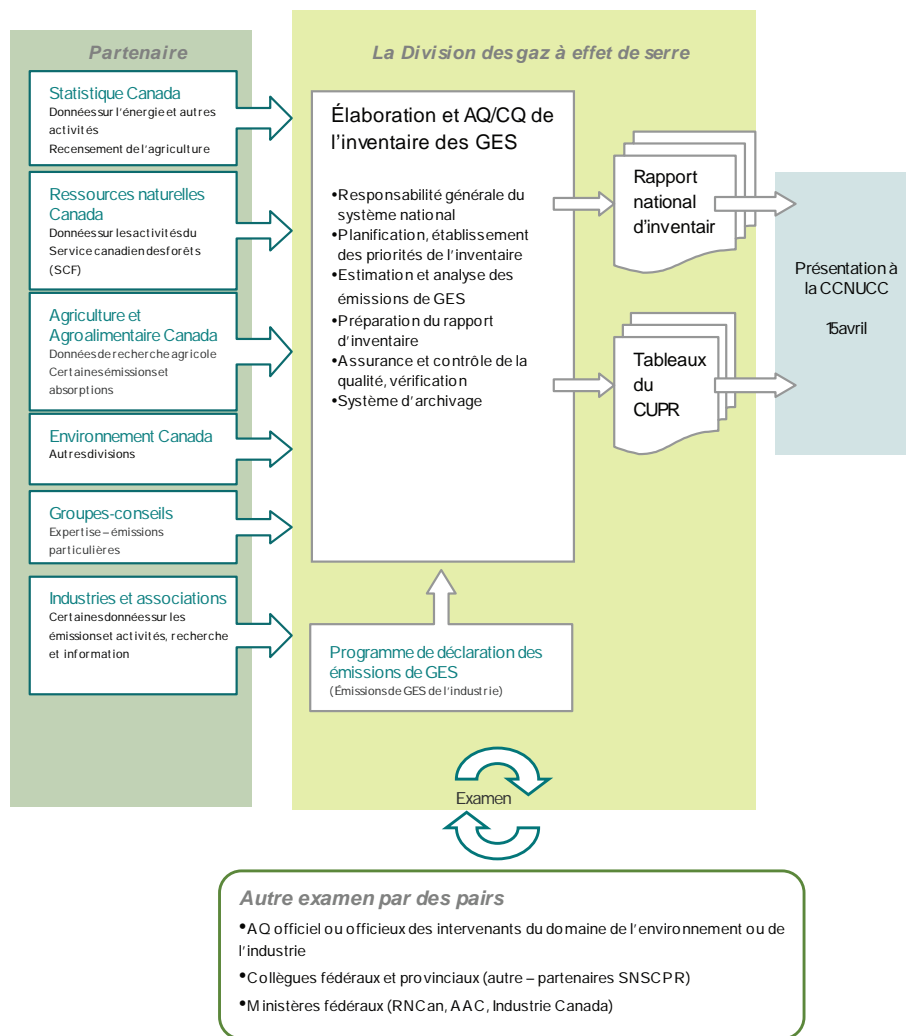
Les experts en inventaires de la Division des GES développent, analysent et vérifient les données d'activités, les méthodes, les coefficients d'émissions et les estimations des émissions et des absorptions. La Division élabore, déclare et publie le RIN et les tableaux du Cadre uniformisé de présentation de rapports. Elle gère la qualité et les systèmes d'archivage, fait l'analyse des tendances, publie des feuillets d'information et agit comme centrale des informations sur les GES et des orientations techniques pour la quantification des GES. En outre, la Division des GES gère le Programme de déclaration des GES (PDGES), obligatoire, pour les installations émettant chaque année plus de 100 kt d'équivalent CO<sub>2</sub>, tel que décrit à la section 1.4.1.

Des groupes d'Environnement Canada externes à la Division des GES fournissent également des données sur les déchets et leur gestion, sur l'utilisation résidentielle de la biomasse comme combustible et sur les émissions d'hexafluorure de soufre et de précurseurs de l'ozone et des aérosols.

Comme les sources et puits de gaz à effet de serre sont associés à un nombre énorme d'activités et de secteurs économiques, la Division des GES a dû nouer, avec des fournisseurs de données et contributeurs experts, des partenariats prenant diverses formes, officielles ou non.

L'organisme national de statistiques du Canada, Statistique Canada, a fourni à Environnement Canada une grande partie des données sur les activités nécessaires pour

Figure 1–4 Partenaires du système national



estimer les émissions de gaz à effet de serre des secteurs de l'énergie et des procédés industriels. C'est la Division de la fabrication, de la construction, et de l'énergie (DFCE) de Statistique Canada qui est responsable de recueillir, compiler et diffuser les informations sur le bilan énergétique 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'un protocole d'entente conclu entre l'organisme et le ministère.

On extrait des données sur l'énergie et les combustibles fossiles de divers recensements mensuels et annuels et d'enquêtes menées auprès des industries, des organismes fédéraux, des ministères de l'Énergie provinciaux et du Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie (CIEEDAC). La DFCE effectue également chaque année une Enquête

sur la consommation industrielle d'énergie (ECIE); il s'agit d'une étude complète des industries qui alimente l'élaboration du bilan énergétique et sert à vérifier les données recueillies lors de ses enquêtes sur la disponibilité et l'écoulement.

Le système de gestion de la qualité de Statistique Canada pour le bilan énergétique inclut un processus d'examen interne et externe. Étant donné la complexité des données sur l'énergie, un Groupe de travail sur les statistiques énergétiques, composé de représentants de Statistique Canada, d'Environnement Canada et de Ressources naturelles Canada, a été créé pour fournir avis, orientation et 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 énergétique.

D'autres groupes de Statistique Canada sont également chargés de recueillir des 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 (régions où l'on pratique diverses cultures, fait de la production agricole et utilise diverses pratiques de gestion) par le biais du Recensement de l'agriculture, et fournit des données sur d'autres activités telles que la population animale.

Ressources naturelles Canada (RNCAN) est un partenaire important d'Environnement Canada, qui 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. La Division de l'analyse et de la modélisation de RNCAN a la responsabilité de préparer des prévisions énergétiques pour le Canada. Les données sur l'efficacité énergétique du parc de véhicules routiers sont fournies par les ministères fédéraux des Transports et Ressources naturelles Canada.

En 2004, Environnement Canada a désigné des responsabilités officielles au Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada (RNCAN SCF) ainsi qu'à Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) 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 de la Direction de la recherche d'AAC et du RNCAN SCF. Trois groupes de travail techniques sont respectivement chargés des sous-secteurs de la foresterie, de l'agriculture et du changement d'affectation des terres, de manière que les meilleures informations et données disponibles issues des recherches scientifiques soient intégrées dans le secteur ATCATF de l'inventaire.

Chaque année, le RNCAN SCF établit et met à disposition des estimations des GES attribuables aux forêts du secteur ATCATF (dont le déboisement et le boisement); AAC offre des estimations des GES attribuables aux terres cultivées

et aux prairies. Fournies au plus tard le 15 novembre de chaque année, ces estimations doivent être accompagnées d'une documentation exhaustive et transparente, avec analyse de l'incertitude et contrôle de la qualité. Le RNCAN SCF a développé le Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports concernant le carbone des forêts (SNSCPR CF) et celui de l'agriculture (SNSCPR AC), qui ont tous deux contribué à améliorer considérablement le secteur ATCATF. Environnement Canada établit des estimations pour d'autres catégories du secteur ATCATF, effectue l'assurance de la qualité et joue un rôle intégrateur, assurant l'uniformité dans le système de représentation des terres. Outre sa responsabilité dans le SNSCPR ATCATF, AAC contribue également à la préparation de l'inventaire du secteur de l'Agriculture, de concert avec EC.

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.

La Division des gaz à effet de serre collabore avec les gouvernements des provinces et des territoires, à la fois sur une base bilatérale et par l'intermédiaire du Groupe de travail sur les projections des émissions.

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. L'industrie est un partenaire clé pour tous les secteurs de l'inventaire; elle fournit une expertise concrète des coefficients d'émission, des données d'activité ou des estimations de GES. 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, les entreprises membres de l'Institut canadien des engrais et les entreprises spécialisées dans l'importation et la distribution de HFC afin de présenter annuellement leurs données sur les émissions de GES et leurs 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).

Le calendrier de production de 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 est chargé de préparer le calendrier 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, en collaboration avec les gouvernements provinciaux et territoriaux et du plan d'amélioration pour déterminer les priorités et les aspects à améliorer. À partir de ces résultats, les méthodologies et coefficients d'émission sont revus, élaborés ou raffinés au besoin au cours de la période de mai à septembre. Des révisions d'assurance de la qualité (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 et un rapport national sont préparés par des spécialistes de l'industrie. Les émissions sont calculées par des spécialistes désignés de l'établissement des inventaires et elles sont examinées à l'interne avant d'être déclarées, selon les lignes directrices de la CCNUCC, dans le CUPR et le RIN. 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 sur les incertitudes et la préparation de la documentation.

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

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

Habituellement, le rapport d'inventaire national est compilé annuellement avant février et son contenu est envoyé aux fins d'examen par un groupe fédéral/provincial/territorial de spécialistes (Groupe de travail sur les émissions et les projections du Comité national de coordination sur les questions atmosphériques). Une fois cet examen terminé, un RIN préliminaire et un sommaire des données et de l'analyse des tendances sont préparés en vue de l'approbation pour la présentation au secrétariat de la CCNUCC. Dans le processus d'examen de l'inventaire national et des résultats, plusieurs séances d'information de hauts fonctionnaires ont habituellement lieu avant que le rapport soit présenté au ministre. Une fois l'approbation reçue, 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 adoptées par la CCNUCC.

Même si elles ne sont pas obligatoires, les nouvelles 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 des 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 stoechiométrie, 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 généralement 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 dizaines d'années. La méthode d'estimation des émissions et des absorptions la plus pratique peut exiger de combiner des mesures répétées et la modélisation. La nécessité de séparer les effets anthropiques des vastes puits 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 d'activités nécessaires ne le soient pas à l'échelle nationale, 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 gaz à effet de serre d'Environnement Canada. Ces activités d'amélioration de la méthodologie et des données sont menées afin d'améliorer encore plus la transparence de l'inventaire national, son exhaustivité, son exactitude, son uniformité et sa comparabilité. De ce fait, les changements qui touchent les données ou les méthodes conduisent souvent à recalculer les estimations des GES pour la totalité des séries chronologiques allant de l'année de référence 1990 à l'année la plus récente. Le chapitre 9 explique plus en détail les méthodes utilisées pour recalculer les estimations et les améliorations appor-

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

tées 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). Le PDGES continue de faire partie des efforts continus du Canada visant à élaborer, par l'entremise d'un processus coopératif avec les provinces et les territoires, un système uniforme et efficace de déclaration obligatoire qui réduit le plus possible les chevauchements et allège les tâches qui incombent aux entreprises et aux gouvernements. Les quatre principaux objectifs du programme consistent à fournir aux Canadiens une information opportune sur les émissions de GES, à obtenir des renseignements plus détaillés pour l'inventaire national des gaz à effet de serre, à respecter les exigences provinciales et territoriales relatives aux données sur les émissions de GES et à appuyer l'élaboration de règlements. Tel que publié dans la *Gazette du Canada*, les installations qui émettent 100 kt d'équivalent CO<sub>2</sub> ou plus au cours des années 2004 à 2008 ont dû présenter un rapport d'émissions de GES au plus tard le 1<sup>er</sup> juin de l'année suivante. Le seuil d'émissions pour l'année 2009 a été baissé à 50 kt. On encourage les installations dont les émissions de GES sont inférieures au seuil de déclaration à présenter un rapport, sur une base volontaire.

Les installations industrielles qui produisent des rapports sur les émissions de gaz à effet de serre 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 et les usines de produits chimiques. 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. Les installations déclarantes sont encouragées à utiliser des méthodes qui respectent les lignes directrices adoptées par la CCNUCC et élaborées par le GIEC, et qui sont utilisées pour préparer l'inventaire national des GES.

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.

Le site Internet sur les GES (<http://www.ec.gc.ca/ghg>) fournit un accès public aux informations sur les émissions de GES déclarées (totaux de GES par gaz et par installation).

#### 1.4.1.1. Émissions de GES déclarées pour 2008 par les installations

Au cours de cette cinquième année de déclaration, les données recueillies sur les émissions de GES portent sur la période de 2004 à 2008. Un total de 350 installations ont présenté une déclaration sur des émissions de GES pour l'année civile 2008, et ces installations ont émis ensemble un total de 263 Mt de GES<sup>5</sup>. Les installations peuvent

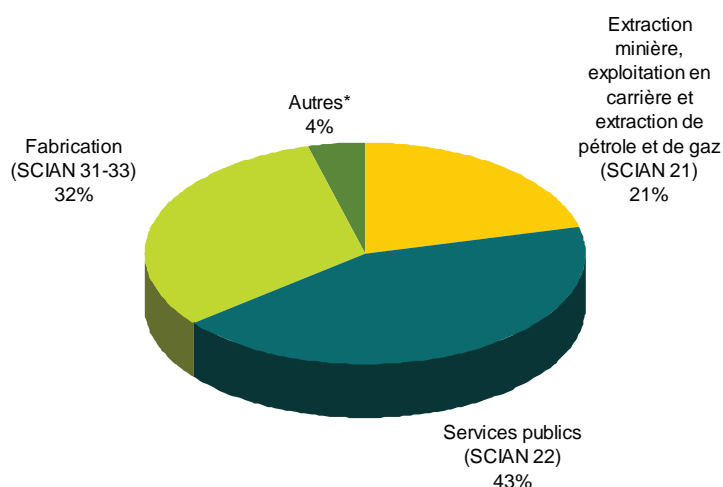
Tableau 1–2 Facility-Reported 2008 GHG Emissions by Province

Province	Nombre d'installations	Émissions totales (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )	Pourcentage des émissions totales (%)
Terre-Neuve-et-Labrador	7	5 273	2
Île du-Prince-Édouard	1	99	0
Nouvelle-Écosse	9	11 104	4
Nouveau-Brunswick	12	10 284	3
Québec	46	20 002	8
Ontario	87	66 911	26
Manitoba	9	2 367	1
Saskatchewan	24	21 885	8
Alberta	109	110 921	42
Colombie-Britannique	43	13 186	5
Territoires du Nord-Ouest	3	534	0
Total	350	262 565	100

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

5 Données présentées comme étant actuelles en date du 14 septembre 2009.

Figure 1-5 Émissions de GES déclarées en 2008 par les installations, par secteur industriel



\* « Autre » comprend les secteurs du « Transport et de l'entreposage » de même que les « Services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement ».

déclarer sur une base volontaire leurs émissions de GES si celles-ci sont inférieures au seuil de déclaration, et 53 installations l'ont fait en 2009. Les installations de l'Alberta ont représenté la plus grande partie des émissions déclarées, soit environ 42 % des émissions totales, suivies par celles de l'Ontario (26 %). Les installations de la Saskatchewan et du Québec ont représenté 8 % des émissions déclarées (voir le Tableau 1-2).

Au moment de rédiger le rapport sur les GES, un déclarant est requis de définir les principales activités effectuées à ses installations en choisissant le code du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) qui correspond à ses activités. Trois secteurs industriels ont représenté la majorité des émissions de GES : le secteur

des services, principalement les installations générant de l'électricité, représentant 43 %; le secteur manufacturier, représentant 32 % des émissions; et le secteur de l'exploitation des mines et des carrières et de l'extraction du pétrole et du gaz, représentant 21 % des émissions (voir la Figure 1-5).

#### 1.4.1.2. Tendances à court terme pour les émissions de GES déclarées pour 2007-2008

Au cours de la dernière année, le total des émissions déclarées a diminué de 15,7 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> (6 %). Cette diminution a été observée dans tous les secteurs, alors que le secteur des services et le secteur manufacturier ont

Tableau 1-3 Tendances à court terme par secteur, 2007-2008, toutes les installations

Toutes les installations		Nombre d'installations		Émissions (kt d'éq.CO <sub>2</sub> )		
SCIAN	Secteur	2007	2008	2007	2008	Différence
21	Exploitation des mines et des carrières et extraction du pétrole et du gaz	83	85	57 022	55 568	1 453
22	Services	78	82	121 821	113, 110	-8 711
31-33	Manufacturier	160	152	86 703	82 913	-3 790
Autre	Autre	31	31	12 756	10 972	-1 782
	Total	352	350	278 301	262 565	-15 736

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

1. SCIAN = Système de classification des industries de l'Amérique du Nord.

2. Autre = Comprend un certain nombre de petits secteurs (p. ex., transport de gaz naturel par gazoduc ainsi que gestion et élimination des déchets).

présenté la plus forte diminution (8,7 Mt et 3,8 Mt, respectivement) voir le Tableau 1–3). Ces changements quant aux émissions déclarées sont possiblement liés aux différences sur le plan du nombre d'installations déclarant des émissions, à la variabilité du volume de production ou de l'exploitation (p. ex., fermeture d'usine, arrêt d'exploitation, diminution de la demande), à des facteurs économiques ou à des efforts en matière de réduction des émissions.

Des six GES déclarés, l'hexafluorure de soufre a présenté le plus fort pourcentage de diminution (93 %) en raison de la fermeture d'installations de production de magnésium au cours de la dernière année.

Parmi les provinces et les territoires, la Colombie-Britannique et les Territoires du Nord-Ouest ont présenté une augmentation des émissions déclarées, tandis que d'autres provinces ont connu une diminution des émissions déclarées (voir la Figure 1–6).

L'augmentation observée en Colombie-Britannique est principalement due à une augmentation des émissions découlant de l'extraction de pétrole et de gaz par des méthodes classiques, tandis que les Territoires du Nord-Ouest ont connu une augmentation des émissions en raison de l'exploitation minière du diamant.

L'Ontario a déclaré la plus forte baisse sur le plan des émissions (7,0 Mt), et la majorité de celles-ci ont été observées dans le secteur des services, principalement dans celui de la production d'électricité à partir de combustibles fossiles (5,2 Mt), alors qu'une baisse de 1,1 Mt des émissions a été

déclarée pour le secteur manufacturier. La diminution des émissions provenant du secteur des services est le résultat de la combinaison de conditions hydrauliques, de l'activité économique et de l'augmentation des efforts de conservation. L'été frais a entraîné une production record d'hydroélectricité (source émettant peu de GES) et une faible demande en électricité. La production d'électricité par combustion du charbon a diminué de 18 % par rapport à 2007 (Société indépendante d'exploitation du réseau d'électricité, 2009).

Les émissions de l'Alberta ont diminué de 3,5 Mt. Les deux plus importantes réductions sont attribuables aux activités d'extraction du pétrole et du gaz et au secteur des services (1,4 Mt chacun). La diminution des émissions du secteur des services est due à des interruptions prévues et imprévues entraînant une réduction de 1,3 % de la production d'électricité au charbon par rapport à 2007 (Alberta Electric System Operator, 2009).

Le Québec a connu une diminution de 3,4 Mt de ses émissions, en grande partie attribuable à une baisse de 1,8 Mt des émissions du secteur manufacturier, suivie par une diminution de 1,6 Mt des émissions du secteur des services. L'arrêt de la production d'électricité à partir d'une installation alimentée au gaz naturel a entraîné la baisse des émissions du secteur des services (Hydro Québec, 2009).

Les installations comparables sont celles ayant déclaré des émissions de GES tous les ans de 2004 à 2008. Au moment de comparer les émissions entre l'ensemble des instal-

Figure 1–6 Tendances provinciales à court terme pour les émissions de GES déclarées, 2007–2008

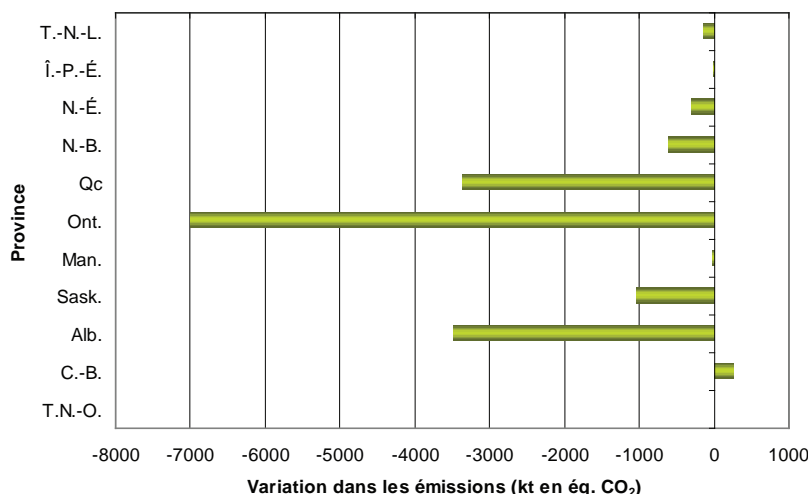
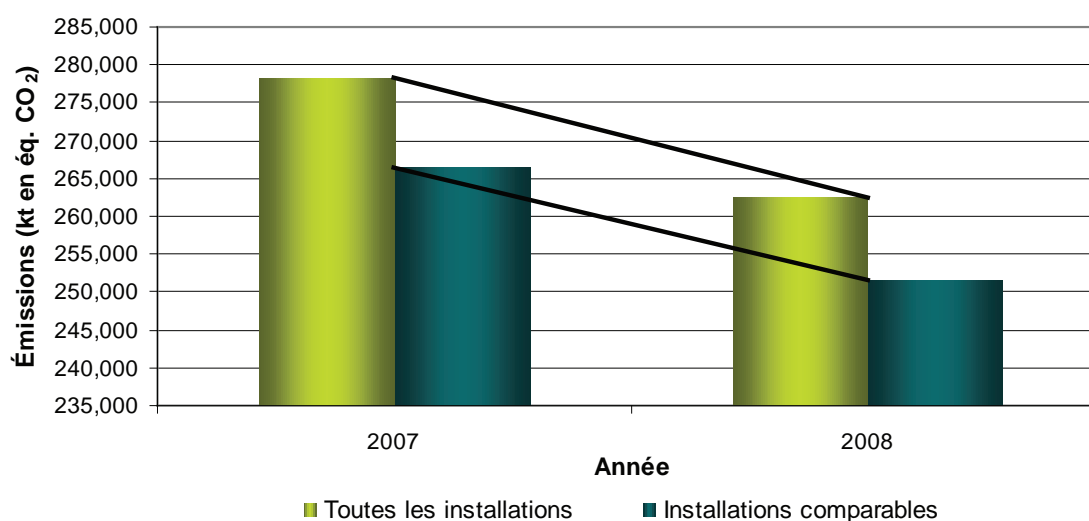


Figure 1-7 Comparaison des émissions déclarées par des installations comparables et par l'ensemble des installations, 2007-2008



l'ensemble des installations et les installations comparables, les installations comparables étaient plus susceptibles de dicter la tendance sur le plan des émissions (voir la Figure 1-7). Ainsi, la compréhension de la tendance qui se dégage des installations comparables fournit une représentation plus exacte de la tendance générale, puisqu'elle élimine la variabilité quant au nombre d'installations déclarant des émissions chaque année. On compte 275 installations comparables, lesquelles représentent généralement plus de 95 % des émissions déclarées par l'ensemble des installations au cours d'une année donnée. À partir d'ici, les données et les analyses déclarées par les installations mettront l'accent

sur les installations comparables et leurs émissions.

La comparaison des industries et de la variation globale de leurs émissions a révélé que la production d'électricité à partir de combustibles fossiles s'est classée au premier rang avec une diminution des émissions de 7,6 Mt, suivie par l'extraction de pétrole par des méthodes non classiques avec une baisse de 2,9 Mt. Au total, les industries indiquées à la Figure 1-8 représentent une diminution de 14,8 Mt (94 % de la diminution totale à court terme). Tel qu'indiqué ci dessus, un certain nombre de facteurs contribuent aux variations des émissions.

Figure 1-8 Cinq principales variations à court terme sur le plan des émissions déclarées par les installations, par industrie, 2007-2008, installations comparables

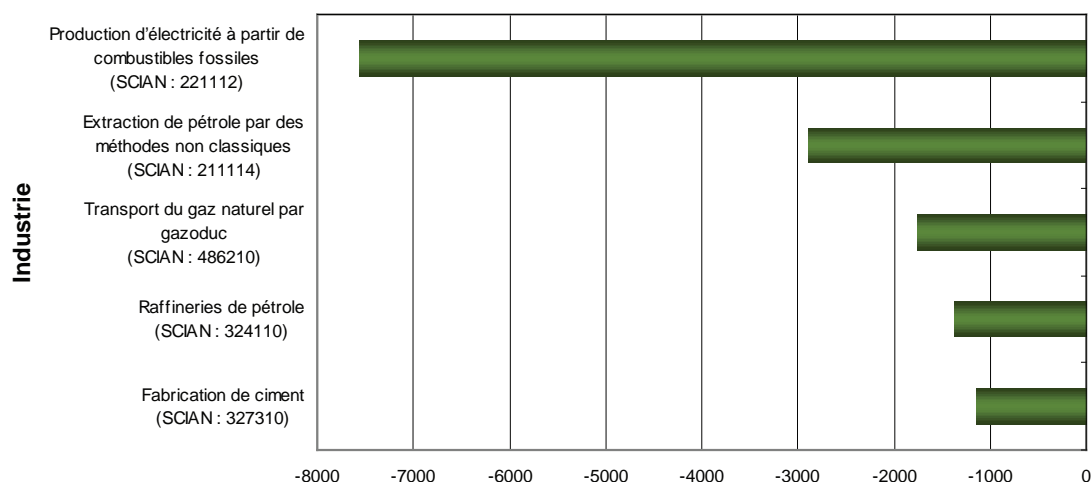


Tableau 1-4 Tendence à long terme des émissions déclarées, 2004–2008, toutes les installations

Toutes les installations	2004	2005	2006	2007	2008
Nombre d'installations	326	337	345	352	350
Émissions (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )	278 315	278 018	271 941	278 301	262 565
Variation annuelle (%)	s.o.	-0,1	-2,2	2,3	-5,7
Variation depuis 2004 (%)	s.o.	-0,1	-2,3	-0,0	-5,7

s.o.= Sans objet

Tableau 1-5 Tendence à long terme des émissions déclarées, 2004–2008, installations comparables

Installations comparables	2004	2005	2006	2007	2008
Nombre d'installations	326	337	345	352	350
Émissions (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )	278 315	278 018	271 941	278 301	262 565
Variation annuelle (%)	s.o.	-0,1	-2,2	2,3	-5,7
Variation depuis 2004 (%)	s.o.	-0,1	-2,3	-0,0	-5,7

s.o.= Sans objet

### 1.4.1.3. Tendances à long terme pour les émissions de GES déclarées, 2004–2008

À long terme, le nombre total d'installations ayant déclaré des émissions est passé de 326 en 2004 à 350 en 2008, tandis que le total des émissions a diminué de 16 Mt (6 %) au cours de la même période (voir le Tableau 1-4). Si l'on met l'accent sur les installations comparables à long terme (2004–2008), on peut voir que les émissions ont diminué de 14,1 Mt durant cette période (voir le Tableau 1-5), ce qui représente une réduction de 5 % des émissions déclarée au cours de cette période.

La tendance provinciale/territoriale à long terme (Figure 1-9) est semblable à la tendance à court terme, alors que la plupart des provinces et territoires affichent une diminution des émissions. Cependant, l'Alberta a connu une légère augmentation, en grande partie attribuable à une augmentation de 3,8 Mt découlant de l'extraction du pétrole par des méthodes non classiques. La diminution des émissions en Ontario est principalement due à une baisse de 5,3 Mt dans le secteur manufacturier, suivie par une baisse de 1,1 Mt dans le secteur des services. Le Nouveau Brunswick a affiché une baisse de 2,6 Mt des émissions, attribuable à une diminution de 2,2 Mt des émissions du secteur des services. Les émissions de la Co-

Figure 1-9 Tendence provinciale à long terme des émissions déclarées, 2004–2008, installations comparables

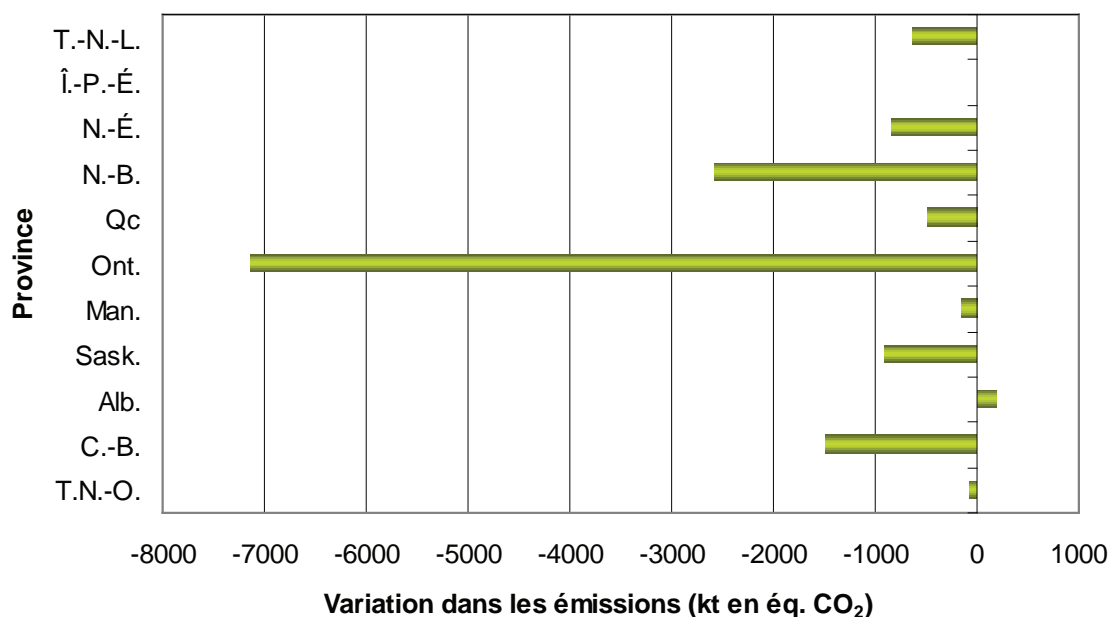
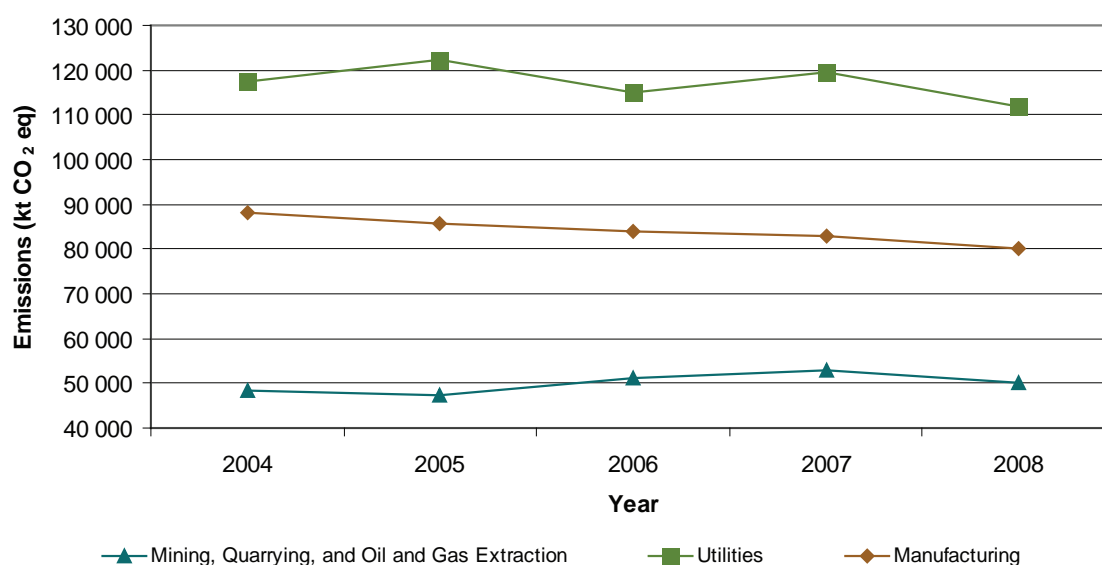


Figure 1-10 Tendence à long terme des émissions déclarées, par secteur, 2004-2008, installations comparables

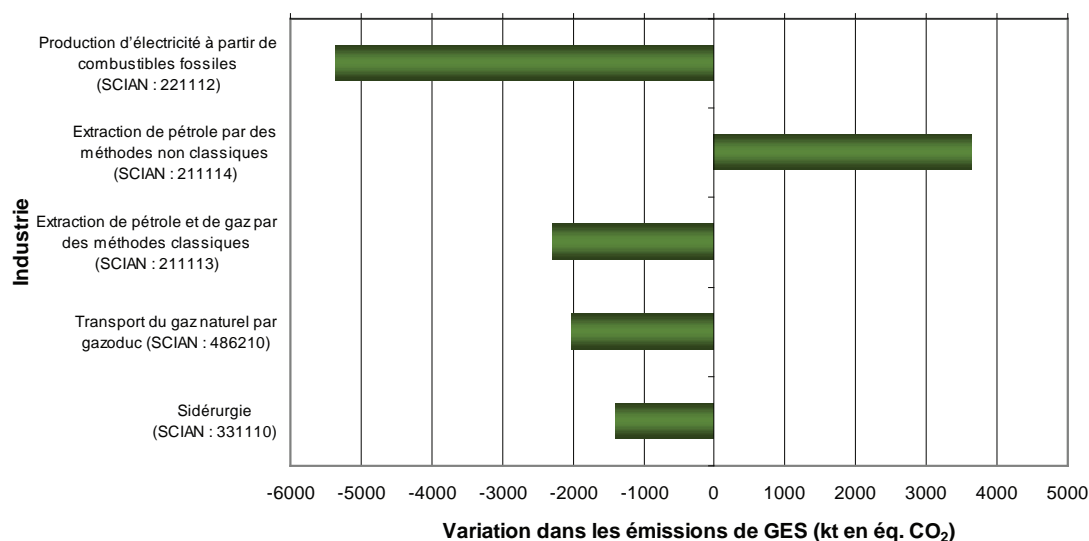


lombie Britannique ont reculé de 1,5 Mt, cette diminution étant attribuable à une baisse des émissions de l'extraction du pétrole et du gaz par des méthodes classiques, du secteur manufacturier et du transport par gazoduc.

Pour ce qui est des trois secteurs qui contribuent le plus aux émissions, on a observé une baisse des émissions pour le secteur des services et le secteur manufacturier, tandis

que les émissions associées à l'exploitation des mines et des carrières et à l'extraction du pétrole et du gaz ont légèrement augmenté (voir la Figure 1-10). Le secteur des services présente une variabilité significative qui reflète les nombreux facteurs ayant une incidence sur ce secteur, comme le coût des combustibles (particulièrement le pétrole et le gaz naturel), les conditions météorologiques, les sources de production (nucléaire, charbon, hydroélec-

Figure 1-11 Cinq principales variations à long terme des émissions déclarées par les installations par industrie, 2007-2008, installations comparables





tricité, éolienne) et la demande par les secteurs manufacturier et résidentiel.

Les industries qui présentent les plus grandes variations des émissions de GES sont différentes à court terme (Figure 1–8) et à long terme (Figure 1–11). Il est également intéressant de noter que les principaux secteurs contribuant à la tendance à court terme en matière d'émissions présentent tous une diminution des émissions, tandis qu'à long terme, les émissions provenant de l'extraction du pétrole par des méthodes non classiques ont augmenté de 3,6 Mt.

Le secteur de la sidérurgie affiche la plus grande variation des émissions de 2004 à 2008. La réduction des émissions à long terme mesurée au sein de cette industrie correspond à la diminution observée des niveaux de production d'acier au pays (8 %). La diminution de la production d'acier est principalement associée au ralentissement observé au sein de l'industrie de l'automobile, l'une des industries consommant le plus d'acier. Ce ralentissement se reflète par une baisse de 53 % des ventes intérieures (Statistique Canada, données mensuelles).

## 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 du besoin d'exactitude et de la disponibilité 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 des méthodes très 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.

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 :

- L'usage privilégié de méthodes détaillées du plus haut niveau.
- Encore plus d'attention à l'assurance et au contrôle de la qualité (AQ) et (CQ).

Une contribution cumulative de 95 % aux évaluations du niveau et de la tendance constitue une approximation raisonnable des catégories qui représentent environ 90 % du degré d'incertitude de l'inventaire (GIEC, 2000). 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 1990-2008, 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 production d'acide adipique, 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.

## 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 repose sur les meilleures données et méthodes basées sur des connaissances scientifiques. L'AQ/CQ et les procédures de vérification font partie intégrante de la préparation de l'inventaire.

La Division des gaz à effet de serre 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 universitaire et la communauté internationale afin de produire un inventaire crédible et valable. Les activités d'amélioration, qui tiennent compte des résultats des procédures d'AQ/CQ, des examens et des vérifications, sont planifiées et mises en œuvre de façon continue afin d'améliorer encore plus la transparence de l'inventaire, son exhaustivité, son exactitude, son uniformité et sa comparabilité. De ce fait, les changements qui touchent les données ou les méthodes conduisent souvent à un nouveau calcul des estimations des GES pour la totalité des séries chronologiques allant de l'année de référence 1990 à l'année la plus récente.

En 2009, on a surtout mis l'accent sur la mise en œuvre continue du plan AQ/CQ, qui est axée sur la transition à partir d'une approche officieuse d'AQ/CQ vers une approche officiellement définie et constante dans l'ensemble des secteurs. On s'attend à ce que la mise en place intégrale du plan s'échelonne sur plusieurs années.

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 qui peuvent résulter de l'incertitude systématique des modèles ou, plus vraisemblablement, de l'incertitude aléatoire des paramètres d'entrée. Même si, pour réduire l'incertitude des modèles, il faut procéder à l'examen approfondi des modèles d'estimation, on peut réduire l'incertitude aléatoire en améliorant les régimes des données sur les activités et l'évaluation des coefficients d'émission et d'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 uniquement sans l'ATCATF. Pour obtenir plus de détails sur l'incertitude propre à des secteurs particuliers, veuillez consulter les sections sur l'incertitude des chapitres 3 à 8.

Le degré d'incertitude pour l'inventaire national, excluant l'ATCATF, est de  $\pm 3,8 \%$ , 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  $\pm 2,2 \%$ , tandis que le secteur de l'agriculture présentait le degré d'incertitude le plus élevé,  $\pm 37 \%$ . 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  $\pm 7,0$ ,  $\pm 19,3$  et  $\pm 34,5 \%$ , respectivement.

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

- Agriculture – Émissions indirectes d'oxyde de diazote des sols, utilisation de combustibles;
- Autre transport (hors route)  $N_2O$ , agriculture – Émissions directes d'oxyde de diazote des sols;
- Déchets – Enfouissement des déchets urbains ( $CH_4$ );
- Utilisation de combustibles – Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public ( $CO_2$ ).

L'incertitude des tendances, excluant l'ATCATF, a été mesurée à  $0,74 \%$ . Par conséquent, l'augmentation totale des émissions depuis 1990 est susceptible à  $95 \%$  d'être comprise entre  $23,4 \%$  et  $24,8 \%$ .

Quand les émissions et les absorptions de l'ATCATF sont incluses dans le total national, l'incertitude s'élève à  $8,0 \%$ . Les cinq principaux secteurs ayant une incidence sur l'incertitude à l'échelle nationale avec l'ATCATF sont les suivants :

- Terres forestières ( $CO_2$ ), Agriculture – Émissions indirectes d'oxyde de diazote des sols;
- Utilisation de combustible – Autre transport (hors

route)  $N_2O$ ;

- Agriculture – Émission directe d’oxyde de diazote des sols;
- Déchets – Enfouissement des déchets urbains ( $CH_4$ ).

## 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 de certaines émissions est généralement due à l’indisponibilité de données d’activité exhaustives pour certaines sous-catégories d’une source qui sont par nature mineures. Dans certains cas, c’est l’absence de méthodologies adéquates et rentables qui a conduit à exclure une source mineure.

Dans le secteur de l’énergie, on peut encore améliorer l’exhaustivité en examinant les combustibles non classiques utilisés dans l’industrie manufacturière et les coefficients d’émissions de gaz autres que le  $CO_2$  provenant de pneus mis au rebut. 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 le biodiesel dans les émissions des transports. Dans le secteur des procédés industriels, les émissions de  $CH_4$  attribuables aux procédés font actuellement l’objet d’un examen. Dans le secteur de l’agriculture, des efforts ont été déployés afin d’établir une série chronologique cohérente pour les données d’activité sur les résidus de culture brûlés au Canada par l’entremise de consultations auprès de spécialistes. Dans le secteur ATCATF, des améliorations significatives ont été apportées depuis 2006, mais les limites des données empêchent d’atteindre une exhaustivité totale. Tout comme pour le secteur des déchets, les émissions de  $CH_4$  attribuables aux sites d’enfouissement non aménagés, au traitement des eaux usées industrielles et à l’incinération des déchets municipaux solides seront examinées de manière plus approfondie.

Dans le cadre du plan d’amélioration du RIN, on travaille constamment à identifier et évaluer les nouveaux puits et sources pour lesquels il existe des méthodes d’estimation rentables. 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, 1990-2008

### A. Tendances par secteur du GIEC

Dans cette section du chapitre, la tendance des émissions est abordée selon le format normalisé des secteurs du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Dans la section suivante, les tendances seront décomposées et examinées par secteur économique.

#### 2.1. Sommaire des tendances

En 2008, 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 734 Mt, soit une augmentation de 24,1 % par rapport aux niveaux de 1990. Entre 2007 et 2008, elles ont diminué

de 2,1 %.

Depuis 1990, l'augmentation des émissions est principalement le fait de la production d'électricité et de chaleur et de secteurs comme les industries des combustibles fossiles, l'exploitation minière, les transports, la consommation d'halocarbures et de SF<sub>6</sub>, la fermentation entérique et les déchets. Il y a eu des baisses globales dans le secteur manufacturier et le secteur de la construction, de l'industrie chimique et de la production de métaux.

#### 2.2. Tendances des émissions par gaz

Le CO<sub>2</sub> est de loin le gaz qui contribue le plus aux émissions de GES du Canada. La Figure 2-1 montre de quelle façon les contributions en pourcentage des six GES ont évolué entre 1990 et 2008. La proportion de CO<sub>2</sub> n'a que légèrement varié, passant de 77 % des émissions en 1990 à 78 % en 2008.

#### 2.3. Tendances des émissions par catégorie

##### 2.3.1. Secteur de l'énergie (émissions de GES en 2008 : 597 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 consommation de combustibles dont le but primordial est de fournir de

Figure 2-1 Émissions canadiennes de GES par gaz, 1990 et 2008 (à l'exclusion du secteur ATCATF)

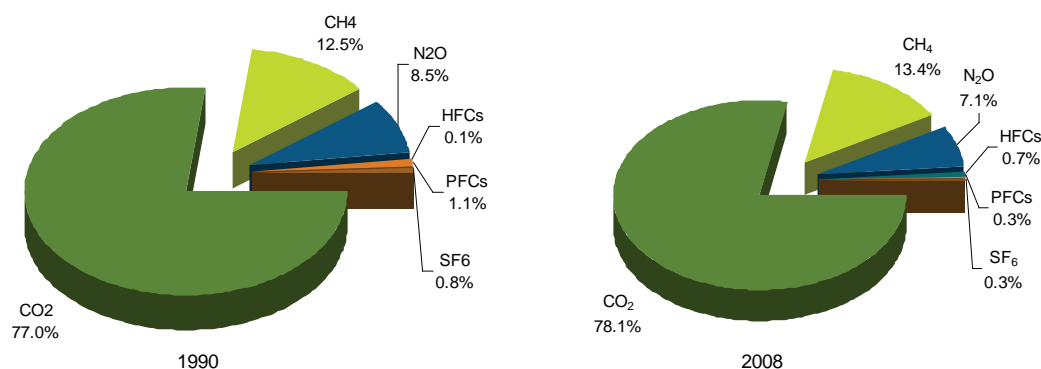


Tableau 2–1 Émissions de GES du secteur de l'énergie, par secteur du CUPR de la CCNUCC, certaines années

Puits/sources de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )					
	1990	2004	2005	2006	2007	2008
1. Énergie	469	603	593	581	614	597
A. Combustion de combustibles (Méthode sectorielle)	427	537	528	515	549	534
1. Industries énergétiques	147	199	191	183	195	187
2. Industries manufacturières et Construction	63,1	67,7	64,6	65,1	73,9	68,5
3. Transport	145	188	192	191	199	198
4. Autres secteurs	72	83	80	75	81	80
B. Émissions fugitives	42,7	65,6	64,7	65,8	64,7	63,8
1. Combustibles solides (charbon)	1,9	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8
2. Pétrole et gaz naturel	40,7	64,9	63,9	65,1	64,0	63,1

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

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 2008 (respectivement 534 Mt et 63,8 Mt). Entre 1990 et 2008, les émissions attribuables à la combustion de combustibles ont augmenté de 25 %, alors que les émissions fugitives ont progressé de 50 %. Le Tableau 2–1 présente les émissions attribuables à la combustion de combustibles et aux émissions fugitives pour certaines années.

La catégorie des industries énergétiques, regroupée dans le secteur de l'énergie, est celle qui contribue le plus aux émissions du Canada. Ces industries (qui englobent la production de combustibles fossiles et la production d'électricité et de chaleur) génèrent à la fois des rejets de gaz de combustion et des émissions fugitives, qui sont présentés dans la catégorie « Combustion de combustibles - Industries énergétiques » et « Émissions fugitives » dans le Tableau 2–1. Ensemble, le sous-secteur des industries énergétiques et celui des émissions fugitives ont contribué à 251 Mt, ou 34 %, des émissions totales du Canada et à environ 42 % de celles du secteur de l'énergie en 2008.

Le Tableau 2–1 subdivise les sources d'énergie selon les catégories du Cadre uniformisé de production de rapports (CUPR) de la Convention-cadre des Nations Unies sur les

changements climatiques (CCNUCC) - les rejets de gaz de combustion sont classés séparément des émissions fugitives. Avec cette ventilation, la combustion de combustibles dans les industries énergétiques a représenté 187 Mt en 2008 et les émissions fugitives, 63,8 Mt. En termes de croissance relative, les émissions fugitives du secteur du pétrole et du gaz naturel (y compris la production, la transformation, le transport et la distribution) ont augmenté plus rapidement que dans toute autre catégorie (voir le Tableau 2–1) du secteur de l'énergie; en effet, entre 1990 et 2008, elles ont progressé de 5 %.

### 2.3.1.1. Émissions dues à la combustion de combustibles (émissions de GES en 2008 : 534 Mt)

Les émissions de GES attribuables à la combustion de combustibles sont passées de 427 Mt en 1990 à 534 Mt en 2008, soit une hausse de 25 %. Les émissions attribuables à la combustion de combustibles sont réparties dans les sous-catégories suivantes de la CCNUCC : industries énergétiques, 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 mineures des émissions attribuables à la combustion de combustibles de sources fixes provenant du secteur de l'agriculture et des forêts.



Tableau 2-2 GHG Emissions from Public Electricity and Heat Production, Selected Years

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )						Changement (%)
	1990	2004	2005	2006	2007	2008	1990-2008
Production d'électricité	95	125	123	116	124	118	24
Production de chaleur	0,70	2,03	1,40	1,37	1,31	1,12	61
Total	95,5	126,8	124,7	117,0	125,3	118,8	24

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

## Industries énergétiques (émissions de GES en 2008 : 187 Mt)

Le sous-secteur des industries énergétiques constitue la deuxième part la plus importante des émissions du Canada attribuables à la combustion de combustibles (25 % 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 catégories de la CCNUCC appartenant à cette source figurent la production d'électricité et de chaleur dans le secteur public, le raffinage du pétrole et la fabrication de combustibles solides et d'autres industries énergétiques. En 2008, les émissions attribuables à la combustion de la catégorie des industries énergétiques se sont élevées à 187 Mt, soit une hausse de 27 % par rapport aux 147 Mt émises en 1990.

### Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public<sup>1</sup> (émissions de GES en 2008 : 119 Mt)

Cette catégorie a produit 16 % (119 Mt) des émissions de GES du Canada en 2008 (voir le Tableau 2-2) et a contribué dans une proportion de 16 % à la croissance totale des émissions entre 1990 et 2008. Les émissions globales de cette catégorie ont augmenté de 24 % (23 Mt) depuis 1990.

La production d'électricité et de chaleur, composante du sous-secteur des industries énergétiques, a connu de fortes augmentations des émissions depuis 1990. L'augmentation de la demande d'électricité et de la consommation de combustibles fossiles dans les méthodes de production a fait grimper les émissions de GES de 23 Mt entre 1990 et 2008; en comparaison, la demande d'électricité a été de 136 TWh plus élevée en

2008 qu'en 1990 (Statistique Canada n° 57-601). Même si cette hausse de la demande a été comblée en partie par l'augmentation de la production d'hydroélectricité et d'énergie nucléaire, la production de combustibles fossiles a aussi augmenté significativement. La production record d'hydroélectricité et la faible demande ont fait que la part de l'hydroélectricité dans l'ensemble de l'électricité produite est passée de 63 % en 1990 à presque 68 % en 2008 (Statistique Canada n° 57-601). Au cours de la même période, la part de l'électricité produite à partir de combustibles fossiles a augmenté, passant de 22 % à 25 %, aggravant l'intensité moyenne d'émissions de GES. Cela signifie qu'entre 1990 et 2008, pendant que la production de combustibles fossiles augmentait de 45 %, les émissions de GHS connaissaient une hausse de 24 %.

La situation à court terme révèle que les émissions de GES dues à la production d'électricité et de chaleur dans le secteur public ont diminué de plus de 6 Mt depuis 2007 et de 0,8 Mt par rapport à 2004. Comme l'électricité est produite pour répondre à une demande immédiate, la diminution des émissions de GES reflète généralement une baisse de la demande qui peut se produire par le recours à des mesures de conservation de l'énergie, par suite d'hivers plus chauds et à cause de facteurs économiques comme la fermeture d'usines. Les émissions peuvent aussi être moindres grâce aux niveaux d'eau plus élevés des barrages hydroélectriques, à l'énergie éolienne et à l'augmentation de la production d'énergie nucléaire; ces facteurs réduisent les besoins de production d'électricité à partir de combustibles fossiles. Les hivers plus chauds et les étés plus frais contribuent aussi à la réduction des charges de chauffage ou de refroidissement.

Il faut remarquer dans ces tendances que les émissions de GES dues à la production d'électricité des centrales au charbon, qui avaient augmenté depuis le milieu des années 1990, ont varié régulièrement après avoir atteint un sommet en 2001. Les coûts des combustibles, les facteurs

<sup>1</sup> La catégorie de la production d'électricité et de chaleur dans le secteur public inclut les émissions des services publics et la production industrielle.

Tableau 2–3 Émissions de GES provenant du raffinage du pétrole, de la fabrication de combustibles solides et d'autres industries énergétiques, certaines années

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )						Changement (%)
	1990	2004	2005	2006	2007	2008	1990–2008
Raffinage du pétrole	16	18	17	16	18	16	3.9
Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	36	53	49	50	52	52	45
Total	52	71	66	66	70	68	32

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

économiques et l'environnement réglementaire restent des déterminants importants des émissions de GES dues à la production d'électricité des centrales au charbon. Le remplacement de combustible (l'utilisation de charbon à moindre intensité de GES), l'utilisation d'autres énergies renouvelables et le commerce interprovincial et international y ont aussi joué un rôle. L'impact de l'énergie éolienne commencera à prendre une part plus grande dans les années à venir puisque la capacité éolienne installée au Canada continue de prendre rapidement de l'ampleur.

Même si la consommation accrue de gaz naturel a contribué à atténuer le rythme de croissance des émissions, la désaffection à l'égard des sources qui n'émettent pas de GES (énergie nucléaire et hydroélectricité) dans la deuxième partie des années 1990, a entraîné de fortes hausses absolues. Pour plus de renseignements sur la production d'électricité et sur les tendances, voir la section 2-6, Tendances par secteur économique et l'annexe 13 – tableaux sur l'intensité des émissions du secteur de l'électricité. Les tendances et analyses à l'échelle provinciale ou territoriale sont abordées à l'annexe 14 – Analyse des tendances provinciales et territoriales.

### Raffinage du pétrole et fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques<sup>2</sup> (émissions de GES en 2008 : 68 Mt)

La catégorie 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 la fabrication de combustibles fossiles et les autres industries énergétiques concernent les émissions de gaz de combustion dues à l'industrie amont du pétrole et du gaz (PGA). La majeure partie des émissions de gaz de

combustion dues à la valorisation du pétrole lourd et du bitume pour produire du brut synthétique sont incluses dans les rubriques de la fabrication de combustibles solides et des autres industries énergétiques. Comme on le voit au Tableau 2–3, entre 1990 et 2008, les émissions de ces deux catégories ont augmenté d'environ 17 Mt, ou 32 %. 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.

### Industries manufacturières, construction et exploitation minière (émissions de GES en 2008 : 68 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, de l'exploitation minière et de toutes les autres industries manufacturières<sup>3</sup>. En 2008, les émissions de GES ont atteint 68,5 Mt (voir le Tableau 2–4). Dans l'ensemble, ce sous-secteur a été responsable de 9,3 % des émissions totales de GES du Canada en 2008, soit une hausse de 5,4 Mt depuis 1990.

Entre 1990 et 2008, il y a eu des fluctuations dans les émissions générées par les diverses catégories du sous-secteur des industries manufacturières et de la construction. La majeure partie de la hausse générale est attribuable à l'exploitation minière, qui a connu une augmentation de 286 % depuis 1990 (principalement en raison de l'exploitation accrue des sables bitumineux), alors que la plus forte diminution a été enregistrée dans le secteur

2 Dans le 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).

3 Les catégories du Rapport d'inventaire national qui correspondent à ce secteur de la CCNUCC sont les industries manufacturières, de la construction et de l'exploitation minière (voir les tableaux S-2 et S-3).



Tableau 2-4 Émissions de GES des industries manufacturières, de l'exploitation minière et de la construction, certaines années

Catégorie de source de GES	GHG Emissions (Mt CO <sub>2</sub> eq)						Changement (%)
	1990	2004	2005	2006	2007	2008	1990-2008
Sidérurgie	6,48	6,46	6,45	6,22	6,92	6,18	-4,7
Métaux non ferreux	3,19	3,23	3,27	3,23	3,49	3,48	9,3
Produits chimiques	7,14	6,83	6,40	6,82	7,23	6,69	-6,3
Ciment	3,83	4,62	4,89	5,07	4,75	4,28	28
Construction	1,87	1,34	1,36	1,30	1,29	1,26	-33
Extraction minière	6,19	14,86	15,63	16,83	23,21	23,87	286
Pâtes, papier et imprimerie	13,73	9,40	7,18	5,86	5,87	4,54	-67
Autres industries manufacturières	20,6	20,9	19,4	19,8	21,2	18,2	-12
Total	63,1	67,7	64,6	65,1	73,9	68,5	8,6

Note: Totals may not add up due to rounding.

des pâtes, des papiers et de l'imprimerie. On attribue à une forte demande, tant à l'intérieur du pays qu'à l'échelle internationale, la croissance à long terme des émissions de GES dans les catégories de l'extraction minière, du ciment et des métaux non ferreux. Le secteur de l'exploitation minière comprend l'exploitation des sables bitumineux ainsi que l'extraction de métaux et de minéraux. Les autres secteurs ont tous enregistré des baisses à long terme, allant de -67 % pour le secteur des pâtes, des papiers et de l'imprimerie, à -4,7 % pour le secteur de la sidérurgie. Ces baisses sont probablement dues à la demande de produits, au remplacement de certains combustibles et aux changements survenus dans les procédés de fabrication.

Entre 2004 et 2008, la diminution (de 52 % ou 4,9 Mt) à court terme la plus remarquable a aussi été enregistrée dans le secteur des pâtes, des papiers et de l'imprimerie, reflétant les difficultés économiques éprouvées par ce secteur. Les tendances et analyses à l'échelle provinciale ou territoriale sont abordées à l'annexe 14 – Analyse des tendances provinciales et territoriales.

## Transport (émissions de GES en 2008 : 198 Mt)

Le transport est un sous-secteur vaste et diversifié, qui a contribué à 27 % des émissions de GES du Canada en 2008. Il comprend les émissions attribuables à la combustion de combustibles servant au transport des passagers et des marchandises dans cinq sous-catégories distinctes :

- le transport routier;
- aviation civile (interne);
- le transport maritime (interne);

- le transport ferroviaire;
- les autres modes de transport (véhicules hors route et pipelines).

Entre 1990 et 2008, les émissions de GES du secteur des transports, qui sont régies surtout par l'énergie consommée lors des déplacements personnels, ont augmenté de 36,4 %, soit 53 Mt. Dans l'ensemble, le transport a été le deuxième plus grand générateur d'émissions en 2008, contribuant pour 198 Mt, ou 37 %, à l'augmentation des émissions du Canada entre 1990 et 2008.

Les émissions des camions légers à essence, sous-catégorie qui englobe les VUS, les camionnettes et les fourgonnettes, ont augmenté de 116 % entre 1990 et 2008 (de 20,7 Mt en 1990 à 44,8 Mt en 2008), alors que les émissions des voitures particulières (véhicules légers à essence) ont reculé de 11 % (passant de 45,8 Mt en 1990 à 40,6 Mt en 2008) (voir le Tableau 2-5).

Comme le montre le Tableau 2-5, l'augmentation des émissions du transport routier est due, non seulement à la hausse de 42 % du parc total de véhicules, 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 40 % de GES de plus par kilomètre.

Entre 1990 et 2008, les augmentations respectives de 24 Mt et de 19 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

Tableau 2–5 GHG Emissions from Transport, Selected Years

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )				
	1990	2005	2006	2007	2008
Transport (Total)	145	192	191	199	198
Aviation civile (intérieur)	6,4	7,9	7,7	8,8	8,5
Véhicules légers à essence	45,8	39,9	39,9	41,0	40,6
Camions légers à essence	20,7	43,1	43,6	44,8	44,8
Véhicules lourds à essence	7,81	6,30	6,43	6,62	6,66
Motocyclettes	0,146	0,252	0,256	0,264	0,264
Véhicules légers au diesel	0,355	0,432	0,435	0,448	0,446
Camions légers au diesel	0,707	2,13	2,23	2,32	2,37
Véhicules lourds au diesel	20,7	38,1	38,9	40,0	39,4
Véhicules au propane et au gaz naturel	2,2	0,72	0,79	0,83	0,88
Transport ferroviaire	7	6	6	7	7
Transport maritime (intérieur)	5,0	6,4	5,8	6,1	5,8
Véhicules hors route à essence	6,7	7,3	6,7	7,1	6,3
Véhicules hors route à moteur diesel	15	23	23	25	28
Pipelines	6,85	10,1	9,61	8,94	7,46

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

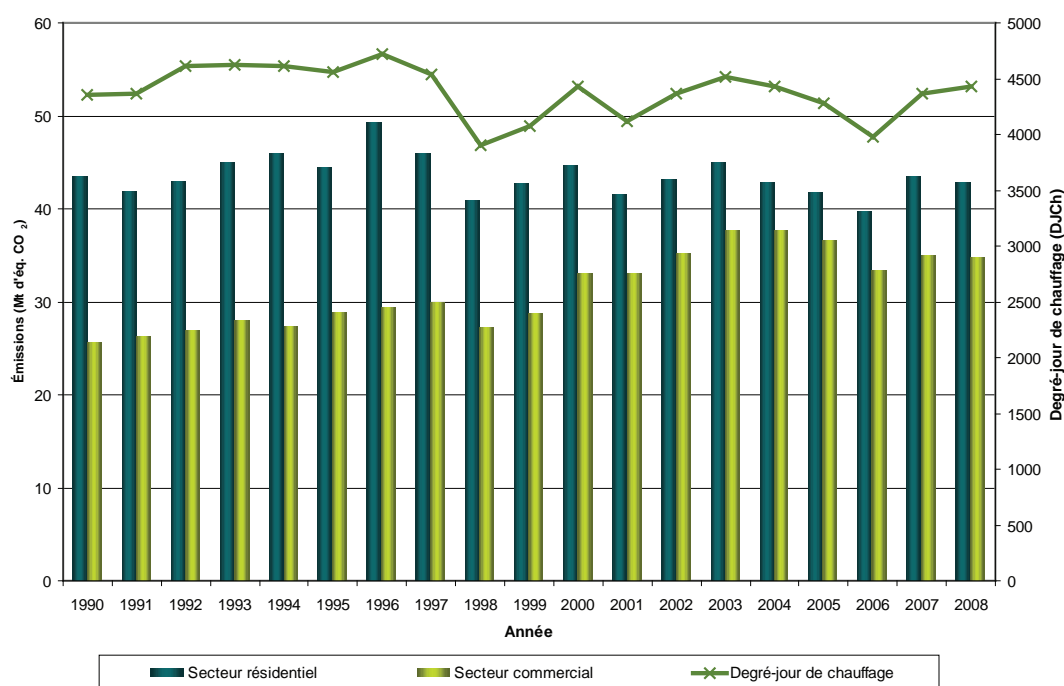
Tableau 2–6 Trends in Vehicle Populations for Canada, 1990–2008

Année	Nombre de véhicules (milliers)							Total
	Véhicules légers à essence	Camions légers à essence	Véhicules lourds à essence	Motos	Véhicules légers à moteur diesel	Camions légers à moteur diesel	Véhicules lourds à moteur diesel	
1990	10 646	3 308	518	261	109	112	402	15 356
1991	10 677	3 496	463	255	110	117	394	15 512
1992	10 674	3 712	432	248	109	126	397	15 698
1993	10 761	4 019	425	247	111	145	442	16 149
1994	10 694	4 305	428	234	108	165	487	16 421
1995	10 590	4 395	387	226	104	183	513	16 398
1996	10 273	4 517	383	213	99	174	498	16 157
1997	10 420	4 939	388	225	101	188	537	16 797
1998	10 250	5 347	395	263	107	204	629	17 195
1999	10 696	5 787	349	257	114	205	616	18 024
2000	10 863	6 065	376	288	123	224	649	18 587
2001	10 969	6 266	407	327	131	231	713	19 045
2002	10 929	6 421	394	359	138	234	724	19 200
2003	10 940	6 688	410	390	142	243	742	19 554
2004	10 931	6 959	429	417	153	254	801	19 944
2005	10 961	7 386	435	437	159	277	856	20 510
2006	11 195	7 551	445	446	162	284	876	20 960
2007	11 429	7 715	455	456	166	291	897	21 409
2008	11 663	7 879	465	465	170	298	918	21 858

Notes:

HDDVs = Heavy-duty Diesel Vehicles; HDGVs = Heavy-duty Gasoline Vehicles; LDDTs = Light-duty Diesel Trucks; LDDVs = Light-duty Diesel Vehicles; LDGTs = Light-duty Gasoline Trucks; LDGVs = Light-duty Gasoline Vehicles; MCs = Motorcycles.

Figure 2-2 Émissions de GES et DJCh du secteur résidentiel et commercial, de 1990 à 2008



de marchandises (voir le Tableau 2-6).

En 2008, les émissions des véhicules lourds au diesel ont contribué pour 39 Mt aux émissions totales de GES (soit 90 % de plus qu'en 1990). Celles des véhicules lourds à essence étaient nettement plus basses, avec 6,6 Mt pour 2008, soit une baisse de 15 % 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>4</sup> dans l'autre sous-secteur des transports ont augmenté de 50 % entre 1990 et 2008 sans compter l'apport des pipelines.

Les émissions du secteur des pipelines comprises dans le

4 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.

sous-secteur des transports sont des rejets de gaz de combustion attribuables essentiellement au transport du gaz naturel. En raison de l'augmentation des activités dans le secteur de l'énergie, ces émissions ont augmenté de 8,9 %, passant de 6,8 Mt en 1990 à 7,5 Mt en 2008.

### Autres secteurs (émissions de GES en 2008 : 80 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>5</sup>. Dans l'ensemble, ce sous-secteur a affiché une hausse des émissions de GES de 12 % entre 1990 et 2008, et chacune de ses sous-catégories a connu diverses fluctuations.

#### Secteur résidentiel et commercial

Les émissions de ce secteur résultent essentiellement de la combustion de combustibles pour chauffer les édifices résidentiels et commerciaux. La combustion de combustibles dans la catégorie résidentielle et commerciale/insti-

5 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).

tutionnelle<sup>6</sup> a représenté respectivement 5,8 % (43 Mt) et 4,7 % (35 Mt) de l'ensemble des émissions de GES en 2008.

Comme l'indique la Figure 2–2, les émissions résidentielles fluctuent d'une année à l'autre, mais, dans l'ensemble, elles n'ont pas changé de 1990 à 2008. À court terme, les émissions ont diminué de 0,6 Mt depuis 2007, et elles ont augmenté de 3,1 Mt depuis 2006 et de 1,1 Mt depuis 2005. Les émissions du secteur commercial et institutionnel, cependant, ont augmenté de 9,2 Mt ou 36 % entre 1990 et 2008 et présentent une tendance semblable à celle observée dans le secteur résidentiel. Ensemble, les deux catégories ont enregistré une augmentation de 8,6 Mt, ou 12 %, entre 1990 et 2008.

Les émissions de GES, en particulier dans le secteur résidentiel, suivent de près les DJCh<sup>7</sup> (comme le montre la Figure 2–2). Ce rapport étroit révèle l'influence profonde des conditions météorologiques sur les besoins de chauffage et donc sur la demande de gaz naturel, de mazout domiciliaire et de combustibles à base de biomasse.

La surface utile dans le secteur résidentiel et commercial a augmenté considérablement et régulièrement durant cette période. Dans la catégorie commerciale, il y a eu des variations des proportions relatives des divers types d'édifices, avec une diminution des édifices de type entrepôt et une augmentation de la surface utile des bureaux. Cette augmentation a entraîné un accroissement de la demande de climatisation et de chauffage ainsi qu'une augmentation du nombre d'appareils dans les maisons et de dispositifs auxiliaires dans les bureaux (RNCan, 2009). Cette tendance à la hausse de la surface utile et des équipements a été contrecarrée par la désaffectation à l'égard des produits pétroliers, et l'amélioration de l'efficacité énergétique et de l'isolation thermique des maisons.

Dans le secteur résidentiel, même si le nombre de maisons a augmenté de près de 2 millions depuis 1990 (Statistique Canada, 2007), les émissions sont demeurées relative-

ment stables. Cela peut probablement être attribué aux méthodes de construction améliorées, à une meilleure isolation et à l'utilisation de systèmes de chauffage à haut rendement énergétique. Les programmes incitatifs en matière de rénovation résidentielle, comme le programme Encouragement éconergétique ÉnerGuide pour les maisons (remplacé, en 2007, par le programme écoÉNERGIE Rénovation), ont aussi joué un important rôle pour ce qui est d'établir les améliorations à apporter d'un point de vue énergétique, entraînant ainsi une réduction des émissions dues au chauffage.

### *Agriculture et foresterie*

Les rejets de gaz de combustion de sources fixes provenant du secteur de l'agriculture et de la foresterie se sont chiffrés à 2,2 Mt en 2008, une baisse de 9 % par rapport à 1990. Les émissions provenant de ces catégories ont contribué à moins de 0,3 % aux émissions totales en 2008.

#### **2.3.1.2. Émissions fugitives des combustibles fossiles (émissions de GES en 2008 : 63,8 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 manutention du charbon et les activités de l'industrie du pétrole et du gaz naturel. Elles ont représenté 8,7 % des émissions totales de GES du Canada en 2008 et contribué pour 15 % à l'augmentation des émissions entre 1990 et 2008.

Le Tableau 2–7 résume les changements des émissions fugitives des catégories des combustibles solides ainsi que du pétrole et du gaz naturel. Au total, les émissions fugitives ont augmenté d'environ 50 % entre 1990 et 2008, passant de 42,7 Mt à 63,8 Mt, tandis que les émissions de la catégorie du pétrole et du gaz naturel ont contribué à 99 % des émissions fugitives totales en 2008, dépassant de très loin la part de 1 % de l'extraction du charbon. Même si les émissions fugitives de la catégorie des combustibles solides (comme l'extraction du charbon) ont reculé de près

6 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 n° 57-0003) pour les catégories des institutions commerciales et autres institutions et de l'administration publique. Cette dernière est une catégorie fourre-tout qui inclut les combustibles utilisés par les industries de services concernant l'exploitation minière, le commerce en gros et en détail, les services financiers et commerciaux, l'éducation, la santé et les services sociaux, et d'autres industries dont on ne tient pas explicitement compte ailleurs.

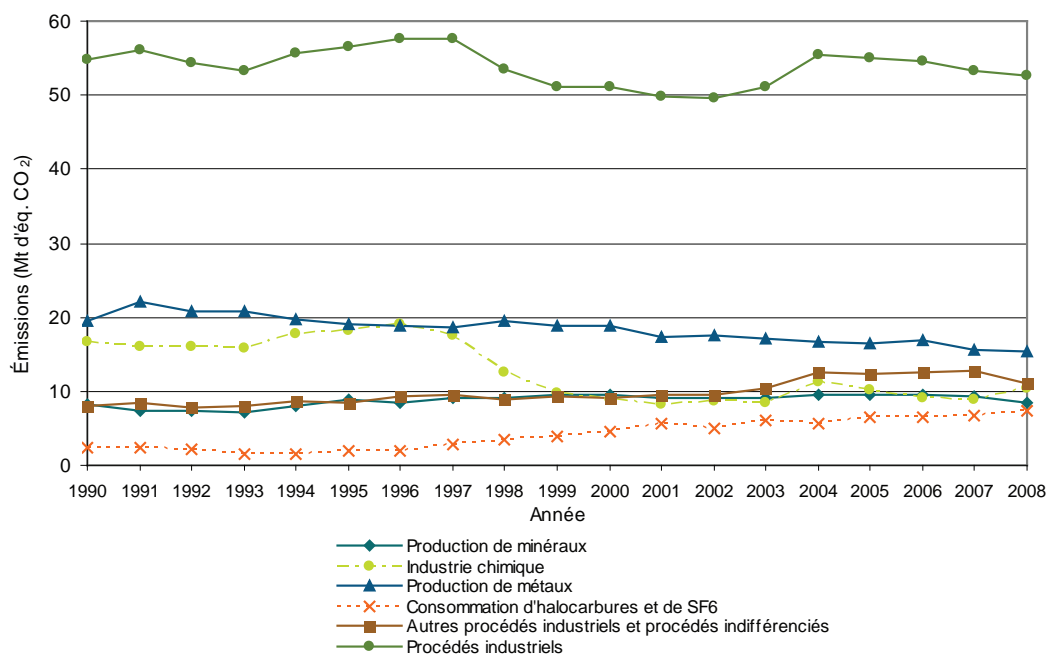
7 Les DJCh sont calculés en déterminant le nombre moyen, sur l'ensemble du Canada, de jours où la température est inférieure à 18,0 °C et en multipliant ce chiffre par l'écart correspondant entre la température et le seuil de 18,0 °C.

Tableau 2-7 Intensité des émissions fugitives de GES de la production gazière et pétrolière, par catégorie, certaines années

	1990	2004	2005	2006	2007	2008
<b>PRODUCTION EN AMONT</b>						
Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> ) (Total)	39,0	60,7	59,8	61,0	59,7	59,0
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	55 %	53 %	56 %	53 %	51 %
Production (PJ)	7 949	12 979	12 937	13 254	13 331	12 916
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	63 %	63 %	67 %	68 %	62 %
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> /PJ)	4,91	4,68	4,62	4,60	4,48	4,57
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	-4,8 %	-5,9 %	-6,4 %	-8,8 %	-6,9 %
<b>Production pétrolière classique</b>						
Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	16,2	24,2	23,2	23,2	22,1	20,8
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	50 %	43 %	44 %	37 %	29 %
Production (PJ)	2 978	3 572	3 465	3 441	3 534	3 434
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	20 %	16 %	16 %	19 %	15 %
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> /PJ)	5,43	6,77	6,69	6,75	6,27	6,06
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	25 %	23 %	24 %	15 %	12 %
<b>Exploitation, extraction et valorisation des sables bitumineux</b>						
Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	2,5	6,3	5,9	6,6	7,1	7,4
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	156	142 %	171 %	190 %	200 %
Production (PJ)	787	2 288	2 289	2 617	2 804	2 829
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	191 %	191 %	233 %	256 %	260 %
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> /PJ)	3,11	2,74	2,59	2,54	2,53	2,60
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	-12 %	-17 %	-19 %	-19 %	-16 %
<b>Production et transformation du gaz naturel</b>						
Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	14,2	23,9	24,3	24,6	24,0	24,4
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	68 %	71 %	74 %	69 %	72 %
Production (PJ)	4 184	7 118	7 183	7 196	6 994	6 652
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	70 %	72 %	72 %	67 %	59 %
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> /PJ)	3,39	3,35	3,38	3,43	3,43	3,66
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	-1,1 %	-0,3 %	1,0 %	1,2 %	8,1 %
<b>Transport du pétrole et du gaz naturel</b>						
Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	4,3	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	32 %	32 %	33 %	33 %	33 %
Longueur des pipelines (km)	64 222	83 569	83 195	83 814	83 814	83 814
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	30 %	30 %	31 %	31 %	31 %
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> /km)	0,067	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	1,6 %	1,6 %	1,7 %	1,7 %	1,7 %
<b>PRODUCTION EN AVAL</b>						
Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> ) (Total)	3,6	4,9	4,8	4,8	5,0	4,8
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	36 %	34 %	34 %	38 %	33 %
Production (PJ)	3 907	4 848	4 755	4 710	4 813	4 609
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	24 %	22 %	21 %	23 %	18 %
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> /PJ)	0,92	1,01	1,02	1,03	1,04	1,04
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	9,6 %	10,3 %	11,1 %	12,3 %	12,6 %
<b>Raffinage du pétrole</b>						
Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	0,9	1,4	1,3	1,3	1,4	1,2
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	64 %	52 %	47 %	65 %	42 %
Production (PJ)	3 907	4 848	4 755	4 710	4 813	4 609
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	24 %	22 %	21 %	23 %	18 %
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> /PJ)	0,22	0,29	0,27	0,27	0,29	0,26
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	32 %	25 %	22 %	34 %	20 %
<b>Distribution du gaz naturel</b>						
Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	2,8	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	27 %	29 %	30 %	30 %	30 %
Longueur des pipelines (km)	168 813	224 223	226 515	228 778	228 778	228 778
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	33 %	34 %	36 %	36 %	36 %
Intensité (kt d'éq. CO <sub>2</sub> /km)	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
Changements intervenus depuis 1990 (%)	s.o.	-4,1 %	-4,1 %	-4,1 %	-4,1 %	-4,1 %

Note : s.o. = sans objet.

Figure 2–3 Émissions de GES des procédés industriels, par catégorie, 1990–2008



de 1,2 Mt (61 %) entre 1990 et 2008 à cause de la fermeture de nombreuses mines de charbon dans l'est du Canada, les émissions du pétrole et du gaz naturel ont augmenté de 55 % durant la même période.

Cette augmentation des émissions est due à celle de la production de gaz naturel et de mazout, dont le pétrole brut bitumineux, depuis 1990, destinée essentiellement à l'exportation vers les États-Unis. Depuis 1990, on a enregistré une très forte augmentation de l'énergie nette exportée du Canada (voir la section 5.4.1 du sommaire pour des précisions sur les émissions dues aux exportations de pétrole et de gaz naturel), qui s'est accompagnée d'une hausse de 197 % 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 (émissions par unité d'énergie produite) de la production en amont de pétrole et de gaz a diminué de 6,9 % (voir le Tableau 2–7). Cette réduction est due à une baisse de 16 % de l'intensité des émissions fugitives attribuables aux sables bitumineux, laquelle a été compensée en partie par une augmentation de 12 % 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.

De 2007 à 2008, l'intensité des émissions provenant de la production en amont de pétrole et de gaz a augmenté légèrement, passant de 4,48 à 4,57 kt d'éq. CO<sub>2</sub>/PJ (augmentation de 2,0 %). Au cours de la même période, l'intensité des émissions attribuables à l'industrie des sables bitumineux a aussi légèrement augmenté (~2,6 %) à cause d'une nouvelle usine de valorisation qui est entrée en opération en 2008. Cette nouvelle usine compense la diminution des émissions des exploitations déjà existantes de sables bitumineux, cette diminution résultant d'une baisse de la production.

### 2.3.2. Secteur des procédés industriels (émissions de GES en 2008 : 52,6 Mt)

Le secteur des procédés industriels comprend les émissions de GES dérivées directement des procédés, notam-



Tableau 2-8 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	2005	2006	2007	2008
Produits minéraux	54,8	55,1	54,6	53,2	52,6
Produits minéraux	8,3	9,5	9,6	9,3	8,5
Production de ciment	5,4	7,2	7,3	7,3	6,6
Production de chaux	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5
Utilisation de calcaire et de dolomite	0,73	0,25	0,31	0,16	0,16
Utilisation de carbonate de sodium	0,21	0,16	0,17	0,17	0,14
Utilisation de magnésite	0,147	0,176	0,179	0,067	0,057
Industrie chimique	17,0	10,0	9,0	8,9	10
Production d'ammoniac	5,0	6,3	6,6	6,2	6,7
Production d'acide nitrique	1,01	1,25	1,23	1,13	1,23
Production d'acide adipique	11	2,6	1,2	1,5	2,4
Production de métaux	19,5	16,5	16,8	15,5	15,3
Sidérurgie	7,06	7,02	7,76	7,72	7,74
Production d'aluminium	9,3	8,2	7,7	7,3	7,4
Production de magnésium	2,87	1,09	1,2	0,325	0,181
Moulage de magnésium	0,236	0,201	0,190	0,198	0,279
Production et consommation d'hydrocarbures	0,77	5,2	5,0	5,4	5,5
Utilisation de SF <sub>6</sub> dans les compagnies d'électricité et les semi-conducteurs	1,5	1,2	1,5	1,3	1,8
Autres procédés industriels et procédés indifférenciés	8,0	12	13	13	11

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

ment 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 procédés et procédés indifférenciés. Les émissions de GES du secteur des procédés industriels représentent 52,6 Mt dans l'inventaire national des GES de 2008, contre 54,8 Mt en 1990. La Figure 2-3 illustre les changements survenus dans chacun des sous-secteurs au cours de la période 1990-2008, et le Tableau 2-8 ventile les émissions par catégorie pour certaines années.

Entre 1990 et 2008, les émissions globales du secteur ont diminué d'environ 2,2 Mt (4,1 %). Ce changement peut s'expliquer par des réductions marquées des émissions dans la production d'acide adipique (N<sub>2</sub>O), d'aluminium (PFC) et de magnésium (SF<sub>6</sub>) et dans l'utilisation de produits minéraux (CO<sub>2</sub>), qui ont été partiellement compensées par la croissance des émissions dans les catégories de la consommation de HFC, des autres procédés et procédés

indifférenciés (CO<sub>2</sub>)<sup>8</sup>, et de la production d'aluminium (CO<sub>2</sub>), de ciment (CO<sub>2</sub>) et d'ammoniac (CO<sub>2</sub>).

### 2.3.2.1. Produits minéraux

Entre 1990 et 2008, l'augmentation de 22 % (1,2 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) des émissions de la catégorie de production de ciment peut être expliquée par une augmentation de la demande, sur les marchés canadiens et internationaux (principalement aux États-Unis), de ciment et de clinker. Les exportations de ciment Portland ont augmenté de 52 % entre 1990 et 2008. Cependant, en raison du ralentissement économique et de la baisse considérable de l'activité de la construction aux États-Unis et dans certaines provinces du Canada, la production de clinker et de ciment a chuté de 9,6 % et 9,3 %, respectivement, en 2008 (comparativement à 2007).

8 Les autres procédés et procédés indifférenciés forment une catégorie d'émissions principalement composée de la production pétrochimique, qui utilise les hydrocarbures comme matière première. On inclut aussi une partie des émissions de CO<sub>2</sub> attribuables aux combustibles (autre que le coke) utilisés comme agents réducteurs dans le secteur de la sidérurgie et la fonte des métaux de base.



La catégorie de l'utilisation 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 émissions de 0,73 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> (67 %) entre 1990 et 2008. Les usines de pâtes et papiers, qui consomment du calcaire et du carbonate de sodium, font face à des difficultés depuis le milieu des années 1990. La baisse de la demande en papier journal et la concurrence internationale ont entraîné la fermeture de certaines usines (RNCAN, 2010). En plus de la diminution de la fabrication de pâtes et papiers, on a observé une diminution de l'utilisation de certains minéraux et des émissions connexes. De plus, le calcaire et le carbonate de sodium, de même que la silice, sont des matériaux bruts utilisés pour la fabrication du verre. L'augmentation de l'utilisation de verre recyclé a diminué le besoin en matériau brut vierge dans la production du verre (RNCAN, 2007), activité qui produit des émissions de CO<sub>2</sub>. La fermeture de Norks Hydro en 2007 a représenté la majorité de la diminution de l'utilisation de magnésite et des émissions qui y sont associées. En 2008, la baisse de production dans d'autres secteurs de l'industrie qui utilisent des produits minéraux (p. ex., sidérurgie) a également contribué indirectement à la baisse des émissions attribuables à l'utilisation des produits minéraux.

### 2.3.2.2. Industrie chimique

Entre 1990 et 2008, une réduction marquée des émissions de 8,3 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> (78 %) a été constatée dans la catégorie de la production d'acide adipique. Cela vient de l'installation, en 1997, d'un système antipollution dans la seule usine de fabrication d'acide adipique du Canada. Selon le gestionnaire de l'environnement de l'installation, depuis que le système antipollution a été installé, la quantité d'émissions varie en grande partie en fonction de l'efficacité du système et de la capacité du site à maximiser le temps de disponibilité du système<sup>9</sup>. Cependant, au printemps 2009, l'usine a commencé à fonctionner au ralenti pour une période indéterminée.

### 2.3.2.3. Production de métaux

À court terme (soit de 2007 à 2008), les réductions d'émission dans la catégorie de la sidérurgie correspondent à la baisse observée de 0,73 Mt (4,7 %) du niveau de production national pour l'acier. En plus de la concurrence

internationale, la baisse de la production d'acier était principalement due au ralentissement économique au sein de l'industrie de l'automobile, un des plus importants consommateurs d'acier. Cette situation s'est reflétée dans la baisse de 29 % des ventes canadiennes de produits d'acier au secteur des véhicules motorisés et des pièces (Statistique Canada, 2008).

L'industrie de la production d'aluminium est parvenue à abaisser ses émissions de perfluorocarbones (PFC) de 4,3 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> (66 %), tout en augmentant sa production de 100 % (1,6 Mt), entre 1990 et 2008. La réduction 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 fournies montrent que l'industrie a continué à hausser sa production dans des usines plus modernes (p. ex., celles utilisant la pré cuisson) plutôt que dans ses usines plus anciennes (celles utilisant la technologie Söderberg). Cependant, l'augmentation de la production d'aluminium a aussi accru de 2,5 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> (ou 91 %) 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>.

Entre 1990 et 2005, la catégorie de production de magnésium était aussi parvenue à une baisse marquée des émissions par le remplacement progressif du SF<sub>6</sub> par d'autres produits, comme le gaz de couverture. Pour la période de 2005 à 2008, une réduction graduelle de la production en prévision de la fermeture des usines de Norsk Hydro et de Timminco a aussi entraîné des baisses considérables des émissions de SF<sub>6</sub>. L'usine de Norsk Hydro a cessé ses opérations au printemps 2007 et celle de Timminco au mois d'août 2008.

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

Il y a eu une augmentation des émissions de 5,0 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> (1 000 %) pour la consommation de HFC depuis 1995. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait qu'avec l'entrée en vigueur du Protocole de Montréal en 1996, un plus grand nombre de substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO) ont été remplacées par des HFC pour la réfrigération et la climatisation. Il faut signaler que, même si dans le Tableau 2–8 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 consom-

<sup>9</sup> Lauridsen, S. 2007. Communication personnelle (courriel daté du 30 octobre 2007). Invista Canada.

mation d'hydrocarbures halogénés étaient considérées négligeables en 1990. Dans le Tableau 2-8, les valeurs pour 2005, 2006, 2007 et 2008 tiennent compte des émissions dues à la consommation d'hydrocarbures halogénés (PFC et HFC) seulement, puisque la dernière installation de production de HCFC-22 a fermé ses portes en 1993.

### 2.3.2.5. Autres procédés et procédés indifférenciés<sup>10</sup>

L'augmentation des émissions de 3,1 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> (39%) par rapport au niveau de 1990 pour la catégorie des autres procédés industriels et procédés indifférenciés était partiellement due à la croissance de la demande en produits pétrochimiques. Par exemple, en raison de l'augmentation de la production de produits pétrochimiques, tels que le butylène, l'éthylène et le polyéthylène, l'utilisation de butane à des fins non énergétiques a augmenté de 220 % et celle de l'éthane, de 130 %, depuis 1990. Cependant, cela a été le cas uniquement jusqu'en 2007, puisque les coûts élevés d'entretien et des matières premières ainsi qu'une augmentation de la concurrence sur le marché des exportations, de même que la force du dollar canadien, ont entraîné une baisse marquée de la production de produits pétrochimiques en 2008 (par rapport au niveau de 2007)

<sup>10</sup> La catégorie des autres procédés et procédés indifférenciés est une catégorie d'émissions composée principalement des activités de production pétrochimique qui utilisent des hydrocarbures comme matière première. Cette catégorie comprend aussi une partie des émissions de CO<sub>2</sub> provenant des combustibles (autres que le coke) utilisés comme agents réducteurs dans la fusion des métaux communs et la sidérurgie.

(Statistique Canada, 1991-2008).

## 2.3.3. Secteur de l'utilisation de solvants et d'autres produits (émissions de GES en 2008 : 0,33 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 330 kt d'éq. CO<sub>2</sub> de l'inventaire national des GES de 2008, contre 175 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 2008 : 62 Mt)

Le secteur agricole canadien compte environ 250 000 fermes, dont 98 % sont des exploitations familiales. Ses émissions se sont chiffrées à 62 Mt, ou 8,5 % du total des émissions de GES du Canada en 2008, soit une hausse de 14 Mt ou 29 % depuis 1990. Le secteur de l'agriculture représente 26 % et 71 % des émissions nationales de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O, respectivement. Toutes ces émissions proviennent de sources non énergétiques, le N<sub>2</sub>O représentant 59 % des

Tableau 2-9 Émissions de GES provenant du secteur de l'agriculture par système de production, pour certaines années<sup>1</sup>

Systèmes de production	Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )						
	1990	1996	2001	2005	2006	2007	2008
<b>Émissions de GES (Mt d'éq. CO<sub>2</sub>)</b>	48	56	58	62	61	61	62
Livestock	30	36	40	42	41	41	40
Dairy Cows	5,2	4,9	4,6	4,5	4,4	4,3	4,5
Beef Cattle	21	27	30	32	31	31	30
Swine	2,4	2,6	3,2	3,5	3,4	3,3	2,9
Other Livestock <sup>2</sup>	1,5	1,7	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Crop	18	19	18	19	19	21	23
Synthetic Nitrogen Fertilizers	9,2	11	12	11	11	13	13
Crop Residue Decomposition	7,1	6,8	5,6	7,6	7,9	7,6	9,1
Other Management Practices <sup>3</sup>	1,8	1,5	0,86	0,54	0,45	0,35	0,17

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

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

<sup>3</sup> Les autres pratiques de gestion comprennent les jachères d'été, le travail de conservation du sol, l'irrigation et la culture de sols organiques

émissions du secteur en 2008 et le CH<sub>4</sub> environ 41 %.

Les procédés et les activités à l'origine des émissions de GES dans le secteur agricole sont la fermentation entérique, c'est-à-dire le processus de digestion des ruminants, l'épandage d'engrais azotés sur les sols agricoles, ainsi que la gestion, le stockage et l'épandage de fumier sur les sols. Ces émissions sont résumées comme provenant du bétail, ce qui comprend la fermentation entérique (CH<sub>4</sub>) et toutes les émissions liées au fumier (CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O), ou de la production agricole, laquelle comprend les émissions de N<sub>2</sub>O liées à l'épandage d'engrais minéraux, la décomposition des résidus agricoles et d'autres pratiques de gestion (Tableau 2–9). Les émissions provenant de la production d'engrais minéraux et de substances agro-chimiques ne sont pas incluses dans le secteur de l'agriculture, mais elles sont intégrées dans le secteur des procédés industriels.

En 2008, les émissions attribuables à la fermentation entérique du bétail sont responsables, en moyenne, de 56 % des émissions d'origine animale (22 Mt). La gestion et le stockage du fumier sont responsables de 44 % des émissions d'origine animale. Les émissions d'oxyde de diazote (N<sub>2</sub>O) provenant du fumier épandu sur des terres cultivées en tant qu'engrais ont représenté 2,2 Mt. Le fumier déposé par des animaux au pâturage a entraîné des émissions de 3,8 Mt, tandis que les émissions indirectes de N<sub>2</sub>O attribuables à la volatilisation du NH<sub>3</sub> et des NO<sub>x</sub> et le

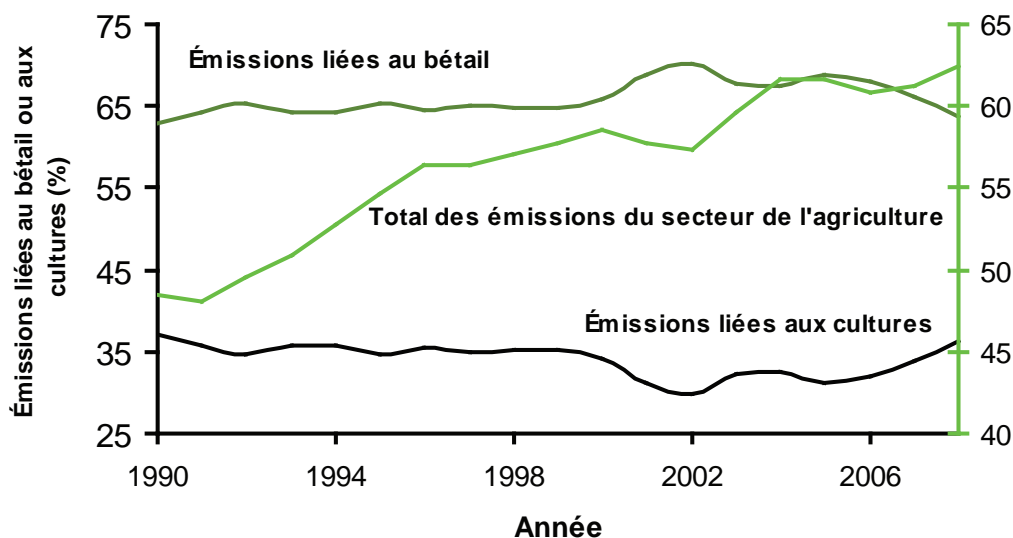
lessivage de l'azote du fumier ont entraîné un autre 4 Mt.

Les principaux éléments dictant la tendance des émissions dans le secteur de l'agriculture sont l'expansion des populations de bovins de boucherie et de porcs, ainsi que l'augmentation de l'épandage d'engrais azotés synthétiques dans les Prairies.

La croissance marquée de la population animale représente une grande partie de l'augmentation de 30 à 40 Mt (30 %) des émissions associées à la production animale au cours de la période 1990–2008. Au Canada, la production de bovins de boucherie a augmenté de 29 %, tandis que la production de porcs et de volaille a augmenté respectivement de 24 % et de 31 %.

Plus particulièrement, au cours de la période allant de 1990 à 2008, les émissions de CH<sub>4</sub> provenant de la fermentation entérique ont connu une hausse de 29 % et les émissions provenant des systèmes de gestion du fumier, de 33 %. De plus, dans le cas des bovins de boucherie, l'amélioration des troupeaux a entraîné une augmentation du poids vif et, par conséquent, une vache moyenne consomme plus d'aliments et émet davantage de GES. Ainsi, la proportion relative de gaz à effet de serre provenant des émissions du bétail s'est accrue graduellement au cours des années 1990 (de 63 à 67 %) pour atteindre un sommet de 69 % durant les années de sécheresse qu'ont

Figure 2–4 Contribution relative des GES provenant de l'élevage de bétail et de la production agricole, et total des émissions du secteur de l'agriculture, 1990–2008



été 2001 et 2002 (Figure 2–4).

Les augmentations associées à la production de bovins de boucherie ont été partiellement compensées par une baisse de 28 % de la population de vaches laitières. Par le passé, l'industrie laitière était principalement concentrée en Ontario et au Québec. La mise en place de systèmes de quota pour le lait dans ces provinces et dans d'autres provinces a forcé l'industrie laitière à investir dans l'amélioration des troupeaux afin d'augmenter la rentabilité de l'industrie. Par conséquent, les troupeaux de vaches laitières ont diminué de façon constante depuis 1990, entraînant une diminution globale des émissions. Bien que la diminution de la population de vaches laitières entraîne une baisse des émissions, une vache moyenne produit plus de lait aujourd'hui qu'en 1990, elle consomme aussi plus d'aliments et émet davantage de GES.

Les émissions provenant strictement des cultures agricoles sont principalement dues à l'épandage d'engrais azotés synthétiques ou à la décomposition de résidus de culture, ce qui est directement proportionnel au rendement des cultures. On compte environ une vingtaine de cultures importantes au Canada. Le maïs, le blé, l'orge et le canola requièrent davantage d'engrais pour assurer un haut niveau de production. Les émissions attribuables à l'utilisation d'engrais azotés synthétiques ont augmenté de façon considérable, passant de 9,2 Mt en 1990 à 13,4 Mt en 2008. L'utilisation d'engrais azotés synthétiques a fait un bond de 1,2 Mt de N à 1,9 Mt de N au cours de la même période, principalement en raison de la réduction des jachères d'été et d'une intensification des systèmes de culture dans l'Ouest du Canada.

Les émissions attribuables à la décomposition des résidus de culture ont varié grandement de 7,1 Mt en 1990 à 9,1 Mt en 2008, et ce, en fonction du prix des produits de base et des conditions météorologiques. Par exemple, une grave sécheresse observée dans la plupart des régions des Prairies canadiennes en 2001 et 2002 a entraîné une très faible production agricole, et, en retour, de faibles émissions pour ces années. L'impact de la sécheresse est observé sur la tendance des émissions et sur la proportion relative des émissions attribuées aux cultures ou à l'élevage d'animaux (Figure 2–4). En revanche, depuis 2005, des conditions météorologiques favorables ainsi que le prix avantageux des produits de base ont entraîné une production record de soja, de maïs, de légumineuses et de canola, ce qui a généré en conséquence de plus grandes émissions d'oxyde de diazote.

Le prix du bœuf est demeuré élevé jusqu'en 2003, soit jusqu'à la survenue d'un cas d'encéphalopathie spongiforme bovine (maladie de la vache folle) ayant entraîné une interdiction mondiale à l'endroit des produits de bœuf canadiens. Une augmentation soudaine (de 9 % entre janvier 2003 et janvier 2004) a été observée chez les populations animales canadiennes. En septembre 2003, les États-Unis et d'autres pays ont convenu d'autoriser les importations de bœuf canadien désossé provenant d'animaux âgés de moins de 30 mois en application d'un processus d'attribution de permis. Les exportations de viande ont commencé à se rétablir, quoique les populations d'animaux plus vieux sont demeurées élevées. En juillet 2005, les envois de bovins canadiens vivants âgés de moins de 30 mois ont été autorisés à entrer aux États-Unis.

Depuis 2005, les émissions globales attribuables au secteur de l'agriculture se sont stabilisées, et il semble y avoir un certain renversement de la tendance quant à la proportion croissante des émissions liées à l'élevage de bétail (Figure 2–4). Depuis le pic de la crise de l'ESB en 2005, les populations de bovins de boucherie ont diminué de 9 %. De plus, le prix du porc est bas (Statistique Canada, 2009) et les populations ont également diminué de 16 %. Ces baisses de population combinées aux tendances décroissantes continues observées dans les populations de vaches laitières ont entraîné une baisse de 6 %, soit environ 2,5 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>, des émissions attribuables au bétail. En même temps, depuis 2005, en raison de l'amélioration du rendement des cultures et du prix élevé des céréales, les émissions attribuables aux cultures ont augmenté de 18 %, soit environ 2,5 Mt. En 2008, la proportion des émissions provenant de l'élevage de bétail avait encore diminué pour atteindre 63 %, soit le même pourcentage qu'en 1990.

Dans l'ensemble, la diminution observée depuis 2005 des émissions provenant de l'élevage de bétail a été compensée par une hausse des émissions liées à la production agricole, ce qui entraîne une variation nette nulle des émissions attribuables au secteur de l'agriculture.

### 2.3.5. Secteur de l'affectation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie (absorptions nettes de GES en 2008 : 13 Mt, ne figurent pas dans les totaux nationaux)

Le secteur ATCATF déclare les flux 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 CO<sub>2</sub>, montrent une forte variabilité interannuelle au cours de la période visée par le rapport. En 2008, les flux nets ont correspondu à des absorptions de 13 Mt (voir la Figure 2–8).

Toutes les émissions et absorptions du secteur ATCATF sont exclues des totaux nationaux. En 2008, si l'on englobait les absorptions estimées à 13 Mt, on diminuerait de 2 % 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 quatre catégories de terres aménagées : terres forestières, terres cultivées,

terres humides et zones de peuplement.

La catégorie des terres forestières inclut les émissions et absorptions dues aux forêts aménagées du Canada. De toutes les catégories, ce sont les forêts aménagées qui présentent la plus forte variabilité interannuelle; elles ont donc une influence dominante sur le bilan net et les tendances des GES du secteur. Les flux nets de GES reflètent l'écart entre les absorptions de carbone résultant de la croissance des arbres et les émissions attribuables à des perturbations anthropiques et naturelles, en particulier les activités d'aménagement forestier, les incendies de forêt et les infestations d'insectes. La forte variabilité des flux nets résultant des forêts aménagées est due à l'impact immédiat des incendies de forêt, qui à eux seuls ont représenté entre 11 et 291 Mt des émissions annuelles pendant la période 1990 à 2008 (voir la Figure 2–6). Il faut donc faire preuve de prudence pour interpréter les tendances à court et à long terme, étant donné que le secteur dans son ensemble continue de subir l'importante variabilité interannuelle qui résulte des fortes fluctuations de la gravité de la saison des feux, avec un effet aléatoire supplémentaire dû à l'emplacement des feux dans les forêts aménagées (par opposition aux forêts non aménagées). Les flux de carbone les plus importants à destination et en provenance des forêts aménagées sont l'absorption de carbone par les arbres en croissance et son rejet attribuable à la décomposition de la matière organique (respectivement 2 930 et 2 114 Mt de CO<sub>2</sub> en 2008). Au cours des 10 dernières années, les

Figure 2–5 Émissions de GES du secteur ATCATF par rapport aux émissions canadiennes totales, 1990–2008

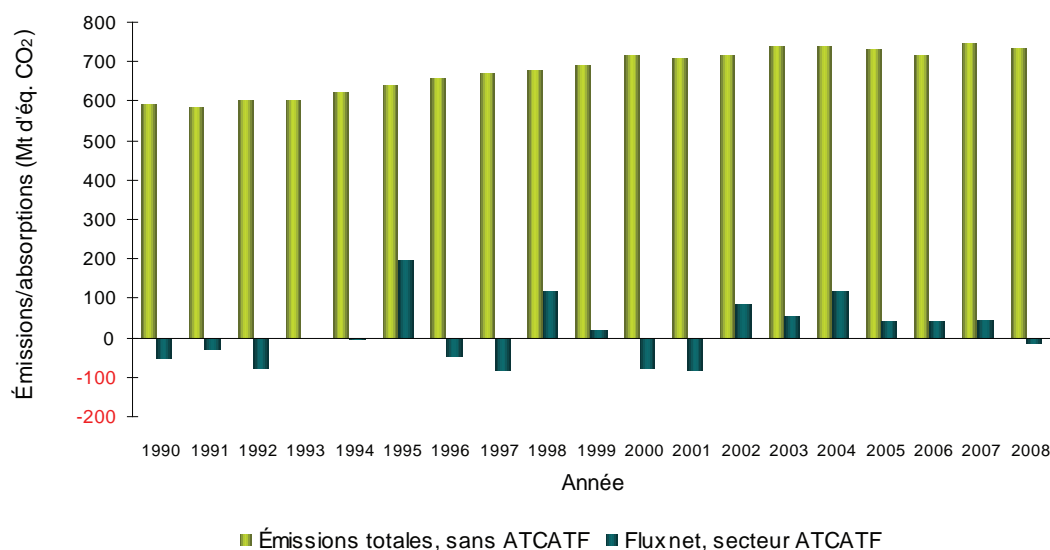
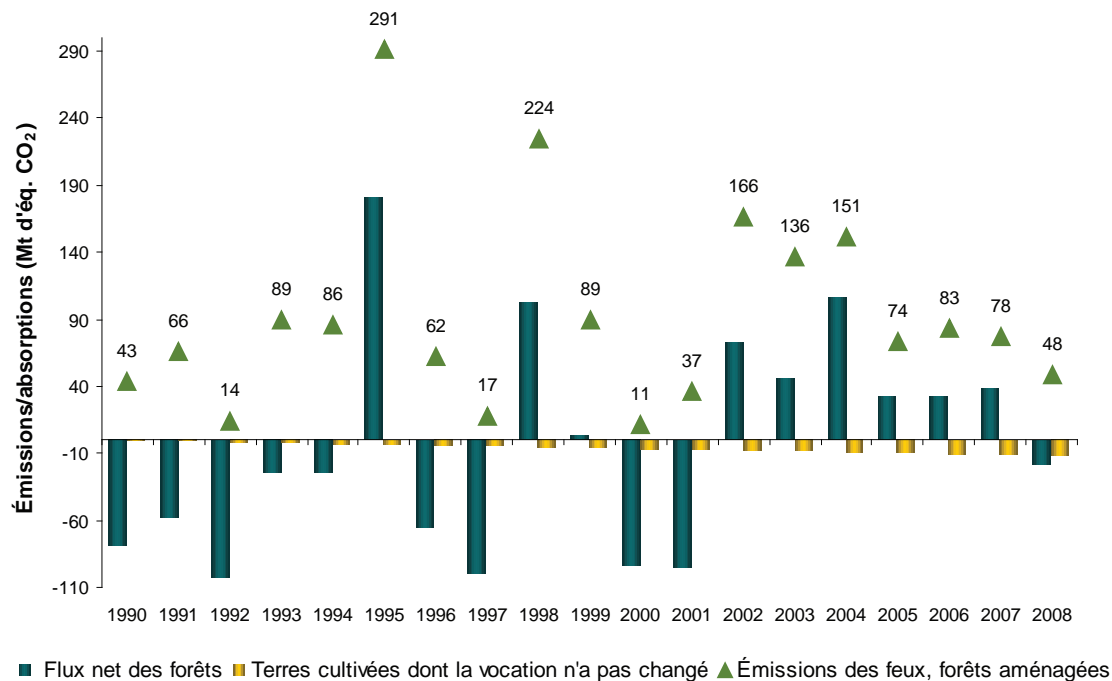




Figure 2-6 Une partie des émissions et absorptions de GES du secteur ATCATF, 1990-2008



activités de gestion des forêts, soit l'exploitation des forêts, ont entraîné des émissions annuelles moyennes de 181 Mt, une augmentation de 18 % par rapport au niveau de 1990. Les années 2006 à 2008 ont été marquées par une baisse du niveau des récoltes, ce qui s'est reflété par une tendance à la baisse des émissions correspondantes; les émissions liées aux récoltes en 2008 seulement (136 Mt) ont diminué de 22 % par rapport à leur niveau de 2007, atteignent leur plus bas niveau pour l'ensemble de la période de 1990 à 2008.

Il faut signaler que l'actuelle méthode par défaut ne tient pas en compte du stockage de carbone à long terme dans des produits du bois. En tenant compte de ce stockage, l'estimation des émissions attribuables aux récoltes au cours de l'année 2008 pourrait être réduite de 11 à 57 Mt, selon la méthode utilisée pour surveiller le devenir de ce carbone.

La sous-catégorie des terres cultivées englobe l'effet des pratiques agricoles sur les émissions et les absorptions de CO<sub>2</sub> par les sols arables, ainsi que les impacts immédiats, à court et à moyen termes de la conversion de forêts et de prairies en terres cultivées. En 2008, le bilan net des GES de la catégorie des terres cultivées a correspondu à des émissions de 4,4 Mt. L'adoption continue de pratiques agricoles

sans travail du sol ou avec travail du sol réduit et la diminution de la jachère d'été se sont traduites par une tendance stable à la hausse des absorptions dans les sols cultivés qui ont largement compensé, en 2008, les émissions dues à la conversion de terres à des fins agricoles.

La gestion de terres minérales correspondait à une absorption nette de CO<sub>2</sub> d'environ 2 Mt en 1990. Ce puits net a augmenté de façon constante pour atteindre environ 14 Mt en 2008, ce qui reflète les efforts continus déployés pour réduire les jachères d'été et pour augmenter le travail de conservation du sol. La surface en jachère d'été a diminué de plus de 61 % au cours de la période de 1990 à 2008, faisant passer les absorptions nettes de 3,1 Mt en 1990 à 6,6 Mt en 2008. L'augmentation de 1,4 Mt en 1990 à 5,7 Mt en 2008 du puits net en raison de l'adoption de pratiques de conservation du sol est confirmée par une augmentation totale nette de plus de 11 Mha des terres dont le sol n'est pas soumis à un travail ou est soumis à un travail réduit. L'augmentation nette de la surface présentant des cultures vivaces a également eu un impact modeste sur la séquestration du carbone par le sol depuis 1990 (-4,1 Mt).

Les émissions de CO<sub>2</sub> provenant des tourbières aménagées pour l'extraction de tourbe et des terres inondées sont

déclarées dans la catégorie des terres humides. Les émissions des tourbières aménagées ont augmenté de 46 % depuis 1990, s'élevant à 1,2 Mt en 2008. La conversion de terres en terres inondées (réservoirs) a entraîné des émissions de 4 Mt en 1990, et de 1,3 Mt en 2008. À noter que les réservoirs submergés depuis plus de 10 ans ne sont pas comptabilisés (GIEC, 2003).

Les estimations déclarées dans la sous-catégorie des zones de peuplement (7 Mt en 2008) représentent principalement l'effet de la conversion des terres forestières et d'autres terres recouvertes de végétation en zones bâties, y compris à des fins d'urbanisation et de loisirs, d'infrastructures de transport et d'extraction de ressources naturelles. La contribution des forêts urbaines est très faible.

Les terres boisées converties en terres cultivées, en terres humides et en zones de peuplement ont généré des émissions d'environ 19 Mt en 2008, contre 27 Mt en 1990. Cette réduction est due à des baisses de 5 Mt des émissions venant des forêts converties en terres cultivées, de 2 Mt pour celles venant des forêts converties en zones de peuplement et de presque 1 Mt pour celles provenant de forêts converties en terres humides. On trouvera des renseignements complémentaires au chapitre 7 et à la section A3.4 de ce rapport.

### 2.3.6. Secteur des déchets (émissions de GES en 2008 : 22 Mt)

De 1990 à 2008, les émissions de GES du secteur des déchets ont augmenté de 15 %, soit un peu moins que la croissance démographique de 20 %, alors qu'au cours de la même période, le total des émissions nationales de GES a augmenté de 24 % (voir la figure 2-7). En 2008, ces émissions ont représenté 2,9 % du total des émissions nationales de GES, contre 3,2 % en 1990. Sur les émissions totales de 22 Mt de ce secteur en 2008, 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 ont représenté 83 % 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 0,94 Mt et 0,25 Mt du total de ce secteur (voir le

Tableau 2–10). La Figure 2–7 présente les tendances des émissions de chacun des trois sous-secteurs par rapport au total des émissions du secteur des déchets entre 1990 et 2008. Les tableaux de l'annexe 12 résument 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 2008, en dépit d'une augmentation de 71 % du piégeage et de la combustion des gaz d'enfouissement au cours de la même période. Cependant, il faut noter que les données de 2007 sur le piégeage des gaz ont été utilisées pour l'année 2008, car la collecte de données est réalisée sur une base biennale. Par conséquent, les émissions prévues de CH<sub>4</sub> pourraient être légèrement inférieures si la tendance générale croissante du piégeage des gaz est constante. Cette supposition sera confirmée quand les données sur le piégeage des gaz seront révisées aux fins du prochain inventaire national. Environ 330 kt de CH<sub>4</sub> (ou 6 930 kt d'éq. CO<sub>2</sub>) ont été piégées par les 65 systèmes de collecte des gaz d'enfouissement en service au Canada (Environnement Canada, 2009)<sup>11</sup>. Sur le total de CH<sub>4</sub> recueilli en 2007, 50 % (165 kt) a été utilisé à diverses fins énergétiques et le reste a été brûlé par torchage. Selon les renseignements disponibles en 2007, sur ces 65 sites : 14 sites utilisaient le CH<sub>4</sub> capté, 36 sites le brûlaient par torchage et 15 sites faisaient les deux.

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 CH<sub>4</sub> par décomposition anaérobie<sup>12</sup>. Le taux de production de CH<sub>4</sub> à un site d'enfouissement est fonction

11 Au 31 décembre 2008, trois installations de collecte des gaz d'enfouissement n'avaient pas fourni de données sur ces gaz aux fins de l'inventaire de 2007. Pour les besoins du RIN 1990-2007, elles ont donc été incluses dans le total des installations actives recueillant des gaz d'enfouissement. 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. La troisième est une nouvelle installation dotée d'un système de collecte des gaz d'enfouissement, mais aucun renseignement quant à la quantité de gaz d'enfouissement recueillie n'était disponible.

12 Quand les déchets se composent de biomasse, le CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> sera séquestré quand la biomasse se régénérera dans la reproduction des cultures). Dans le cas de la biomasse de produits forestiers, les émissions de CO<sub>2</sub> sont prises en compte dans le secteur ATC/ATF (récolte forestière). Cependant, les déchets qui subissent une décomposition anaérobie produisent du CH<sub>4</sub>, 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 CH<sub>4</sub> non brûlé parmi les déchets sont donc comptabilisés dans les inventaires des GES.



Tableau 2-10 GHG Emissions from Waste, Selected Years

2

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )				
	1990	2005	2006	2007	2008
Total du secteur des déchets	19	21	22	21	22
a. Enfouissement des déchets solides	18	20	20	20	20
b. Traitement des eaux usées	0,74	0,90	0,91	0,93	0,94
c. Incinération des déchets	0,40	0,24	0,24	0,25	0,25

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

Figure 2-7 Émissions de GES du secteur des déchets, 1990-2008

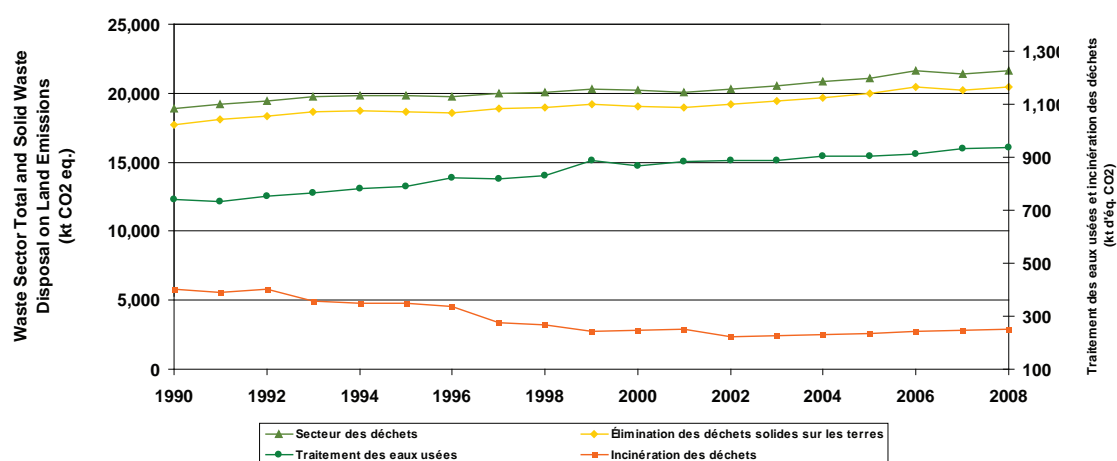
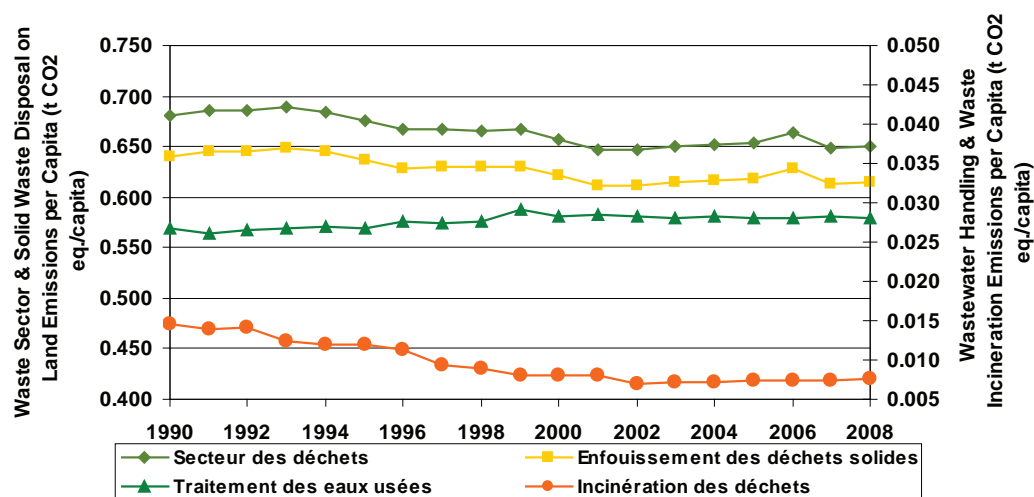


Figure 2-8 Tendances des émissions de GES par personne dans le secteur des déchets, 1990-2008



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.

Les programmes de captage du CH<sub>4</sub> et de détournement des déchets des décharges d'enfouissement ont grandement contribué à faire baisser les émissions durant cette période. La quantité de CH<sub>4</sub> capté dans les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux pour être éliminée par torchage ou par brûlage pour récupérer l'énergie a représenté 28 % du total des émissions en 2008 comparativement à 21 % en 1990. Les émissions par personne du secteur des déchets ont diminué de 4,6 % entre 1990 et 2008, 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 2–8). La quantité de CH<sub>4</sub> piégé a augmenté de 71 % entre 1990 et 2008, et celle des déchets détournés en pourcentage des déchets produits a varié entre 21 % et 25 % au cours de la période allant de 1998 à 2006 (Statistique Canada, 2000, 2003, 2004, 2007, 2008). Bien que la quantité de déchets envoyée à des sites d'enfouissements de DSM ait augmenté de 30 % entre 1990 et 2008, la quantité enfouie par personne n'a augmenté que de 8,3 %. Les quantités de déchets exportés du Canada aux États-Unis en 1998 et en 2006 ont été respectivement de 560 kt et de 3 660 kt, ce qui représente une augmentation de 553 % du volume de déchets exportés. Cependant, les émissions des sites d'enfouissement de DSM devraient augmenter dans les années à venir à cause des restrictions imposées à l'exportation de déchets solides de l'Ontario. Un accord a été signé 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>13</sup>. Les déchets gérés par les municipalités n'incluent pas les déchets institutionnels, commerciaux ou industriels.

De 1990 à 2008, la tendance à la croissance de la population (20 %) dépassait celle des émissions (15 %). La baisse de la croissance des émissions par personne observée au milieu des années 1990, illustrée à la Figure 2–8, est directement attribuable au captage du CH<sub>4</sub> dans les sites

d'enfouissement et aux programmes de détournement des déchets. 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 2–8. Entre 2006 et 2007, la baisse des émissions dans le secteur de l'enfouissement des déchets solides serait davantage attribuable à la méthode d'extrapolation utilisée pour calculer les quantités de déchets dans les sites d'enfouissement pour ces années qu'à un véritable reflet de la situation. Un calcul plus précis sera effectué pour 2007 et 2008 dans le prochain rapport d'inventaire, lorsque les résultats de la prochaine collecte de données biennales sur la quantité de déchets DSM enfouis seront disponibles pour l'année de déclaration 2009.

En ce qui concerne les tendances des émissions par personne, les émissions de GES résultant du traitement des eaux usées sont demeurées relativement constantes, alors que celles attribuables à l'incinération des déchets ont montré une baisse importante au cours de la série chronologique 1990-2008 (voir la Figure 2–8). Les émissions totales par personne attribuables à l'incinération des déchets ont diminué de 48 % au cours de cette période, la plus forte baisse étant celle des émissions dues à l'incinération des déchets entre 1992 et 1997, essentiellement à cause de la fermeture d'incinérateurs vétustes.

## 2.4. Tendances des émissions des précurseurs de l'ozone et des aérosols

Au cours de la période 1990-2008, 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 46 %; celles de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), de 24 %; celles d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), de 16 %, et celles de monoxyde de carbone, de 41 % (voir les tableaux de données à l'annexe 10).

13 Communication personnelle entre M. Jim Hiraish, du ministère de l'Environnement de l'Ontario et M. Craig Palmer, d'Environnement Canada. 30 novembre 2007.

## B. TENDANCES PAR SECTEUR ÉCONOMIQUE

émissions dans l'industrie lourde et manufacturière, et par une réduction des émissions du secteur de la production d'électricité. La baisse des émissions provenant de l'électricité entre 2004 et 2008 constitue un revirement de la tendance à long terme.

2

### Introduction

En 2008, bien que les émissions de GES au Canada aient atteint 734 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>, soit 24 % de plus que les niveaux d'émissions de 1990 et 31 % de plus que la cible du pays fixée par le Protocole de Kyoto, la tendance depuis 2004 est à une baisse légère – les émissions en 2008 ont été de 0,9 % inférieures à celles de 2004. Par ailleurs, l'intensité économique des GES du Canada – soit la quantité de GES émis par unité d'activité économique – a été inférieure de 9 % en 2008 par rapport à 2004.

Après 2004 et jusqu'en 2006, les émissions de GES ont diminué. Elles ont ensuite bondi en 2007, puis baissé de nouveau en 2008. Le résultat net a été une diminution d'un peu plus de 6 Mt entre 2004 et 2008. Il y a eu des augmentations significatives dans certains secteurs (notamment le transport routier et, dans une moindre mesure, les industries des combustibles fossiles), mais celles-ci ont été plus que compensées par un important déclin des

#### Ventilation par secteur économique

Cette section examine les tendances d'après les secteurs économiques les plus fréquemment décrits, le but étant d'établir une correspondance avec les analyses économiques normales et une ventilation à laquelle la plupart des gens sont habitués. Une telle organisation ne correspond pas à la répartition standard des inventaires nationaux, qui est établie selon les six secteurs de la CCNUCC. Bien que le degré de chevauchement soit élevé, il existe un certain nombre de différences. Pour un sommaire des différences et une représentation complète des émissions d'une répartition à l'autre, voir le supplément 3 à la fin du chapitre 2B.

Tableau 2-11 Sommaire des émissions et des activités économiques par secteur, 1990 et 2008

Economic Sector	Emissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )					PIB (milliards) (dollars constants de 2002) <sup>1</sup>				Intensité économique des émissions (kg GES/\$ PIB)		
	1990	2008	Change (Mt)	Change (%)	Proportion of total change (%)	1990	2008	Chg (%)	Proportion of total change (%)	1990	2008	Change (%)
Industrie comb. Fossiles	103	160	57	55%	40%	30.4	47.5	56%	3%	3.40	3.40	-1
Électricité	97	121	24	24%	17%	23.4	27.6	18%	1%	4.15	4.38	5
Transport <sup>2</sup>	121	162	40	33%	28%							
"Industrie lourde et manufacturière (comprend la construction)	123	110	-13	-10%	-9%	201	277	38%	15%	0.61	0.40	-35
Industries des services	40	59	19	47%	13%	546	940	72%	79%	0.10	0.10	-14
Secteur résidentiel <sup>2</sup>	52	52	0	1%	0%							
Agriculture	56	71	15	27%	11%	24.5	27.3	12%	1%	2.28	2.60	14
Total	592	734	142.6	24%	100%	825	1 321	60%	100%	0.72	0.56	-22

Notes:

1. Informetrica Inc., « Industrial Sector Real Gross Domestic Product (GDP) by North American Industry Classification (NAIC) », décembre 2009. Statistique Canada, CANSIM, Tableau 384 0002 – Produit intérieur brut (PIB), en termes de dépenses, comptes économiques provinciaux, annuel (dollars x 1 000 000).
2. Aucun PIB n'a été attribué aux secteurs résidentiel et du transport. Le PIB pour toute l'économie comprend tous les secteurs, y compris les revenus générés par le transport et les déchets. Par conséquent, la somme des chiffres fournis dans le tableau ne correspond pas exactement aux totaux.

## B1 Émissions par secteur

2

Afin de mieux comprendre la tendance globale des émissions de GES au Canada, il faut évaluer les tendances par secteur économique. Dans la présente section, nous examinons les industries des combustibles fossiles (en amont [producteurs] et en aval [raffineurs et distributeurs]); la production d'électricité (qui comprend tous les services publics et l'électricité produite par l'industrie privée); le transport (de passagers et de marchandises); l'industrie lourde et manufacturière; les industries des services (services financiers, tourisme, santé, éducation, etc.); le secteur résidentiel et l'agriculture. Le secteur de l'affectation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie (ATCATF) est également analysé; cependant, les émissions de ce secteur ne sont pas incluses dans les totaux nationaux du Rapport d'inventaire national conformément aux normes établies dans la CCNUCC.

Le Tableau 2–11 offre un aperçu des changements dans ces secteurs (sauf celui de l'ATCATF) de 1990 à 2008 en ce qui a trait aux émissions de GES, au PIB et à l'intensité économique des émissions. Un tableau détaillé des émissions indiquant les tendances par secteur et sous-secteur pour 1990, 2000 et la période s'étendant de 2004 à 2008 se trouve dans le supplément à la fin du chapitre (Tableau 2–16 L'accroissement des émissions des industries des combustibles fossiles a contribué à environ 40 % de la hausse totale des émissions de GES au pays, mais ce secteur n'a concouru qu'à 3 % de la hausse du PIB. De même, des augmentations disproportionnées des émissions comparativement à la contribution à la croissance économique ont été constatées dans le secteur de la production d'électricité, ce secteur ayant contribué à 17 %

de l'augmentation des émissions nationales depuis 1990, mais seulement à 1 % de la croissance du PIB. Cette situation souligne l'importance du secteur de la production d'énergie dans les niveaux d'émissions du Canada. Au contraire, les industries des services ont concouru à 79 % de la croissance économique du pays et, en raison de leur intensité d'émissions beaucoup plus faible (voir les colonnes de droite du tableau), ces industries ont moins contribué à la hausse des émissions nationales, soit 19 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>, ou 13 % du total. Entre-temps, l'amélioration des procédés de production dans l'industrie lourde et manufacturière et de l'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel a entraîné une diminution des émissions de ces secteurs de 1990 à 2008.

Dans l'analyse de la divergence de l'évolution des émissions de GES au Canada de 2004 à 2008 et de la tendance ayant eu cours dans les années précédentes, il est approprié de diviser en deux intervalles la période s'étirant de 1990 à 2008. La Figure 2–9 et la Figure 2–10 comparent l'évolution des émissions par secteur pour les périodes de 1990 à 2004 et de 2004 à 2008.

Tels qu'ils sont illustrés, les niveaux d'émissions ont augmenté de façon significative de 1990 à 2004. En effet, en 2004, les émissions étaient à près de 150 Mt de plus qu'en 1990. Cependant, de 2004 à 2008, elles ont diminué d'environ 6,4 Mt.

Les graphiques montrent clairement les changements importants liés à certains secteurs qui ont une incidence sur les tendances. Entre 1990 et 2004, les industries de production d'énergie ont contribué à l'augmentation des émissions de GES. De 2004 à 2008, l'industrie lourde et manu-

Figure 2–9 Évolution des niveaux d'émissions de GES de 1990 à 2004

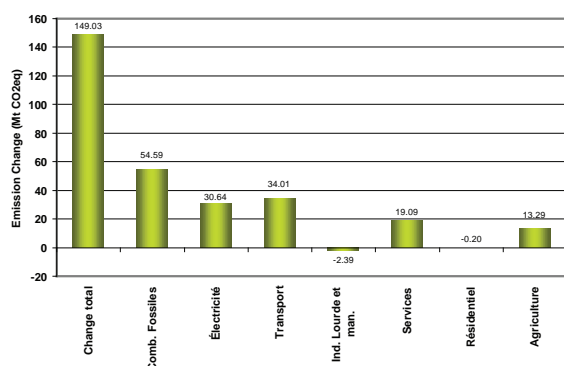


Figure 2–10 Évolution des niveaux d'émissions de GES de 2004 à 2008

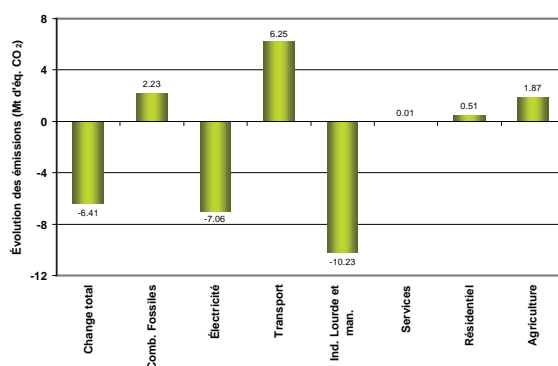
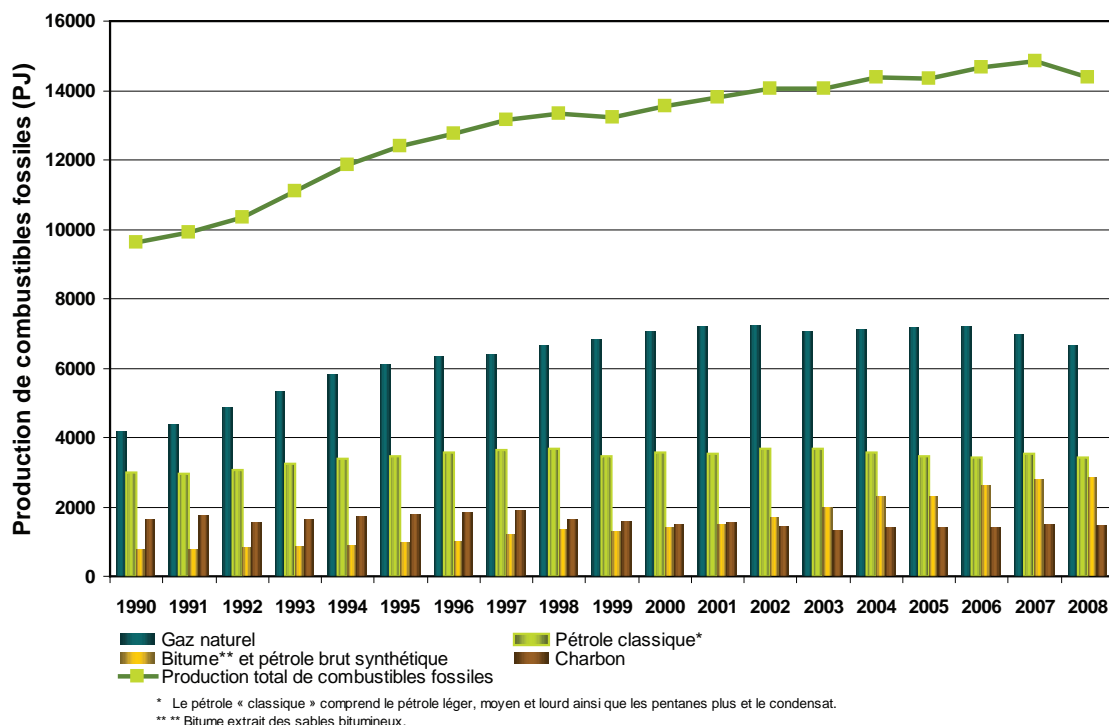


Figure 2-11 Production de combustibles fossiles au Canada de 1990 à 2008



Notes :

\* Le pétrole « classique » comprend le pétrole léger, moyen et lourd ainsi que les pentanes plus et le condensat.

\*\* Bitume extrait des sables bitumineux.

facturière ainsi que la production d'électricité ont entraîné un **déclin**. Le transport de passagers et de marchandises a concouru de façon constante à la hausse des émissions totales de GES du Canada. Cette situation n'a pas changé au cours des cinq dernières années de l'inventaire, pendant lesquelles ce secteur a contribué à une augmentation des émissions de 6,3 Mt.

## 2.5. Industries des combustibles fossiles

Les émissions attribuables à la production, au transport et à la transformation des combustibles fossiles se sont établies à 160 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2008, soit une augmentation de 55 % par rapport à 1990. En 2008, la production de combustibles fossiles en amont, qui comprend la production de pétrole brut (dont le pétrole classique<sup>14</sup> ainsi que le bitume et le pétrole brut synthétique extraits des sables bitumineux), la production et la transformation du gaz naturel, le transport du pétrole et du gaz ainsi que

l'exploitation du charbon, représente environ 87 % des émissions totales produites par l'industrie des combustibles fossiles. La portion en aval comprend le raffinage du pétrole brut en produits pétroliers en vue de leur vente, ainsi que la distribution du gaz naturel (à l'aide de pipelines à basse pression) aux utilisateurs industriels, commerciaux et résidentiels. Les émissions produites par ces activités représentent environ 13 % des émissions totales du secteur. La croissance de la production et ses caractéristiques (intensité des émissions) constituent les principaux facteurs d'émission de l'industrie des combustibles fossiles.

### 2.5.1. Croissance de la production

Les taux de production des combustibles fossiles sont grandement influencés par la demande des marchés national et d'exportation (en 1990 et en 2008, les ex-

<sup>14</sup> Dans la présente analyse, la production de pétrole « classique » comprend le pétrole léger, moyen et lourd ainsi que les pentanes plus et le condensat.

portations nettes<sup>15</sup> de pétrole brut et de gaz naturel représentaient 23 % et 43 % de la production totale, respectivement). La Figure 2–11 illustre la production des combustibles fossiles au Canada de 1990 à 2008. La production de pétrole brut et de gaz naturel a augmenté de 66 % et de 59 % pendant cette période, respectivement. La production de pétrole brut classique a augmenté de 15 %, mais a commencé à diminuer en 1998 (Statistique Canada, 2009e). Par contre, la production de bitume et de pétrole brut synthétique extraits des sables bitumineux au Canada a augmenté de 260 % – la majeure partie de cette augmentation ayant eu lieu depuis 1996 (CAPP, 2009a).

La production de gaz naturel a grimpé rapidement à partir de 1990 pour atteindre des sommets en 2002, soit 73 % de plus qu'en 1990. Toutefois, à partir de 2002, la production a diminué en raison de baisses de débit dans la portion albertaine du bassin sédimentaire de l'Ouest canadien, la plus grande région productrice de gaz au Canada (Nyboer et Tu, 2010). Bien que la production de gaz naturel ait commencé à diminuer après 2002, la croissance rapide de la production pétrolière s'est poursuivie. En 2007, la production totale de pétrole brut et de gaz naturel était supérieure de 68 % aux niveaux de 1990. La demande élevée, en particulier aux États Unis, a attisé ces tendances, le marché d'exportation s'accroissant, de loin, le plus rapidement (les exportations ont augmenté de 153 %) (Statistique Canada, 2009e). En outre, les nouveaux besoins en infrastructure, notamment les gazoducs, ont contribué à la hausse des émissions.

Bien que les émissions de GES provenant des industries des combustibles fossiles aient crû de 53 % entre 1990 et 2002, les émissions ont augmenté de seulement 1,7 Mt (1,1 %) entre 2002 et 2008. Au cours de cette dernière période, la production de gaz naturel a diminué d'environ 8,2 %, alors que la production de pétrole brut a montré une croissance globale d'environ 17 %. Cette croissance, accompagnée d'une hausse de 156 % du prix du brut<sup>16</sup>, s'est presque entièrement produite sur le marché d'exportation. Pendant que les exportations de brut augmentaient de 23 %, la consommation nationale augmentait de seulement 0,9 %. Cette variation négligeable a touché non seulement

les émissions de GES provenant de l'industrie des combustibles fossiles, mais a également eu des répercussions significatives sur les émissions connexes d'autres secteurs.

## 2.5.2. Caractéristiques de la production (intensité des émissions)

Parmi les autres facteurs liés à la tendance des émissions, mentionnons la réduction des réserves facilement exploitables de brut classique, qui sont remplacées par des sources à forte intensité d'énergie et de GES, dont la production de pétrole synthétique (à partir des sables bitumineux) et du pétrole classique plus lourd et plus difficilement exploitable, qui provient par exemple de sources en mer ou qui est extrait grâce à la récupération assistée des hydrocarbures (RAH). De 1990 à 2000, les besoins énergétiques par baril de pétrole léger/moyen classique extrait ont crû d'environ 60 % (Nyboer et Tu, 2010). L'intensité des émissions du baril de pétrole moyen produit au Canada a augmenté d'environ 6,5 % entre 1990 et 2008 (Figure 2–12). Si le gaz naturel est inclus, les intensités d'émissions pour les industries de production gazière et pétrolière d'amont (en excluant le transport) se sont accrues de 9,5 % au cours de la même période.

Points saillants de l'intensité des émissions des industries des combustibles fossiles :

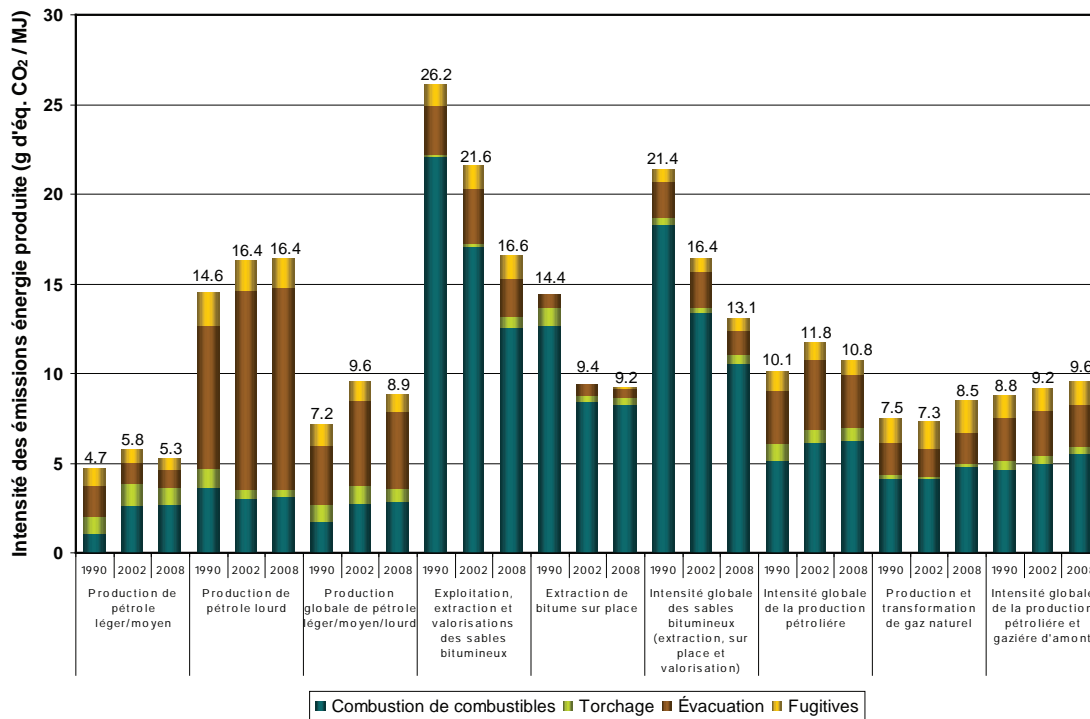
- L'intensité moyenne des émissions de la production pétrolière à partir des sables bitumineux a diminué de 39 % de 1990 à 2008. Cette réduction est due à des baisses d'intensité des émissions qui proviennent tant de la production de bitume sur place que de l'exploitation, l'extraction et la valorisation des sables bitumineux, qui ont connu des baisses de 37 % et de 36 %, respectivement. Le principal facteur ayant contribué à cette tendance globale a été les taux à la baisse des émissions associées à la combustion de combustibles. Pour chaque baril de pétrole produit à partir de sables bitumineux, les émissions associées à la combustion de combustibles ont diminué de plus de 42 %.
- L'augmentation de 17 % de la production pétrolière de 2002 à 2008 découle entièrement de l'exploitation des sables bitumineux, dont la production s'est accrue de 67 %, alors que la production de pétrole classique a diminué d'environ 6,2 %. Pendant que la production nette a augmenté, les émissions de tous les types de production pétrolière ont crû d'environ 7,3 % (4,6 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>). Malgré la hausse des émissions, leur intensité pour l'ensemble de la production pétrolière a diminué de 8,2 % grâce aux gains en efficacité dans la

<sup>15</sup> Bien que le Canada exporte des volumes importants de pétrole et de gaz naturel (principalement aux États Unis), il importe aussi du pétrole brut et des produits pétroliers raffinés. Cette situation reflète partiellement les événements historiques qui ont permis d'assurer des importations à Montréal et à des endroits à l'est de la vallée de l'Outaouais. Néanmoins, comme pourcentage de la production totale, les exportations nettes de pétrole brut sont en croissance.

<sup>16</sup> Les prix par baril (en dollars canadiens) sont passés d'une moyenne d'environ 40 \$ en 2002 à 102 \$ en 2008 (CAPP, 2009b)



Figure 2-12 Intensité des émissions par type de source de production de combustibles fossiles (1990, 2002 et 2008)



Les intensités se fondent sur les émissions totales des sous-secteurs et sur la consommation énergétique rapportées par Statistique Canada. Il s'agit de moyennes globales et non des intensités des installations.

production tirée des sables bitumineux.

- En particulier, la production de bitume sur place (où il est séparé du sable dans le sous-sol pendant son extraction) a récemment pris de l'importance dans la production tirée de sables bitumineux. De nombreuses améliorations technologiques sont apparues dans ce secteur, allant de la méthode de stimulation cyclique par la vapeur d'eau (procédé CSS) au procédé de drainage gravitaire en présence de vapeur (technique SAGD), en passant par l'extraction à la vapeur (VAPEX), toutes ces techniques peuvent être employées pour optimiser l'extraction de bitume tout en réduisant la demande d'énergie. En plus de bien choisir les méthodes de récupération souterraine les plus efficaces, les exploitants de sables bitumineux ont amélioré l'efficacité énergétique à l'étape de la valorisation du bitume (pendant laquelle les matières extraites sont transformées en pétrole synthétique)<sup>17</sup>.

17 La valorisation exige d'importantes quantités de gaz naturel et de gaz de procédé pour la transformation en pétrole ainsi que la production d'électricité et d'hydrogène. L'efficacité énergétique du processus de valorisation a été accrue au cours des dernières années par l'amélioration de la technologie et la modification des procédés. En particulier, des projets intégrés d'exploitation, d'extraction et de valorisation ont été mis sur pied pour réduire les besoins énergétiques par baril de pétrole comparativement à la seule valorisation, et la gazéification a été utilisée pour mettre au point les carburants appropriés dans le processus de valorisation.

- Le bitume des sables bitumineux est de plus en plus envoyé aux États Unis, qui possèdent une capacité de valorisation et de raffinage du pétrole lourd plus importante (ONE, 2006). Les données de Statistique Canada vont dans le même sens et montrent que le ratio du bitume par rapport à la production de pétrole brut synthétique au Canada a augmenté de 93 % de 2002 à 2008 (CAPP, 2009a). En raison de la quantité croissante de bitume dans l'ensemble de la production, il semble que les émissions liées à la valorisation et au raffinage du bitume diminuent de plus en plus au Canada, ce qui contribue également à réduire l'intensité des émissions de la production pétrolière dans son ensemble.
- Bien que la production de gaz ait décliné après avoir atteint un sommet en 2002, le secteur de la production et de la transformation du gaz naturel a représenté 35 % des émissions totales des industries des combustibles fossiles en 2008. Depuis 1990, les émissions ont crû de 79 %; l'augmentation correspondante de la production de gaz naturel a été de 59 %. La quantité d'énergie nécessaire pour extraire et transformer le gaz naturel a aussi grimpé de 18 %, comme le montre la hausse des intensités des émissions.
- Les émissions attribuables à la combustion associée au raffinage et à la valorisation du pétrole (une combinaison d'activités d'aval et d'amont) ont diminué de 2,1 Mt



(17 %). Cette baisse a été accompagnée d'une réduction de 6,0 % de la quantité de brut raffiné au Canada, mais la transition du coke au gaz naturel à plus faible intensité carbonique aux installations de raffinage et de valorisation semble avoir eu les répercussions les plus importantes sur les réductions de GES.

## 2.6. Production d'électricité

En 2008, les émissions des secteurs de la production et de la distribution d'électricité avaient augmenté de 24 Mt par rapport à 1990, où elles s'établissaient à 97,0 Mt, ce qui représente une hausse de 24 %. Parmi les causes sous jacentes, citons une hausse de 27 % de la demande d'électricité découlant de l'utilisation croissante de procédés de fabrication électriques, la pénétration rapide des ordinateurs, la hausse de l'utilisation d'appareils électroniques et l'arrivée continue de produits de consommation électroniques (Statistique Canada, 2009c; RNCan, 2009). Entre temps, les exportations d'électricité aux États Unis (principalement du Québec et du Manitoba) ont aussi considérablement augmenté (Statistique Canada, 2009c). En raison de la hausse de la demande nationale et des exportations, la production d'électricité au Canada a augmenté

de 29 % de 1990 à 2008<sup>18</sup>.

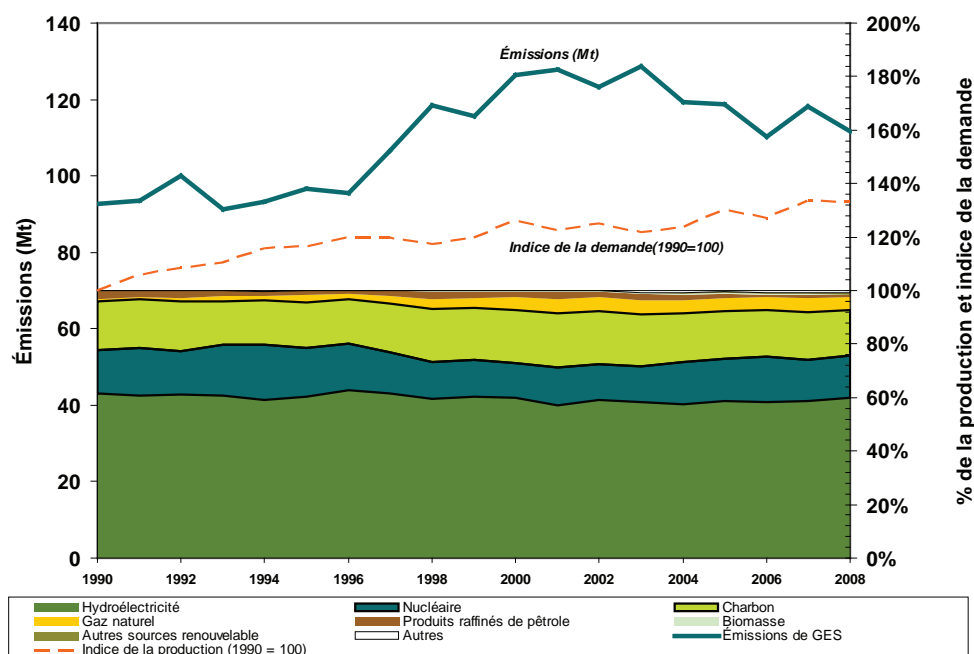
Cependant, les émissions de ce secteur n'ont pas toujours suivi la tendance de la production. Au début des années 1990, malgré la demande croissante, les émissions résultant de la production d'électricité oscillaient autour des niveaux de 1990; puis, de 1994 à 2000, les émissions ont augmenté de 37 %, alors que la production n'a augmenté que d'environ 5 %. Après une courte pause, les émissions ont atteint un sommet en 2003 et ont ensuite diminué de 12 % au cours des cinq années suivantes, même si la production s'est accrue de presque 7 %.

La Figure 2–13 illustre les différents changements liés à la production d'électricité de 1990 à 2008.

Quant à l'approvisionnement en électricité, le facteur le plus important est lié à l'évolution de la disponibilité des sources d'énergie pouvant être utilisées pour produire de l'électricité. En 2008, environ 60 % de l'électricité produite au Canada était de l'hydroélectricité (comparativement à

18 Même si un certain nombre de provinces importent de l'électricité des États Unis, les importations nettes ne représentent qu'environ 5 % de la quantité totale d'électricité produite au cours d'une année. Chaque année depuis 1990, les exportations ont dépassé, presque toujours de loin, les importations.

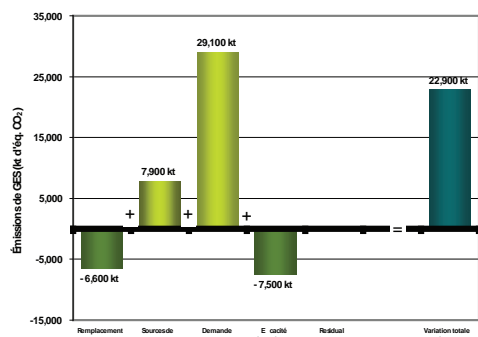
Figure 2–13 Électricité produite par les services publics, par source, et émissions de GES, 1990–2008



### Notes :

1. Les statistiques sur la production se rapportent seulement à l'électricité produite par les services publics, mais cette électricité constitue plus de 90 % de l'approvisionnement total.
2. Les émissions provenant de la production d'électricité comprennent celles produites par les services publics et par l'industrie, mais excluent les émissions associées au transport.

Figure 2-14 Incidence des facteurs sur la variation des émissions provenant de la production d'électricité, 1990-2008



Notes :

a) Les effets du remplacement de combustible, des sources de production, de la demande et de l'efficacité illustrent la façon dont ces facteurs ont contribué à l'évolution des émissions par rapport à l'année de référence.

b) Les émissions illustrées dans le graphique comprennent celles qui proviennent de la production d'électricité, mais excluent les émissions de SF<sub>6</sub> provenant du transport et de la distribution de l'électricité.

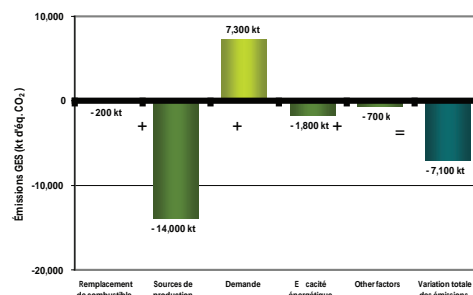
62 % en 1990); 16 % provenait de combustibles nucléaires (15 % en 1990), 23 %, de combustibles fossiles (à peu près le même pourcentage qu'en 1990) et le reste, d'énergies renouvelables comme le vent et la biomasse. Étant donné que seule la production d'électricité provenant de combustibles fossiles engendre directement des émissions de GES, la transition vers cette source d'énergie pour la production d'électricité entraînera une hausse des émissions. Au contraire, les émissions diminueront si les autres sources sont davantage utilisées. De même, le type de combustible utilisé (p. ex., le gaz naturel ou le charbon) peut faire augmenter ou diminuer les émissions.

L'incidence de ces différents facteurs sur les émissions provenant de la production d'électricité en 2008 (par rapport aux années de référence 1990 et 2004) est illustrée à la Figure 2-14 et à la Figure 2-15.

Les tendances illustrées à la Figure 2-14 et à la Figure 2-15 se résument comme suit :

- **Remplacement de combustible (production par combustion)** – Entre 1990 et 2008, la quantité d'électricité produite par des centrales au gaz naturel a crû de près de 600 %, alors que la quantité générée à partir de produits pétroliers raffinés (PPR) a baissé de plus de 60 %. La transition des PPR à émissions de GES élevées au gaz naturel a permis une baisse des émissions de GES en 2008 par rapport à 1990. À court terme, les effets du remplacement de combustible ont été moindres.
- **Composition des sources de production** – Ce terme

Figure 2-15 Incidence des facteurs sur la variation des émissions provenant de la production d'électricité, 2004-2008



renvoie à la transition de sources de production par combustion vers des sources sans combustion (aucune émission de GES), afin de répondre à la demande. Bien que la production nucléaire, hydroélectrique et renouvelable ait augmenté au fil du temps, la proportion d'électricité générée par combustion a aussi augmenté par rapport à 1990. L'utilisation accrue de sources sans combustion en 2008 constitue le principal facteur de baisse des émissions par rapport à 2004.

- **Demande** – La quantité d'électricité produite en 2008 était de 33 % supérieure à celle de 1990. Cette hausse de la demande provenant des secteurs industriel et résidentiel/commercial est la principale cause de la hausse globale nette des émissions. L'augmentation continue de la demande depuis 2004, surtout en Alberta, a fait grimper les émissions.
- **Efficacité énergétique** – Les améliorations en termes d'efficacité énergétique, c'est-à-dire la quantité d'énergie nécessaire pour produire de l'électricité, ont aidé à réduire les émissions par rapport à 1990 et à 2004.

Le principal facteur expliquant la divergence entre la demande d'électricité et les émissions provenant de la production d'électricité est la composition des sources de production. Ainsi, au milieu des années 1990, la production accrue à partir de combustibles fossiles (principalement des centrales au charbon) a permis de soutenir la demande croissante d'électricité, alors que la production nucléaire et hydroélectrique perdait du terrain. Cette situation a mené à des augmentations disproportionnées des émissions par rapport au début des années 1990, au moment où la capacité de production nucléaire était plus forte en Ontario.

Depuis 2003 environ, même si le charbon est demeuré le combustible de premier plan en Alberta et en Saskatchewan, l'Ontario a lancé un programme en vue de fermer ses centrales au charbon, tout en remettant en service un certain nombre de centrales nucléaires. En outre, les précipitations depuis environ 2004 ont été supérieures à la moyenne sur 30 ans dans de nombreuses régions du pays, ce qui a fait augmenter les niveaux d'eau et accru la production hydroélectrique, alors que les prix élevés du pétrole ont entraîné un recul significatif de l'utilisation des PPR. Au cours des dernières années, l'électricité d'origine éolienne a commencé à avoir des effets sur la diminution des émissions<sup>19</sup>. Tous ces phénomènes ont concouru au déclin des émissions dans le secteur de la production d'électricité de 2003 à 2008. Pendant cette période, les émissions de GES provenant de la production d'électricité ont diminué d'environ 16 Mt.

La diminution des émissions de GES attribuable à la baisse de la quantité d'électricité produite à partir de charbon a été renforcée par la transition continue des combustibles fossiles à intensité carbonique élevée vers des combustibles fossiles à intensité carbonique moindre, et par l'amélioration de l'efficacité de la production à partir de combustibles fossiles. En particulier, la production d'électricité à partir de gaz naturel a beaucoup augmenté depuis 1990, et elle dépasse maintenant la production à partir de produits pétroliers raffinés (PPR) dans l'approvisionnement total (l'intensité carbonique du gaz naturel représente environ la moitié de celle du charbon et est d'environ 25 % inférieure à celle de la plupart des PPR). En 2008, la part du gaz naturel dans la production d'électricité totale représentait 5 %, soit plus de cinq fois celle de 1990. En plus de ses avantages pour l'environnement, le gaz naturel bénéficiait également d'un prix concurrentiel par rapport au pétrole. Il y a maintenant des centrales électriques au gaz naturel en exploitation dans la plupart des régions du pays, l'Ontario et l'Alberta étant en tête de la production d'électricité à partir du gaz, suivis de la Colombie Britannique et de la Saskatchewan. Au Québec et dans les provinces de l'Atlantique, le gaz

naturel n'est disponible que depuis 2000, mais il est déjà utilisé dans plusieurs nouvelles centrales, de même que dans des centrales au mazout modernisées.

Les émissions provenant de la production d'électricité ont crû sensiblement entre 2007 et 2008 (Figure 2–14). La majeure partie de la baisse de 2007 à 2008 a été observée en Ontario (4,5 Mt), suivi du Québec (1,7 Mt). La baisse globale des émissions est surtout due à une production record d'hydroélectricité et à une baisse de la pointe de consommation d'électricité en Ontario que le temps doux, les conditions économiques et les efforts accrus de conservation ont permise. La centrale de cogénération au gaz naturel située à Bécancour, au Québec, a interrompu ses activités à la demande d'Hydro Québec en 2008. Cela explique principalement la diminution des émissions dans cette province.

## 2.7. Transport de passagers et de marchandises

Les niveaux d'émissions du secteur du transport ont augmenté de 40 Mt (23 Mt dans le cas des passagers et 17 Mt dans le cas des marchandises) de 1990 à 2008, ce qui représente une hausse de 34 % par rapport à 1990 et une proportion de 26 % de la hausse des émissions totales du pays. Depuis 1990, les besoins en transport de passagers et de marchandises ont connu une hausse constante. Ces tendances s'expliquent en partie par la croissance de la population et des villes au Canada, la hausse des revenus et des dépenses et l'accroissement du commerce intérieur et international.

### 2.7.1. Tendances du secteur du transport de passagers au Canada

On mesure l'activité en véhicules kilomètres parcourus (VKmP) et en passagers kilomètres parcourus (PKP), alors que le transport de marchandises se mesure en tonnes kilomètres parcourues (TKP).

Comme l'indique le Tableau 2–12, les Canadiens ont augmenté de 30 % leurs déplacements en termes de PKP par habitant, ce qui se reflète dans la hausse des VKmP (45 %) et des PKP (56 %). Les Canadiens voyagent surtout dans des véhicules de transport de passagers (qui représentaient environ 85 % de tout le transport terrestre de passagers en 2008). Durant ce temps, depuis 1990, un

19 En 2008, de nouvelles installations éoliennes à grande échelle ont permis d'accroître la production d'électricité éolienne de 44 % par rapport à 2007 et de 179 % par rapport à 2005. La production d'électricité éolienne et marémotrice a presque égalé la production d'électricité à partir de PPR, et les programmes provinciaux visant à accroître la production d'électricité renouvelable (qui provient du vent et d'autres sources) dans le réseau continueront à jouer un rôle en 2009 et au-delà, à mesure que de nouveaux projets seront réalisés. L'Association canadienne de l'énergie éolienne (CanWEA) signale que la puissance installée du Canada a atteint 2 369 MW en 2008, soit 523 MW de plus qu'en 2007. À titre comparatif, les 18 réacteurs nucléaires du Canada (en exploitation en 2008) possédaient une capacité totale brute de 13 400 MW. ([http://www.cna.ca/french/pdf/nuclearfacts/2009/CNA\\_Booklet\\_09\\_FR.pdf](http://www.cna.ca/french/pdf/nuclearfacts/2009/CNA_Booklet_09_FR.pdf)).

Tableau 2-12 Émissions et activité par mode de transport de passagers, 1990 et 2008

	Activité des véhicules (milliards de VKP) <sup>1</sup>			Activité des passagers (milliards de PKP) <sup>1</sup>			Intensité de l'activité (milliers PKP/habitant)			Émissions de GES (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )			Intensité des GES (kg d'éq. CO <sub>2</sub> /PKP)		
	1990	2008	% change	1990	2008	% change	1990	2008	% change	1990	2008	% change	1990	2008	% change
Voiture	174	193	11%	271	301	11%	9.77	9.04	-7%	46.2	41.1	-11%	0.17	0.14	-20%
Camion léger	63	152	141%	95	264	179%	3.42	7.92	132%	21.4	47.2	120%	0.23	0.18	-21%
Autobus <sup>2,3</sup>	2.3	3.2	39%	32	52	61%	1.17	1.56	34%	1.90	2.46	30%	-	0.05	-
Natural gas and propane cars <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.21	0.88	-60%	-	-
Motocyclettes <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	0.26	80%	-	-
Transport ferroviaire	-	-	-	1.33	1.44	8%	0.048	0.043	-10%	0.23	0.21	-11%	0.17	0.14	-17%
Transport aérien	-	-	-	24.6	43.5	77%	0.89	1.31	47%	5.22	7.48	43%	0.21	0.17	-19%
Total de passagers	239	348	45%	424	663	56%	15.29	19.88	30%	77	100	29%	0.18	0.15	-18%
Récréatif et résidentiel <sup>5</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.60	4.69	2%	-	-
Total (y compris récréatif)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82	104	0	-	-

Notes:

1. VKmP et PKP signifient les véhicules-kilomètres parcourus et les passagers-kilomètres parcourus, respectivement. Ces paramètres fréquemment utilisés en analyse de transport représentent la distance totale parcourue par les véhicules et les passagers.
2. L'occupation des véhicules provient de données publiées par l'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada.
3. Les estimations des kilomètres parcourus par les passagers des autobus se basent sur le nombre total d'autobus que compte le parc automobile canadien et sur les prévisions d'occupation des autobus. Par conséquent, on compte tous les types d'autobus (urbains, interurbains, scolaires et privés). En raison des incertitudes au sujet du nombre de véhicules que renferme le parc, les intensités des GES par PKP ne sont pas indiquées.
4. Les distances parcourues par les véhicules ne sont pas disponibles pour les voitures au propane ou au gaz naturel, ni pour les motocyclettes.
5. La catégorie « Récréatif et résidentiel » regroupe les véhicules récréatifs (p. ex. motoneiges, motos hors route) et les équipements tels que les tondeuses à gazon et le matériel de déneigement résidentiel. Puisque ces véhicules et équipements servent rarement au transport de personnes ou de marchandises, mais sont reliés étroitement aux ménages canadiens, leurs émissions sont mentionnées brièvement dans la section du chapitre 2B portant sur le secteur résidentiel.

changement notable de types de véhicules utilisés pour le transport de passagers s'est produit : les VKmP pour les camions légers ont grimpé de 141 %, alors que les VKmP par les voitures ont crû de seulement 11 %.

Les hausses de population entraîneront des hausses proportionnelles des besoins de transport de passagers, à moins de changements dans les habitudes de déplacements par personne. La population canadienne a grimpé de 20,3 % entre 1990 et 2008; pendant ce temps, la population « en âge de conduire » (c. à d. les personnes de 16 ans et plus) a augmenté de 21 % (Statistique Canada, 2009a, 2010f).

Le parc automobile a aussi augmenté depuis 1990, et ce, plus rapidement que la population. Dans l'ensemble, le parc automobile routier au Canada a bondi, passant de 15 millions de véhicules en 1990 à plus de 21 millions, soit une hausse de 42 %.

### 2.7.1.1. La domination croissante des véhicules de transport de passagers

La hausse de la part d'émissions provenant des véhicules personnels destinés au transport de passagers a été provoquée par des facteurs économiques et la demande du marché. Les prix du carburant tout au long des années 1990 ont été relativement abordables par rapport à ceux des années 1980. De nombreuses études semblent aussi établir un lien étroit entre le revenu, les dépenses et la possession d'un véhicule (RNCAN, 2009). Les Canadiens achètent de plus gros VUS et fourgonnettes au détriment de voitures plus petites; 24 % des véhicules légers étaient des camions, des fourgonnettes ou des VUS en 1990. En 2008, ce taux atteignait 41 %.

### 2.7.1.2. Stagnation du taux pondéré de consommation de carburant (TPCC) des véhicules

On peut atténuer les effets de l'augmentation des déplacements en véhicules sur les émissions de GES en augmentant le rendement du carburant ou en passant à des carburants émettant moins de carbone (c. à d. le gaz naturel ou les biocarburants). Les consommations sur route sont affichées dans le Tableau 2–13 pour les voitures et les camions à essence et diesels, ainsi que pour tout le parc, pour les années 1990 et 2008.

Depuis 1990, les Canadiens ont acheté des voitures plus petites et consommant moins d'essence, comparativement aux grosses voitures des années 1970 et 1980, ce qui a favorisé les améliorations techniques concernant le rendement du carburant des voitures à essence et à moteur diesel. Par ailleurs, des données provenant des États Unis indiquent que les baisses de TPCC des camions légers et des VUS ont été limitées sensiblement par la demande croissante de puissance (NHTSA, 2007). La hausse des rapports puissance poids a fortement limité les gains en rendement du carburant des véhicules.

Tableau 2–13 TPCC des véhicules légers au Canada, 1990 et 2008

	1990	2008	% change
Voitures à essence	11.2	9.4	-16%
Voitures à moteur diesel	7.2	6.1	-15%
Camions à essence	14.3	13.3	-7%
Camions à moteur diesel	11.1	13.8	24%
Moyenne de parc	11.9	11.0	-8%

### 2.7.1.3. Changements aux types de carburants

L'éthanol et le biodiesel se sont ajoutés aux carburants du parc automobile canadien au cours des années 1990. Étant donné que ces carburants contiennent du carbone provenant de sources renouvelables, ils peuvent potentiellement réduire les émissions totales de GES. En 2008, l'usage de biocarburants atteignait approximativement 1 100 MI d'éthanol et 45 MI de biodiesel (B100) (TFIS, 2008). Cela représente 2,7 % de la consommation totale d'essence et 0,2 % de la consommation totale de diesel.

### 2.7.1.4. Transport aérien intérieur

Le transport aérien intérieur a augmenté sensiblement dans la dernière décennie en raison de la demande croissante de la part des voyageurs. En effet, les revenus des Canadiens et les dépenses de voyage ont augmenté. Le transport aérien intérieur n'a pas été aussi affecté que le transport international par les événements du 11 septembre 2001; en 2008, le nombre de PKP dépassait de 77 % les niveaux de 1990 (Statistique Canada, 2009b). Selon une entente internationale, seules les émissions associées au transport aérien intérieur sont comptées dans l'inventaire.

Entre 1990 et 1995, le coefficient de remplissage, c'est à dire le taux d'occupation d'un avion, oscillait entre 62 % et 64 % chez les transporteurs canadiens. En 2008, les coefficients de remplissage moyens étaient d'environ 80 %, permettant des réductions d'intensité des GES du transport aérien.

## 2.7.2. Tendances du secteur du transport de marchandises au Canada

On transporte les marchandises par camion, par train, par bateau ou par avion, ou à l'aide d'une combinaison de ces modes de transport. L'activité, les activités connexes et les émissions de GES associées au transport de marchandises au Canada sont résumées dans le Tableau 2–14 pour 1990 et 2008.

La hausse de 64 % du transport de marchandises (d'après les TKP) et l'intensité croissante de ce type de transport dans l'économie (d'après les TKP par unité de PIB) proviennent de l'augmentation des échanges commerciaux à l'intérieur des provinces, ou entre les provinces ou les pays.

Depuis 1990, le recours aux camions lourds a connu une hausse considérable pour le transport de marchandises par rapport au transport ferroviaire, maritime ou aérien. Parallèlement à la croissance rapide du transport de marchandises (d'après les TKP), cette tendance représente un des principaux facteurs d'augmentation des émissions et de l'intensité des émissions reliées au transport de marchandises, étant donné que le camion constitue l'un des modes de transport à plus forte intensité d'émissions.

Les facteurs sous jacents au transport de marchandises sont étroitement liés à l'activité économique et aux échanges commerciaux, surtout compte tenu de la par-



Tableau 2-14 Émissions et activité par mode de transport de marchandises, 1990-2008

	Activité (milliards TKP) <sup>1</sup>			Émissions de GES (Mt éq. CO <sub>2</sub> )			Intensité des GES (kg éq. CO <sub>2</sub> /TKP)		
	1990	2008	% change	1990	2008	% change	1990	2008	% change
Camion (lourd) <sup>2</sup>	103	276	168%	26.6	43.6	64%	-	160	-
Transport ferroviaire	248	357	44%	6.73	6.90	3%	-	20	-
Bateau	190	253	33%	5.04	5.83	16%	-	-	-
Avion	0.54	0.62	15%	1.14	1.06	-7%	-	2000	-
Total	542	886	64%	40	57	45%	-	-	-

Notes :

1. Les TKP signifient les tonnes kilomètres parcourues, paramètre fréquemment utilisé en analyse de transport de marchandises par camion. Il s'agit d'une mesure de la distance et du poids des biens transportés.
2. Les TKP établies pour les camions incluent les estimations du transport pour compte d'autrui et du transport à son compte.

ticipation grandissante du Canada aux économies américaine et mondiale. Les besoins croissants de livraison juste à temps depuis 1990 ont exigé un système de transport souple (pouvant être assuré par les camions). Pendant ce temps, l'industrie du camionnage a pu profiter de la réduction des obstacles au commerce rendue possible par l'Accord de libre échange, conclu en 1989. Les compagnies canadiennes de chemins de fer n'ont pas créé de liaisons nord sud avant la fin des années 1990, moment où le Canadien National a acheté l'Illinois Central Railway.

### 2.7.2.1. Transport de marchandises par camion

Aux fins d'études, l'industrie du transport de marchandises par camion est communément divisée en transporteurs pour compte d'autrui et transporteurs à leur compte. Les transporteurs pour compte d'autrui se définissent comme tous ceux qui transportent des biens contre rémunération; les transporteurs à leur compte sont des compagnies dont les activités font surtout partie d'un secteur autre que le transport, et qui ont leur propre parc de camions. Le camionnage pour compte d'autrui est de loin la composante la plus importante de l'industrie, du point de vue des TKP et du poids des marchandises transportées.

Les TPCC moyens du parc de véhicules lourds à moteur diesel ont baissé de 12 % depuis 1990, ce qui a permis des émissions et une consommation totales de carburant inférieures à ce qu'elles auraient été sans gains en efficacité.

### 2.7.2.2. Transport de marchandises par train

Comme le montre le Tableau 2-14, on observe une hausse du transport de marchandises par train de 44 % depuis 1990 (en TKP), alors que les émissions ont diminué de 3 %. À l'instar du secteur du transport de marchandises par camion, cette divergence s'explique par des facteurs de chargement des trains à la hausse et par des gains techniques en efficacité (Statistique Canada, Tableau CANSIM 404 0016). Entre 1990 et 2008, le taux de consommation de carburant dans le secteur du transport de marchandises par train a diminué d'environ 29 % (en TKP).

### 2.7.2.3. Transport de marchandises par bateau

De façon similaire aux autres modes de transport de marchandises, la hausse de 33 % du transport maritime de marchandises qui figure dans le Tableau 2-14 est surtout due à l'accroissement du commerce international. En outre, étant donné que la rotation des capitaux est lente dans ce secteur, on suppose que les gains en rendement du carburant sont mineurs.

### 2.7.2.4. Transport de marchandises par avion

Au Canada, ce secteur inclut le transport de biens dans la soute inférieure des avions de passagers, ainsi que le transport effectué par les compagnies spécialisées en fret. Le transport de marchandises associé au marché intérieur a crû d'environ 15 % entre 1990 et 2008, alors que les émissions ont diminué de 7 % approximativement. On suppose que ces dernières ont diminué tant à cause des coefficients



Tableau 2–15 Variation des émissions, du PIB et de l'intensité économique des émissions par sous secteur industriel, 1990 et 2008

	Émissions (Mt d'eq.CO <sub>2</sub> )				PIB (millions) (dollars constants de 2002)			Intensité économique des émissions (kg GES/\$ PIB)		
	1990	2008	Variation	Variation (%)	1990	2008	Variation (%)	1990	2008	Variation (%)
Fabrication	28.0	33.0	4.99	18	90 000	131 100	46	0.31	0.25	-19
Produits chimiques industriels	29.0	23.0	-6.50	-22	13 100	19 000	45	2.20	1.20	-46
Sidérurgie	13.6	13.7	0.04	0	5 200	6 000	15	2.61	2.27	-13
Foresterie, pâtes et papier	17.3	8.46	-8.89	-51	19 600	17 900	-9	0.89	0.47	-46
Fonte et affinage	15.6	11.4	-4.27	-27	3 900	8 300	112	3.99	1.37	-66
Ciment	9.3	11	1.60	17	2 300	3 300	44	4.10	3.30	-19
Exploitation minière	6.05	6.69	0.64	11	12 900	19 700	53	0.47	0.34	-28
Construction	3.77	3.57	-0.20	-5	52 300	70 200	34	0.07	0.05	-29
<b>Total</b>	<b>123</b>	<b>110</b>	<b>-12.6</b>	<b>-10</b>	<b>201 100</b>	<b>277 400</b>	<b>38</b>	<b>0.61</b>	<b>0.4</b>	<b>-35</b>

de remplissage accrus des avions que des baisses de taux de consommation de carburant.

## 2.8. Industrie lourde et manufacturière

Les émissions de GES du secteur industriel canadien – y compris les sous secteurs lourds<sup>20</sup> énergivores et à intensité d'émissions élevée, tels que le fer et l'acier, l'aluminium, les produits chimiques, les pâtes et papiers et le ciment, et les sous secteurs manufacturiers à intensité d'émissions plus faible (surtout secondaires) – ont reculé d'environ 13 Mt entre 1990 et 2008, soit une baisse d'environ 10 %. Ce déclin significatif est attribuable aux changements technologiques et à la modification des procédés, ainsi qu'à l'amélioration de la productivité. En outre, certains sous secteurs à intensité d'émissions élevée de l'industrie lourde n'ont pas connu de croissance importante en ce qui a trait aux extrants économiques ou physiques (c. à d. l'effet de restructuration). Ces tendances à long terme contrastent avec celles de la production des combustibles fossiles, du transport et de la production d'électricité, secteurs qui ont connu une forte croissance des activités et des émissions de GES.

La croissance et le taux de variation des émissions de GES, des extrants économiques et de l'intensité des émissions diffèrent d'un sous secteur industriel à l'autre de 1990 à 2008 (Tableau 2–15). Au début des années 1990,

l'économie canadienne était en récession, ce qui a fait diminuer les émissions de GES des secteurs manufacturier et industriel. Au cours des années 1990, la montée de l'économie du savoir ainsi que la hausse de la construction et de la consommation personnelle ont fait augmenter la production manufacturière. Au cours des dernières années, toutefois, le ralentissement des exportations aux États Unis, l'appréciation du dollar canadien par rapport au dollar américain, les prix croissants du pétrole et le début d'une nouvelle récession mondiale en 2008 ont tous contribué à la baisse des émissions de GES de certains sous secteurs. Le Tableau 2–15 inclut sept sous secteurs distincts, ainsi que la fabrication, qui englobe les émissions de GES résultant de toutes les autres activités manufacturières.

Points saillants des sous secteurs industriels :

**Fabrication**<sup>21</sup> : Tel que mentionné précédemment, ce sous secteur inclut une variété de sources industrielles d'émissions de GES, telles que l'industrie automobile, l'alimentation, le textile, les produits minéraux (surtout la production de chaux), la consommation d'hydrocarbures halogénés et l'utilisation de certains produits pétroliers raffinés. En raison de la forte croissance de la production (en particulier au cours de la dernière moitié des années 1990), ce sous secteur est celui qui a le plus contribué à l'augmentation des émissions de GES. Un autre facteur im-

<sup>20</sup> L'industrie primaire et la construction.

<sup>21</sup> La fabrication, nommée aussi « Autres industries manufacturières », comprend principalement les industries manufacturières secondaires et légères.

portant de croissance des émissions a été, depuis l'entrée en vigueur du Protocole de Montréal en 1996, le remplacement graduel des substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO) par des hydrurofluorocarbones (HFC) dans les appareils de réfrigération et de climatisation. Toutefois, même si les émissions se sont accrues à long terme, l'intensité économique des émissions du secteur manufacturier a diminué en raison de l'amélioration de l'efficacité énergétique et de la productivité.

**Produits chimiques industriels :** La fabrication de produits chimiques est énergivore et entraîne des émissions en raison des nombreuses réactions chimiques en cause. Cependant, malgré une hausse de la production depuis 1990, les émissions de GES de ce secteur ont diminué de 6,5 Mt, soit une baisse des émissions absolues de 2 % et une réduction de l'intensité économique des émissions de quelque 46 %. Cette tendance à long terme reflète la baisse générale des besoins énergétiques liés à la fabrication de produits chimiques et la réduction des émissions des procédés industriels par l'utilisation de technologies de réduction des émissions. Par exemple, Invista Canada (anciennement Dupont) a installé un système de réduction des émissions d'oxyde de diazote à son usine d'acide adipique<sup>22</sup> en 1997, ce qui a permis de réduire les émissions de N<sub>2</sub>O d'environ 8 Mt entre 1990 et 2008. Cependant, au printemps 2009, l'usine a interrompu ses activités pour une période indéterminée.

**Sidérurgie :** Les émissions de la production sidérurgique ont augmenté de seulement 0,04 Mt entre 1990 et 2008, bien que la situation ait été anormale en 1990 en raison d'une grève de cinq mois chez l'un des plus importants producteurs d'acier du pays, qui a fait diminuer la production d'acier d'environ 20 % par rapport à 1989 (CIEEDAC, 2008). À l'instar des fabricants de produits chimiques, les producteurs d'acier ont réalisé d'importantes améliorations de l'efficacité énergétique. En effet, l'intensité énergétique de la production d'acier a diminué de près de 12 % de 1990 à 2008, si l'on tient compte de la consommation de combustibles fossiles et d'électricité rajustée en fonction de l'impact de la grève de 1990 (CIEEDAC, 2010). La hausse de la proportion d'acier produit à l'aide de fours électriques à arc (FEA) a également permis de réduire les émissions. Ce mode de production utilise des riblons d'acier recyclés et évite les émissions attribuables à la réduction du minerai de fer en fonte brute, coupant ainsi

de moitié les émissions par rapport à la production d'acier à partir de matière première vierge.

**Foresterie, pâtes et papier :** Les émissions de GES dans ce secteur ont diminué de 51 % (8,9 Mt) de 1990 à 2008. La restructuration du secteur en raison de la mondialisation, de la hausse des prix du pétrole et de l'appréciation du dollar canadien a entraîné une baisse de la demande de produits canadiens. Parmi les améliorations technologiques et de procédés, mentionnons l'utilisation des déchets ligneux comme source d'énergie, la cogénération et la transition du mazout lourd au gaz naturel.

**Fusion et raffinage :** Des diminutions des émissions ont été observées dans le secteur de la fusion et du raffinage des métaux non ferreux, notamment dans le sous secteur de l'aluminium, où les émissions sont passées de 15,6 Mt à 11,4 Mt. Ces résultats sont notamment dus à des changements technologiques qui ont permis de réduire grandement les PFC par rapport aux niveaux de 1990. Des objectifs volontaires et progressifs de l'industrie de l'aluminium ont permis de réduire les émissions de GES et la consommation énergétique moyenne à long terme, même si la production a augmenté d'environ 100 % (1,6 million de tonnes) depuis 1990. Entre 1990 et 2005, l'industrie du magnésium a aussi connu des diminutions notables d'émissions, grâce au remplacement progressif du SF<sub>6</sub> par des gaz de couverture de remplacement<sup>23</sup>. De 2005 à 2008, des réductions graduelles de la production en prévision de la fermeture des usines de Norsk Hydro et de Timminco ont permis de diminuer considérablement les émissions de SF<sub>6</sub>. Norsk Hydro a finalement fermé au printemps 2007 et Timminco, en août 2008.

**Ciment :** Les émissions résultant de la production de ciment ont augmenté de plus de 17 % de 1990 à 2008, passant de 9,3 Mt à 10,9 Mt. La hausse des émissions a suivi de près l'accroissement de la production de clinker<sup>24</sup>, qui a augmenté de 22 % de 1990 à 2008. Une diminution de la demande intérieure et mondiale (surtout américaine) de ciment a entraîné une baisse de la production par rapport au sommet de 2007 (Statistique Canada, 2010), accompagnée d'une baisse des émissions de 10 % de 2007 à 2008.

**Exploitation minière :** Dans le sous secteur de

22 L'acide adipique sert à la production de nylon. L'usine où la production est interrompue se trouve à Maitland, en Ontario.

23 L'industrie du magnésium emploie des gaz de couverture pour prévenir la combustion du magnésium durant le traitement à haute température

24 Le clinker est le principal composant du ciment.

l'exploitation minière<sup>25</sup>, les émissions sont passées de 6,1 Mt à 6,7 Mt entre 1990 et 2008, et le PIB de ce sous secteur a grimpé de près de 54 %. L'augmentation du PIB a été largement due au démarrage de la production à grande échelle de mines de diamants au Canada et à la hausse générale du prix des minéraux, comme l'uranium et la potasse (Sask. Bureau of Statistics, 2009). L'usage répandu de véhicules lourds dans l'exploitation minière moderne a provoqué une hausse des émissions associées au transport dans ce secteur de 1 Mt, de 1990 à 2008.

**Construction :** Les émissions provenant des activités de construction ont décliné d'environ 17 %, même si l'activité économique associée à ce secteur a presque doublé. Une partie de cette baisse peut être attribuée à la diminution de la consommation de carburants à intensité de GES élevée, comme le kérosène et le mazout, mais le manque de données ne permet pas d'approfondir la question.

## 2.9. Services

Depuis 1990, l'industrie canadienne a réalisé des gains considérables en matière de productivité et d'efficacité technique, et a connu une transition vers une économie axée sur les services<sup>26</sup>. Ces facteurs se sont accélérés au cours de la décennie compte tenu d'une hausse de la productivité relative dans les secteurs des matières premières, de la transformation et de la fabrication, et de l'évolution de la place du Canada dans l'économie mondiale<sup>27</sup>. Par conséquent, en raison de la restructuration économique, des percées technologiques et de l'automatisation des secteurs primaires et secondaires, environ 93 % des 4,0 millions de nouveaux emplois au pays en 2008 ont été créés dans le secteur des services (Statistique Canada, Tableau 282 0008). Dans l'ensemble, cette restructuration a eu pour effet de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Plus de 30 % du déclin de l'intensité économique des émissions du Canada peut être attribué à un changement structurel de l'économie vers des secteurs à intensité carbonique moindre. Durant cette période, la croissance de

divers secteurs de haute technologie et de services a été plus rapide que celle des activités industrielles et manufacturières énergivores et à forte intensité d'émissions.

Dans les industries des services, les émissions sont en grande partie attribuables au chauffage et à la climatisation des édifices, ainsi qu'à l'alimentation de l'éclairage, des ordinateurs et d'autres appareils nécessaires aux activités. Les émissions provenant de ce secteur dans l'inventaire national ne comprennent que l'utilisation directe de combustibles, et non l'électricité consommée<sup>28</sup>. De 1990 à 2008, les émissions directement liées aux industries des services ont augmenté de plus de 19 Mt, soit environ 47 %. Cette hausse a cependant eu lieu en majeure partie de 1990 à 2003 : au cours des cinq dernières années, les émissions ont été pratiquement stables.

Deux facteurs importants ont contribué à la hausse des émissions à long terme : l'ajout d'une superficie de plancher pour les bureaux de plus de 172 millions de mètres carrés dans les établissements commerciaux (une hausse de presque 34 % de 1990 à 2007) et l'accroissement de l'utilisation d'équipement de bureau, de systèmes de chauffage et de climatisation et d'autres appareils énergivores. Ressources naturelles Canada estime que l'intensité d'énergie par unité de surface utile a atteint un sommet en 2003 (dépassant de 10 % la valeur de 1990) pour ensuite décroître jusqu'à une valeur qui était, en 2007, de 1 % inférieure à celle de 1990 (RNCAN, 2009)<sup>29</sup>.

Si les émissions provenant de l'électricité étaient incluses dans ces calculs, les émissions attribuables aux industries des services seraient beaucoup plus élevées, puisque la consommation d'électricité a grimpé de près de 27 % de 1990 à 2007; la majorité de cette hausse est attribuable à l'équipement auxiliaire comme les ordinateurs et autres appareils électroniques, et à la climatisation (RNCAN, 2009). Cette évolution s'est produite au moment où les activités commerciales mondiales ont été transformées par l'arrivée des ordinateurs personnels et, plus récemment, par Internet. En outre, l'augmentation de la surface utile de bureau s'est traduite par une hausse des besoins en climatisation (puisque les bureaux sont occupés pendant les heures les plus chaudes de la journée).

25 Dans le présent rapport, « exploitation minière » renvoie uniquement aux minéraux, aux métaux, aux pierres précieuses, etc., et non à l'extraction de produits énergétiques comme le bitume et le charbon.

26 Les services incluent, par exemple, le commerce de détail, la maintenance, les services financiers, les services gouvernementaux et sociaux, et les autres services publics.

27 Étant donné qu'une restructuration vers une économie axée sur les services s'est produite, les industries manufacturières canadiennes ont démenagé vers des pays où la production est plus économique. Par conséquent, un autre aspect de la tendance consiste en un déplacement des émissions vers ces pays étrangers.

28 Des émissions sont également attribuables aux véhicules et aux camions privés exploités par les détaillants ou autres, mais la majorité de celles-ci sont incluses dans le secteur du transport, car le carburant de ces véhicules est acheté aux stations service de détail.

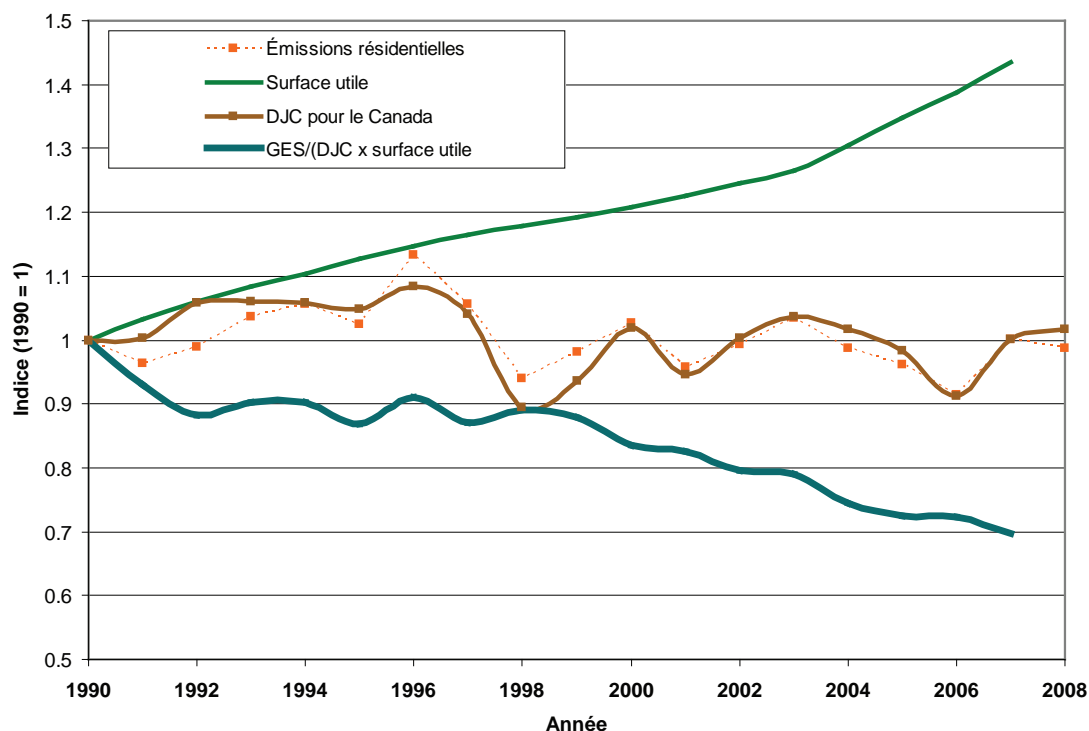
29 Des données sur la surface utile étaient disponibles jusqu'en 2007 au moment de la publication.

### Réduction des besoins en chauffage dans les édifices résidentiels et commerciaux

La quantité d'énergie nécessaire pour chauffer et climatiser une habitation est étroitement liée à la température extérieure. Deux indicateurs sont fréquemment utilisés pour déterminer les effets du temps sur les besoins en énergie et les émissions de GES : les degrés-jours de chauffage (DJC) et les degrés-jours de réfrigération (DJR). Les DJC annuels sont la somme du nombre de journées au cours d'une année où la température est inférieure à 18 °C multipliée par la différence de degrés entre 18 °C et la température atteinte à chacune de ces journées. Les DJR annuels sont la somme du nombre de journées au cours d'une année où la température est supérieure à 18 °C multipliée par la différence de degrés entre la température atteinte chacune de ces journées et 18 °C. Puisque le Canada est un pays nordique, le chauffage résidentiel consomme annuellement beaucoup plus d'énergie pour une maison moyenne comparativement à d'autres pays.

De 1990 à 2007, il y a eu une forte corrélation entre les DJC au Canada et les émissions de GES provenant du secteur résidentiel (voir la Figure 2-16). Cette situation illustre la relation étroite entre les températures extérieures et la quantité d'énergie nécessaire pour chauffer une maison. La diminution des émissions de GES par surface utile devant être chauffée (tel qu'il est indiqué par le produit de la surface utile et des DJC) constitue également une importante relation. Ce découplage est attribuable à l'amélioration de l'efficacité du chauffage et de l'enveloppe thermique des édifices ainsi qu'à certains changements dans les combustibles utilisés pour le chauffage.

Figure 2-16 Relation entre les DJC et les émissions résidentielles de GES, 1990-2007



Notes :

- Pour éliminer l'effet des variables climatiques et de population, la tendance est mesurée en émissions de GES divisées par le produit de la surface utile et des DJC pour la période. La courbe est indexée à 1990. Si l'efficacité ou les modèles d'utilisation de combustible n'avaient pas changé, le graphique montrerait une ligne horizontale. Cependant, le taux d'émission de GES indique une tendance à la baisse de 1990 à 2007, ce qui illustre la façon dont l'amélioration de l'efficacité des édifices et le changement de combustible entraînent des réductions d'émissions.

- La surface utile résidentielle est fondée sur les dénombrements d'habitations de Statistique Canada.

Toutefois, depuis 2004, les émissions directes liées au secteur sont stables, si on fait abstraction des légères fluctuations annuelles. Le facteur le plus important ayant influé sur cette tendance est la baisse des besoins énergétiques en chauffage et en climatisation, une tendance attribuable en partie aux hivers doux et à des programmes mis en place pour aider les consommateurs à réduire leur demande d'énergie.

## 2.10. Secteur résidentiel

Les émissions de GES dans le secteur résidentiel (y compris les maisons, les logements et autres habitations) ont augmenté de 0,3 Mt de 1990 à 2008 (une hausse de 0,6 %), même si la surface utile de ces bâtiments a augmenté d'au moins 44 %. L'unité de logement type au Canada s'est agrandie d'environ 11 m<sup>2</sup> (RNCAN, 2009). Les émissions de GES sont demeurées relativement stables depuis 1990, grâce aux efforts de l'industrie et des consommateurs encouragés par bon nombre de programmes gouvernementaux visant à améliorer l'efficacité (p. ex. ENERGY STAR®) et à réduire les émissions de GES (p. ex. EnerGuide), mais les effets des hivers plus doux et de la hausse du prix du carburant constituent également des facteurs importants (voir l'encadré Réduction des besoins en chauffage dans les édifices résidentiels et commerciaux pour en savoir plus sur les liens entre la température et la demande en énergie).

Un certain nombre de percées technologiques importantes ont été particulièrement pertinentes pour le secteur résidentiel. D'abord, l'efficacité des systèmes de chauffage résidentiels a augmenté, et les propriétaires utilisent de plus en plus le gaz naturel comme source de carburant au lieu du mazout ou de l'électricité. Puisque le chauffage demande beaucoup plus d'énergie que toutes les autres utilisations finales dans les foyers canadiens, ces changements sont importants et ils mènent directement à des réductions des émissions de GES. Au cours des dernières années, un certain nombre de programmes de rénovation ont permis aux Canadiens d'améliorer l'efficacité énergétique de leur demeure, et la construction de maisons éconergétiques a été encouragée par des programmes comme l'Initiative R 2000.

Le secteur résidentiel est également un grand consommateur d'électricité et, par conséquent, les efforts visant l'amélioration de l'efficacité électrique ont d'importantes répercussions indirectes sur la réduction des besoins de production d'électricité. Les plus importants de ces

changements ont trait aux gros appareils électroménagers. Par exemple, les nouveaux réfrigérateurs sont jusqu'à 40 % plus efficaces qu'en 1990, grâce à des programmes comme ENERGY STAR® (RNCAN, 2009).

Réduction des besoins en chauffage dans les édifices résidentiels et commerciaux

La quantité d'énergie nécessaire pour chauffer et climatiser une habitation est étroitement liée à la température extérieure. Deux indicateurs sont fréquemment utilisés pour déterminer les effets du temps sur les besoins en énergie et les émissions de GES : les degrés-jours de chauffage (DJC) et les degrés-jours de réfrigération (DJR). Les DJC annuels sont la somme du nombre de journées au cours d'une année où la température est inférieure à 18 °C multipliée par la différence de degrés entre 18 °C et la température atteinte à chacune de ces journées. Les DJR annuels sont la somme du nombre de journées au cours d'une année où la température est supérieure à 18 °C multipliée par la différence de degrés entre la température atteinte chacune de ces journées et 18 °C. Puisque le Canada est un pays nordique, le chauffage résidentiel consomme annuellement beaucoup plus d'énergie pour une maison moyenne comparativement à d'autres pays.

De 1990 à 2007, il y a eu une forte corrélation entre les DJC au Canada et les émissions de GES provenant du secteur résidentiel (voir la figure 8). Cette situation illustre la relation étroite entre les températures extérieures et la quantité d'énergie nécessaire pour chauffer une maison. La diminution des émissions de GES par surface utile devant être chauffée (tel qu'il est indiqué par le produit de la surface utile et des DJC) constitue également une importante relation. Ce découplage est attribuable à l'amélioration de l'efficacité du chauffage et de l'enveloppe thermique des édifices ainsi qu'à certains changements dans les combustibles utilisés pour le chauffage.

## 2.11. Agriculture

Le secteur de l'agriculture a également contribué à la hausse des émissions au Canada depuis 1990. Les émissions s'établissaient à environ 71 Mt en 2008, soit une augmentation de 15 Mt (27 %) par rapport aux niveaux de 1990 (Tableau 2–17).

Les principales activités produisant des émissions dans ce secteur sont l'élevage, les cultures agricoles et l'utilisation de combustibles à la ferme, qui représentaient respec-



tivement 56 %, 32 % et 12 % des émissions agricoles en 2008. Environ 62 % de la hausse des émissions du secteur agricole de 1990 à 2008 est liée à l'élevage.

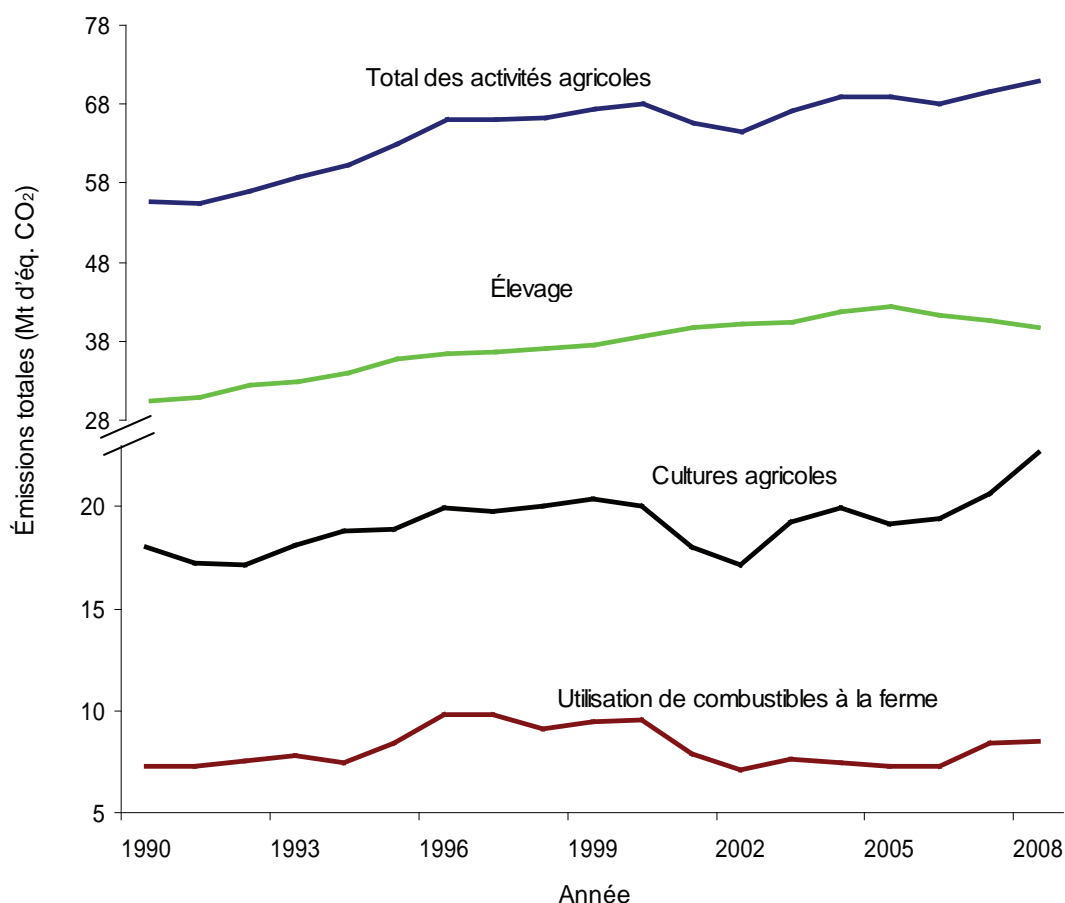
Les émissions d'origine animale sont principalement attribuables à la fermentation entérique, soit la digestion d'aliments, qui représente en moyenne 56 % des émissions animales (2 Mt en 2008). Le reste des émissions est lié à l'utilisation du fumier (19 % des émissions animales) et aux émissions d'oxyde de diazote causées par l'élimination du fumier (25 % des émissions animales).

L'importante croissance de la population animale représente une hausse de 30 % des émissions associées à l'élevage (qui sont passées de 30 à 40 Mt) de 1990 à 2008. Notamment, le secteur de l'élevage bovin a augmenté de 29 % au Canada (surtout en Alberta), l'industrie porcine, de 24 % (en particulier au Manitoba, au Québec, en Ontario, en Saskatchewan et au Nouveau Brunswick) et l'industrie avicole, de 31 %.

Parmi toutes les principales catégories de bétail du pays, c'est la production de bétail non laitier qui a eu les répercussions les plus importantes sur les tendances d'émissions de GES provenant de l'agriculture au Canada. Dans l'ensemble, pour ce qui est des émissions provenant de la fermentation entérique, 80 à 84 % sont attribuables au bétail non laitier et 25 à 30 %, à l'utilisation du fumier. Les tendances des émissions associées à la croissance de la population sont augmentées par une hausse de 26 % du poids moyen du bétail non laitier depuis 1990. Par conséquent, chaque bovin de boucherie produit une quantité accrue de GES en raison de la fermentation entérique et de la production de fumier. Même si la population animale était restée la même qu'en 1990, l'augmentation de poids aurait tout de même entraîné une hausse d'émissions.

En revanche, les émissions liées aux vaches laitières ont reculé d'environ 14 % depuis 1990, alors que la population de vaches laitières a diminué de 28 %. La réduction du troupeau est en partie neutralisée par une augmentation

Figure 2-17 Tendances dans le secteur agricole, 1990-2008





de 26 % de la productivité laitière moyenne, en raison de l'amélioration de la génétique et des modifications des pratiques d'alimentation et de gestion. Par conséquent, même si la baisse de la population de vaches laitières a permis une réduction des émissions dans cette catégorie, comme c'était le cas des bovins non laitiers, une vache moyenne produit aujourd'hui plus de lait qu'en 1990 et émet aussi davantage de GES.

De fortes tendances régionales sont également dignes de mention. Historiquement, la plupart des industries laitières sont situées en Ontario et au Québec, et la production bovine a principalement lieu en Alberta. La population de bœuf d'élevage de l'Alberta représente de 40 à 45 % du total national de bovins non laitiers au Canada. Cette situation signifie que les émissions agricoles ont augmenté, en particulier en Alberta, contribuant ainsi, avec d'autres secteurs de son économie, à une forte hausse des émissions.

Les émissions attribuables aux cultures agricoles proviennent surtout des applications d'engrais azotés synthétiques et de la décomposition des résidus de culture. L'utilisation d'engrais azotés synthétiques est passée de 1,2 million à 1,9 million de tonnes d'azote de 1990 à 2008, surtout en raison de l'intensification des systèmes de culture dans les Prairies canadiennes. Les émissions provenant de la consommation d'engrais azotés synthétiques sont passées de 9,2 Mt à 13,4 Mt durant la même période, ce qui représente une augmentation considérable. Cette tendance est partiellement atténuée par une réduction de 55 % de la superficie de jachère d'été et par une augmentation de 104 % des méthodes culturales de conservation du sol, principalement dans les Prairies. On sait que la jachère d'été augmente les émissions d'oxyde de diazote en raison du lessivage des nitrates et de la dénitrification. Les pratiques de conservation du sol réduisent directement l'utilisation du carburant servant au travail agricole, et on encourage le recours à ces pratiques exemplaires de gestion pour la lutte contre l'érosion et le piégeage du carbone.

La décomposition des résidus de culture est directement proportionnelle à la quantité de cultures produites. On trouve une vingtaine de cultures importantes au Canada, y compris le blé, le canola, l'orge, le maïs, le soja et les lentilles. Les émissions provenant de la décomposition des résidus de culture ont beaucoup varié, passant de 7,1 Mt en 1990 à 9,1 Mt en 2008, selon le prix des denrées et les conditions météorologiques. Par exemple, une forte

sécheresse dans la plupart des secteurs des Prairies en 2001 et en 2002 a eu pour résultat une production agricole très faible, donc une baisse des émissions pendant ces années. L'effet de la sécheresse s'est reflété tant dans la tendance des émissions que dans la proportion relative d'émissions attribuées aux cultures ou à la croissance des animaux (Tableau 2–17). Par contre, les conditions météorologiques et les prix des denrées favorables depuis 2005 ont permis une production record de soja, de maïs, de légumineuses à grains et de canola; par conséquent, les émissions d'oxyde de diazote ont crû.

Depuis 1990, les émissions provenant des combustibles utilisés à la ferme ont grimpé de 16 %, passant de 7,3 Mt à 8,5 Mt. L'utilisation de carburant à la ferme dans les véhicules hors route a grimpé de 30 %; par contre, ces émissions ont été partiellement compensées par une baisse de 13 % des émissions provenant de la combustion stationnaire (celle des installations agricoles telles que les bâtiments de ferme). Dans l'ensemble, les hausses d'émissions dues à l'utilisation de carburant dans les véhicules hors route sont proportionnelles à la hausse de la production agricole durant la période de 1990 à 2008. Les émissions issues de la combustion stationnaire ont culminé en 1993, pour décliner progressivement depuis, indiquant des réductions de l'énergie consommée par les infrastructures agricoles, malgré la forte hausse de production observée durant cette période.

Les facteurs économiques généraux dans le secteur de l'agriculture sont semblables à ceux des autres secteurs. Dans le cas des bovins de boucherie et des porcs, la production accrue a été en grande partie destinée au marché d'exportation. De 1990 à 1998, les prix du bœuf et du porc ont été élevés et stables, ce qui a encouragé les éleveurs de l'Ouest canadien à investir dans ces industries (Statistique Canada, 2001) et favorisé l'augmentation des populations de bœufs et de porcs. L'encéphalopathie spongiforme bovine (maladie de la vache folle) a eu d'importantes répercussions sur les marchés d'exportation et sur la population bovine du Canada : en mai 2003, les produits de bœuf canadien ont été interdits à l'échelle internationale. Avant l'interdiction, près de la moitié du bétail vendu au Canada était exportée, sous forme de viande ou d'animaux vivants; en 2002, près de 90 % des exportations de bœuf canadien étaient destinées aux États-Unis, pour un total de 3,7 milliards de dollars. Le prix du bœuf a plongé en raison de la forte baisse des exportations de bœuf (animaux vivants et viande), entraînant ainsi une hausse soudaine des populations d'animaux domestiques

(une hausse de 9 % de janvier 2003 à janvier 2004). En septembre 2003, les États Unis et d'autres pays ont convenu de rouvrir leurs portes aux importations de bœuf canadien désossé provenant d'animaux de moins de 30 mois, en vertu d'un processus de délivrance de permis. Les exportations de bœuf ont commencé à se redresser, mais les populations d'animaux plus âgés étaient toujours élevées. En juillet 2005, le bétail canadien vivant de moins de 30 mois a été autorisé à entrer aux États Unis. Les marchés d'exportation se sont redressés, mais les populations de bovins à viande ne semblent pas s'être stabilisées depuis la crise de la vache folle.

La production porcine du Canada est en grande partie exportée : les exportations de viande de porc sont de 44 % supérieures à la consommation intérieure et représentaient 2 740 millions de dollars en 2008. Les États Unis et le Japon représentant respectivement 37 % et 26 % des exportations canadiennes des produits du porc.

Depuis 2004, les émissions globales de l'agriculture se sont stabilisées. En raison de la crise de la vache folle en 2004, les populations bovines ont diminué de 9 %. De plus, les prix du porc ont été bas (Statistique Canada, 2009) et les populations ont diminué de 16 %. La diminution de cette population combinée aux tendances continues à la baisse de la population de bovins laitiers ont contribué à réduire d'environ 2,5 Mt (6 %) les émissions provenant du bétail. Au même moment, grâce à l'amélioration du rendement des cultures et aux prix élevés des grains, les émissions provenant des cultures agricoles ont augmenté d'environ 2,5 Mt (18 % dans ce cas), et les émissions provenant de l'utilisation de combustibles à la ferme ont crû d'environ 1 Mt.

Globalement, entre 2004 et 2008, les baisses d'émissions provenant de l'élevage ont été compensées par des hausses d'émissions issues des cultures agricoles, ce qui a annulé les variations nettes des émissions agricoles. La forte hausse d'émissions provenant des cultures agricoles dans les dernières années, combinée à une tendance à la baisse des populations bovine et porcine, peut signifier une nouvelle tendance à la baisse. Une demande élevée de terres et de biocarburants influera de façon probablement importante sur l'agriculture dans l'avenir.

## 2.12. Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

Les tendances du secteur ATCATF sont principalement déterminées par celles des terres forestières, des terres cultivées et de la conversion des forêts. Les flux nets des terres forestières montrent une importante variabilité annuelle due aux régimes erratiques des incendies de forêt, qui masquent les régimes d'intérêt sous jacents du secteur. Parmi les importantes tendances des sous secteurs associées aux activités humaines dans les forêts aménagées, mentionnons une hausse de 21 % de la quantité de carbone absorbé dans la biomasse forestière récoltée de 1990 à 1999, qui s'est depuis stabilisée autour d'une moyenne annuelle d'environ 50 Mt de transferts de carbone hors site. Depuis 2006, les activités de gestion forestière ont connu une baisse considérable, les niveaux de récolte en 2008 (36 Mt C) étant à leur plus bas pour la période entière couverte par ce rapport. Cette tendance reflète une profonde restructuration du secteur forestier canadien, aggravée par les conséquences de la récession économique aux États Unis, principal marché d'exportation du Canada. L'autre tendance d'intérêt est la baisse constante des émissions de la catégorie des terres cultivées, qui sont passées de 13 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 1990 à une absorption nette de 4,4 Mt en 2008. Cette situation résulte largement des changements de pratiques de gestion des terres agricoles dans l'Ouest canadien, telles que l'adoption à grande échelle de méthodes culturales de conservation du sol et la réduction des jachères d'été. Enfin, la quantité de GES émis par la conversion de forêts à d'autres utilisations est passée de 27 Mt CO<sub>2</sub> en 1990 à 18,7 Mt en 2008. Ces valeurs reflètent une réduction de plus de 20 kha du taux annuel de conversion de forêts en terres agricoles, passant de 67 kha en 1990 à 46 kha en 2008; la majeure partie de ces réductions ont eu lieu dans les plaines boréales, les Prairies subhumides et la Cordillère montagnarde de l'Ouest canadien, après une période d'expansion agricole active dans les décennies précédentes. D'autres régimes de conversion des forêts ont progressivement pris de l'importance, notamment le déboisement aux fins d'extraction de gaz et de pétrole (de 2,4 à 3,8 kha de forêts converties en 1990 et en 2008, respectivement). Néanmoins, les effets immédiats et à long terme des perturbations naturelles majeures dans les forêts aménagées, comme l'infestation du dendroctone du pin ponderosa dans l'Ouest du Canada, continueront

sans doute à dominer la tendance du secteur ATCATF. À noter que le secteur ATCATF n'est pas pris en compte dans les estimations des totaux nationaux de gaz à effet de serre.

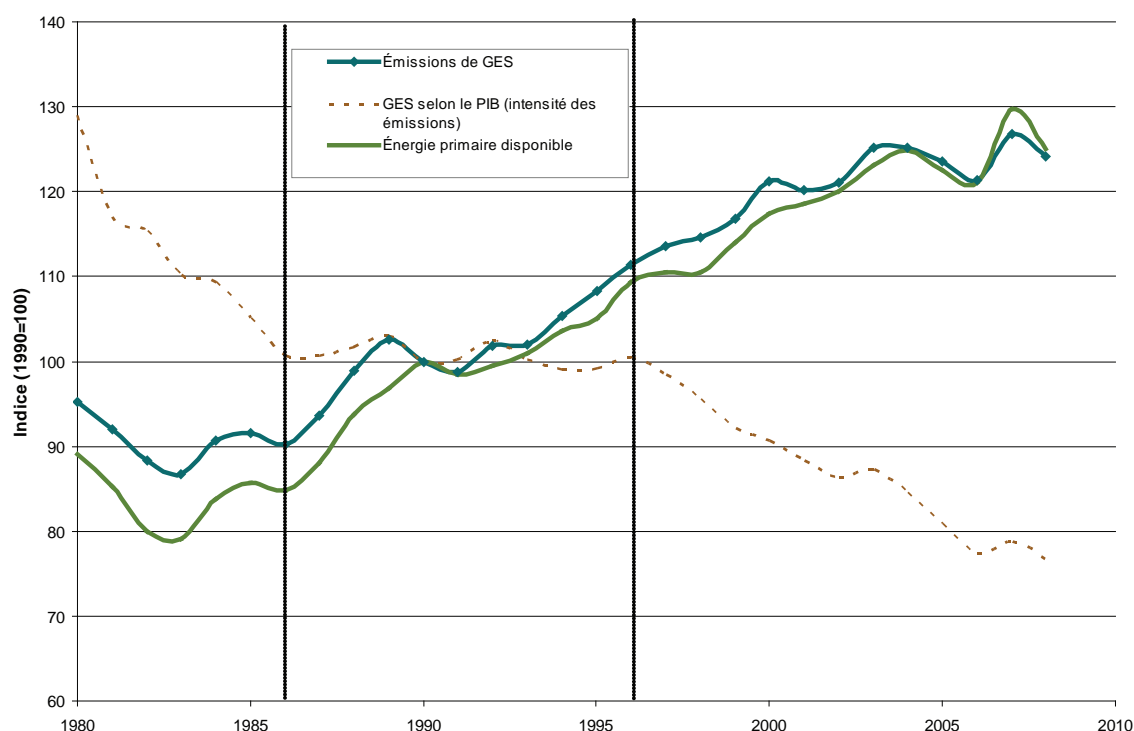
## B2 Tendances des émissions de GES du Canada dans une perspective à long terme

Les initiatives de réduction des émissions sont une des composantes clés de la réaction mondiale au changement climatique. Pour situer dans une perspective historique les défis auxquels le Canada fait actuellement face, on présente à la Figure 2–18 la tendance à long terme des émissions de 1980 à 2008, de même que deux mesures, soit l'intensité économique des émissions mesurée selon le PIB (en dollars constants) et la quantité totale d'énergie utilisée au Canada. La période de 1980 à 2008 peut être divisée en trois tranches : de 1980 à 1986 (période où l'intensité économique des émissions a diminué d'environ 30 %), de 1986 à 1996 (période où l'intensité économique des émissions est demeurée relativement constante) et de 1996 à 2006 (période où l'intensité économique des émissions a de nouveau chuté) (voir la Figure 2–18).

Le début des années 1980 a été une période turbulente dans l'histoire mondiale en ce qui a trait à l'approvisionnement en énergie et à la demande. Les importantes améliorations apportées à l'efficacité dans les années 1980 sont principalement attribuables aux crises de prix ainsi qu'aux politiques et aux règlements gouvernementaux en vue d'accroître la sécurité énergétique et l'innovation industrielle. L'industrie a pris des mesures pour réduire ses besoins énergétiques et la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel a diminué à la suite de l'augmentation du prix de l'huile de chauffage, parallèlement au prix d'autres produits pétroliers. Par conséquent, même si l'économie a crû de plus de 17 % de 1980 à 1986, les émissions ont grandement diminué. Cette situation signifie que l'intensité économique des émissions a chuté de 4 % par année au cours de cette période.

Durant la deuxième phase, de 1986 à 1996, l'intensité des GES de l'économie est demeurée relativement stable, en raison de deux faits macroéconomiques particulièrement importants. D'abord, le prix du pétrole brut a grandement reculé vers la fin des années 1980, à la suite d'un ralentissement marqué de la demande énergétique associé à une poussée de la production de combustibles (AIE 2004). Cette situation a grandement limité les mesures économiques incitatives en vue d'améliorer l'efficacité. Ensuite, le Canada a connu une profonde récession à partir de 1990, le PIB ne se redressant qu'en 1993. Les émissions se sont donc stabilisées et l'intensité des émissions a mon-

Figure 2-18 Tendence à long terme des émissions de GES et principales mesures, 1980-2008



Note :

Les périodes de 1980 à 1986, de 1986 à 1996 et de 1996 à 2008 ont été séparées pour souligner le fait qu'elles ont connu des changements importants en ce qui a trait à l'économie, à l'énergie et aux émissions.

tré une légère tendance à la hausse. Lorsque la récession s'est terminée en 1993, les émissions ont augmenté en raison de la plus forte croissance économique. De 1990 à 1993, les émissions ont augmenté de moins de 1 % par année et de plus de 3 % par année au cours des années suivantes.

À partir de 1997, il y a eu un autre découplage du PIB et des émissions, l'intensité économique des émissions diminuant en moyenne de 2,2 % par année. Cette baisse peut s'expliquer par les changements structuraux qui ont eu lieu dans la composition de l'économie et par les améliorations de l'efficacité, les changements de combustibles utilisés et l'évolution des procédés industriels. Les changements structuraux sont ceux examinés à la section B2 2.6; ils englobent le début de la transition en cours d'une économie manufacturière vers une économie des services, avec la croissance du secteur manufacturier qui en résulte à l'étranger. Malgré la baisse de l'intensité économique des émissions qui a constitué une amélioration au cours de la période de 1986 à 1996, cette tendance n'a représenté que

la moitié de ce qui a été atteint de 1980 à 1986 et n'a pas été suffisante pour parvenir à des réductions absolues des émissions, puisque le taux de croissance économique du Canada était encore plus élevé (la croissance annuelle du PIB s'établissait en moyenne à 3,5 % pendant cette période).

Comme nous l'avons mentionné précédemment, les émissions n'ont pas augmenté, mais elles ont diminué légèrement, bien que la tendance se soit révélée instable – avec des écarts positifs décroissants et négatifs croissants depuis 2004 pouvant atteindre 4 %. Somme toute, plusieurs signes positifs sont visibles. Par exemple, le PIB de l'industrie des services (le commerce, les finances, les services professionnels, la maintenance, l'administration publique, etc.) a grimpé de 8 %<sup>30</sup>, alors que le PIB de toute l'industrie lourde et manufacturière (en excluant la construction) a chuté de presque 7 %. Étant donné que l'intensité économique des GES des industries des services

30 Statistique Canada, octobre 2009

constitue environ un quart de celle de l'industrie lourde et manufacturière et qu'elle baisse, cette transition vers les services a permis des baisses considérables d'émissions. En fait, malgré la croissance de la production économique, les émissions des industries des services sont demeurées inchangées, alors que celles de l'industrie lourde et manufacturière ont baissé de 10 Mt entre 2004 et 2008. Bien que cette tendance ait été accélérée par le début de la récession mondiale en 2008, il est prévu que les changements structuraux se poursuivent, ce qui favorisera la baisse des émissions.

Il est également à noter que les émissions de GES dues à la production d'électricité au charbon, qui ont augmenté depuis le milieu des années 1990, ont commencé à diminuer depuis leur sommet de 2001. Cette baisse est en partie attribuable au remplacement de combustibles et aux mesures ciblées (notamment en Ontario) qui visent à réduire la production d'énergie au charbon. Les sources renouvelables, telles que l'énergie éolienne, commenceront à jouer un rôle accru dans les prochaines années, alors que le rendement de ces sources croît rapidement. En 2008, le vent et les autres sources renouvelables ont contribué pour la première fois à plus de 1 % de la production d'électricité au Canada, soit deux fois plus qu'en 2006. Cependant, les conditions météorologiques, le coût du carburant, les facteurs économiques et la réglementation constituent toujours d'importants facteurs pour déterminer si la production au charbon et les émissions de GES seront réduites davantage dans l'avenir.

Le Canada a mis en œuvre plus de 40 programmes, qui encouragent la réduction des émissions ou qui proposent des mesures pour atteindre ce but. On trouve aussi plusieurs programmes provinciaux additionnels, y compris des taxes sur le carbone en Colombie Britannique et au Québec. Même si aucun système de suivi n'a été mis en place pour déterminer l'incidence de tels programmes, il y a fort à parier que ces derniers, combinés à la sensibilisation actuelle du public aux changements climatiques, ont probablement déjà contribué à la baisse d'émissions et y contribueront davantage dans l'avenir.

Dernièrement, une des principales tendances récentes en termes d'émissions au Canada (et dans toute l'Amérique du Nord) a été la hausse continue des émissions de GES des véhicules personnels. Depuis les années 1990, cette tendance a largement été influencée par le gain rapide en popularité des camions légers (camionnettes, véhicules utilitaires sport et fourgonnettes) auprès des consomma-

teurs, par opposition aux véhicules à faible consommation de carburant. Pour illustrer la tendance, entre 2004 et 2007, une moyenne d'environ 252 000 camions légers à essence et de 166 000 voitures<sup>31</sup> se sont ajoutés au parc annuellement. Toutefois, en 2008, année où les cours du pétrole ont atteint un sommet record pour replonger quelques mois plus tard, les statistiques sur les véhicules ont montré un revirement remarquable. Cette année là, 234 000 voitures se sont ajoutées au parc, contre seulement 164 000 camions légers. Par conséquent, les émissions liées au transport routier, qui ont grimpé de près de 5 % entre 2004 et 2007, ont connu une légère baisse de 2007 à 2008. Il s'agit de la première baisse depuis 1996 dans une catégorie qui contribue à près de 20 % du total des émissions de GES au Canada. Bien que cela représente une évolution sur une seule année, si la tendance se maintient, on pourrait observer une baisse des émissions dans l'avenir.

Néanmoins, il n'est pas certain que la diminution de la croissance des émissions qui a lieu depuis 2004 se poursuivra. On s'attend à ce que l'exploitation pétrolière des sables bitumineux continue à augmenter de façon stable, la production de 2015 projetée s'établissant à près du double de celle de 2008 (Nyober et Tu, 2010). Cette situation exercera une forte pression à la hausse sur les émissions, notamment si l'on tient compte du fait que l'industrie de l'exploitation gazière et pétrolière a contribué à presque 40 % des augmentations totales des émissions au pays de 1990 à 2008. D'un autre côté, la production de gaz naturel semble s'être stabilisée et il n'est pas prévu qu'elle augmente dans l'avenir (Nyober et Tu, 2010). Selon ces tendances, les enjeux de la mondialisation qui touchent les exportations canadiennes dans les secteurs de l'énergie et de l'agriculture continueront vraisemblablement à jouer un rôle dans la production d'émissions.

La variabilité des conditions météorologiques reste aussi un facteur important. Comme nous l'avons mentionné, des hivers froids créent une demande additionnelle considérable d'énergie dans l'ensemble de l'économie, mais particulièrement dans les secteurs résidentiel et commercial, influant sur la demande de gaz naturel et d'autres combustibles. Le climat a des effets sur les émissions à divers égards, notamment au Canada, un pays reconnu pour la variabilité de ses conditions météorologiques. Plus particulièrement, les conditions météorologiques ont une incidence importante sur la production hydroélectrique, en raison de l'étroite relation entre les niveaux d'eau d'étiage

31 Statistiques du gouvernement fédéral (EC, RNCAN)



et la nécessité de recourir à une production d'électricité par combustion, laquelle entraîne des émissions de gaz à effet de serre.

Le gouvernement fédéral a établi des cibles de réduction des émissions au Canada. Après avoir approuvé l'Accord de Copenhague en décembre 2009, le Canada s'est engagé à réduire ses émissions à 17 % en deçà des niveaux de 2005 d'ici 2020. Pour commencer à réaliser cet objectif, il a élaboré le Plan d'action sur les changements climatiques. Les objectifs suivants font partie de ce programme : produire 90 % de l'électricité grâce à des sources non émettrices comme l'hydroélectricité, l'énergie nucléaire ou l'énergie éolienne d'ici 2020, présenter une nouvelle réglementation afin de limiter les émissions de GES du secteur de l'automobile, poursuivre les discussions avec l'administration américaine au sujet d'un programme de réduction des émissions coordonné pour l'Amérique du Nord (Dialogue sur l'énergie propre), et investir des fonds additionnels pour financer les mesures et les technologies afin de réduire encore plus les émissions.

Il est prouvé que pour assurer le succès d'un programme de réduction des émissions, une baisse continue de l'intensité économique des émissions du Canada au fil du temps sera nécessaire; cette baisse devra se faire à un rythme qui équilibre la croissance continue de la population et de l'économie. De plus, des réductions importantes de la consommation d'énergie à base de combustibles fossiles devront avoir lieu en attendant que l'échange des droits d'émissions, la séquestration du carbone, ou des programmes de séquestration plus importants commencent à modifier le total des émissions au Canada. La variété des mesures prises contre les changements climatiques dans les provinces et les territoires affectera également le total des émissions à l'échelle nationale. En outre, il est possible que la sensibilisation aux changements climatiques et la volatilité des prix du pétrole continuent à encourager l'industrie, les consommateurs et les gouvernements à adopter des stratégies qui permettent de diminuer la consommation énergétique, et donc les émissions. Les phénomènes récents comme la hausse du prix de l'essence et la sensibilisation accrue du public aux changements climatiques commencent à avoir des effets, mais il est essentiel de prendre des mesures plus importantes pour assurer une réduction marquée et continue des émissions afin que les objectifs actuels du Canada se réalisent.

## Supplément 1

Tableau 2-16 : Détails sur les tendances des émissions de GES par secteur

## Supplément 2

### Émissions du Canada dans un contexte international

Le Tableau 2-17 ci dessous résume les variations de la croissance économique mesurée par le PIB, la population ainsi que les émissions de GES totales et par habitant de certains pays parties à l'Annexe 1 de la CCNUCC en 1990 et en 2007. Le Canada figure parmi les pays du monde produisant le plus d'émissions de GES par habitant.

## Supplément 3

### Relation entre les secteurs économiques et les catégories du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Dans les autres sections du Rapport d'inventaire national (RIN), les quantités estimées de toutes les émissions et absorptions de GES sont signalées en fonction des catégories acceptées à l'échelle internationale, qui se divisent en six secteurs de la CCNUCC (énergie; procédés industriels; utilisation de solvants et autres produits; agriculture; affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie; déchets).

Ces catégories, d'abord établies par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), sont utilisées par la CCNUCC pour regrouper certaines méthodes normalisées d'estimation. Cependant, elles ne correspondent pas au regroupement économique plus représentatif des activités canadiennes que nous avons choisi pour classer les émissions dans la présente section (chapitre 2B). Toutefois, les émissions de GES totales contenues ailleurs dans le Rapport d'inventaire national sont identiques à celles qui sont signalées ici (pour toutes les années de 1990 à 2008).

Le Tableau 2-17 (pour 2008) montre la correspondance entre les émissions telles qu'elles sont montrées ailleurs dans le Rapport d'inventaire national et les catégories du GIEC.



Tableau 2–16 Détails sur les tendances des émissions de GES par secteur

	1990	2000	2004	2005	2006	2007	2008
	Mt d'éq. CO <sub>2</sub>						
<b>TOTAL NATIONAL DE GES</b>	<b>592</b>	<b>717</b>	<b>741</b>	<b>731</b>	<b>718</b>	<b>750</b>	<b>734</b>
<b>Production de combustibles fossiles</b>	<b>103</b>	<b>149</b>	<b>158</b>	<b>154</b>	<b>155</b>	<b>164</b>	<b>160</b>
Production de combustibles fossiles en amont	83.6	131	134	132	134	140	139
Production de pétrole classique	21.3	33.6	32.6	32.0	32.3	31.9	30.4
Production de pétrole léger classique	10.5	12.2	11.9	11.9	12.5	12.5	12.2
Production de pétrole lourd classique	10.8	21.5	20.7	20.1	19.8	19.4	18.2
Sables bitumineux (extraction, sur place et valorisation)	16.8	26.8	31.6	29.6	32.2	37.1	37.2
Exploitation, extraction, et valorisation des sables bitumineux	12.2	19.7	23.0	20.7	22.7	25.9	24.9
Bitume sur place	4.6	7.1	8.6	8.8	9.5	11.2	12.2
Production et transformation du gaz naturel	31.5	51.6	53.8	52.7	53.1	55.6	56.4
Production de gaz naturel	16.8	27.7	29.8	29.5	29.7	30.8	30.7
Transformation du gaz naturel	14.7	23.9	24.0	23.1	23.3	24.8	25.7
Production de charbon	2.8	2.2	2.1	1.5	0.9	1.3	1.4
Transport de pétrole et de gaz naturel	11.2	16.8	14.2	15.8	15.4	14.7	13.2
Transport de pétrole et de gaz naturel	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Transport de gaz naturel	11.1	16.7	14.1	15.7	15.3	14.6	13.1
Production de combustibles fossiles en aval	19.3	18.3	23.3	22.1	20.9	23.4	21.1
Raffinage du pétrole	16.6	15.0	19.8	18.6	17.3	19.8	17.5
Distribution de gaz naturel	2.8	3.3	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6
<b>Électricité</b>	<b>97.0</b>	<b>134</b>	<b>128</b>	<b>126</b>	<b>118</b>	<b>127</b>	<b>121</b>
Production des services d'électricité	92.5	126	119	119	110	118	112
Production industrielle	2.2	4.7	5.4	4.5	5.4	5.9	6.0
Production de chaleur et de vapeur	0.7	1.5	2.0	1.4	1.4	1.3	1.1
Transport	1.5	1.5	0.8	1.2	1.5	1.3	1.8
<b>Secteur du transport</b>	<b>121</b>	<b>142</b>	<b>155</b>	<b>157</b>	<b>157</b>	<b>163</b>	<b>162</b>
Transport de passagers	77.3	89.9	95.7	95.9	96.0	100	99.5
Voitures	46.2	42.4	41.6	40.3	40.4	41.4	41.1
Camions légers	21.4	38.5	44.0	45.2	45.8	47.1	47.2
Véhicules au propane et au gaz naturel	2.2	1.1	0.9	0.7	0.8	0.8	0.9
Motocyclettes	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
Autobus	1.9	2.0	2.3	2.4	2.5	2.5	2.5
Transport ferroviaire	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Transport aérien intérieur	5.2	5.5	6.6	6.7	6.1	7.7	7.5
Transport de marchandises	39.5	47.1	54.1	55.6	56.4	57.9	57.4
Camions lourds	26.6	34.6	40.5	42.0	42.9	44.1	43.6
Transport ferroviaire	6.7	6.3	5.7	6.0	6.2	6.6	6.9
Transport aérien intérieur	1.1	1.1	1.3	1.1	1.6	1.1	1.1
Transport maritime intérieur	5.0	5.1	6.6	6.4	5.8	6.1	5.8
Autres: Récréatif et résidentiel	4.6	5.3	5.6	5.4	5.0	5.3	4.8
<b>Industrie lourde et manufacturière</b>	<b>123</b>	<b>118</b>	<b>120</b>	<b>116</b>	<b>115</b>	<b>117</b>	<b>110</b>
Exploitation minière	6.1	6.6	5.6	5.7	6.3	6.2	6.7
Fonte et affinage (métaux non ferreux)	15.6	14.2	12.7	12.7	12.3	11.3	11.4
Foresterie, pâtes et papiers	17.3	15.3	13.7	11.3	9.8	9.8	8.5
Foresterie, pâtes et papiers	0.5	1.0	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2
Pâtes et papiers	14.3	11.4	9.6	7.4	6.1	6.0	4.7
Sidérurgie	13.6	15.1	13.7	13.5	14.0	14.7	13.7
Ciment	9.3	10.9	11.7	12.1	12.4	12.1	10.9
Produits chimiques industriels	29.1	21.8	24.3	22.4	22.1	22.8	22.6
Autres industries manufacturières	28.0	31.2	35.4	35.0	34.7	36.3	33.0
Construction	3.8	2.9	3.2	3.4	3.2	3.5	3.6
<b>Services</b>	<b>40.3</b>	<b>52.5</b>	<b>59.4</b>	<b>59.3</b>	<b>55.9</b>	<b>58.0</b>	<b>59.4</b>
Commercial et institutionnel	36.6	48.8	55.8	55.6	52.6	54.6	56.0
Administration publique	3.7	3.8	3.6	3.7	3.3	3.4	3.4
<b>Résidentiel</b>	<b>51.5</b>	<b>52.8</b>	<b>51.3</b>	<b>50.4</b>	<b>48.7</b>	<b>52.3</b>	<b>51.9</b>
<b>Production agricole</b>	<b>55.7</b>	<b>68.1</b>	<b>69.0</b>	<b>68.9</b>	<b>68.1</b>	<b>69.6</b>	<b>70.9</b>
Utilisation de combustibles à la ferme	7.3	9.5	7.5	7.3	7.3	8.4	8.5
Cultures agricoles	18.0	20.1	19.9	19.2	19.5	20.7	22.7
Élevage	30.4	38.5	41.6	42.4	41.4	40.5	39.8
<b>Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie<sup>1</sup></b>	<b>-51.6</b>	<b>-80.3</b>	<b>117</b>	<b>41.4</b>	<b>41.4</b>	<b>45.5</b>	<b>-12.8</b>
Terres forestières - pratiques d'aménagement <sup>2</sup>	153	193	199	196	180	174	136
Terres forestières - autres	-231	-286	-92.5	-163	-147	-136	-154
Terres cultivées - pratiques d'aménagement	-1.5	-8.0	-10.8	-11.5	-12.2	-12.8	-13.5
Terres humides - pratiques d'aménagement	1.5	0.4	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2
Zones de peuplement	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
Conversion de forêts	27.2	20.8	20.8	20.5	20.4	19.7	18.7

1. Le total national de GES exclut toutes les émissions et tous les puits du secteur de l'affectation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie
2. Les pratiques d'aménagement des forêts se rapportent à la récolte de bois commercialisable. Les estimations reflètent l'hypothèse selon laquelle le carbone contenu dans le bois récolté est immédiatement relâché dans l'atmosphère. En réalité, le bois peut séquestrer le carbone sur de longues périodes. Si on tenait compte de la séquestration du carbone, les estimations d'émissions liées à la récolte pour la seule année 2008 pourraient être réduites de 11 à 57 Mt CO<sub>2</sub>, selon la méthode utilisée pour surveiller le devenir de ce carbone.

Note : Il est possible que la somme des valeurs ne corresponde pas aux totaux en raison de l'arrondissement des chiffres.

Tableau 2-17 Variation des émissions et facteurs d'activité par pays, 1990-2007<sup>1</sup>

	GHG Emissions					Change in Activity drivers (%)	Population Intensity (CO <sub>2</sub> /capita) <sup>6</sup>	Intensity of the Economy (kg CO <sub>2</sub> eq per \$ GDP) <sup>5</sup>			
	(Mt CO <sub>2</sub> eq)										
	1990	2007	% Change from 1990	Kyoto Target (% of 1990)	Kyoto Gap <sup>4</sup> (%)	GDPe	Pop	2007	Change since 1990	2007	Change Since 1990
États-Unis <sup>2</sup>	6 084	7 107	16.8%			146.7%	20.7%	23.6	-3.2%	0.05	-52.7%
Communauté européenne <sup>3</sup>	4 233	4 052	-4.3%	-8.0%	3.3%	140.0%	7.4%	10.4	-10.8%	0.02	-60.1%
Japon	1 208	1 374	13.8%	-6.0%	15.9%	62.7%	3.4%	10.8	10.0%	0.03	-30.0%
Allemagne	1 215	956	-21.3%	-21.0%	-1.8%	113.1%	3.6%	11.6	-24.0%	0.03	-63.1%
Canada	592	747	26.2%	-6.0%	33.8%	140.3%	18.7%	22.7	6.4%	0.05	-47.5%
Italie	516	553	7.1%	-6.5%	14.4%	102.3%	4.7%	9.3	2.3%	0.02	-47.1%
Australie	416	541	30.0%	8.0%	-8.5%	232.3%	23.1%	25.8	5.6%	0.05	-60.9%
France	565	536	-5.3%	0.0%	-5.0%	129.3%	8.8%	8.7	-12.9%	0.02	-58.7%
Espagne	288	442	53.5%	15.0%	32.7%	207.9%	15.6%	9.9	32.8%	0.03	-50.1%
Royaume-Uni	926	436	-52.9%	0.0%	-52.7%	121.4%	-10.4%	9.4	-47.5%	0.24	-78.7%
Pays-Bas	212	208	-2.1%	-6.0%	3.6%	191.8%	9.6%	12.7	-10.7%	0.02	-66.5%
Rép. Tchèque	195	151	-22.5%	-8.0%	-15.6%	520.7%	-0.3%	14.6	-22.3%	0.07	-87.5%
Autriche	79	88	11.3%	-13.0%	27.9%	152.4%	7.8%	10.6	3.2%	0.02	-55.9%
Danemark	70	68	-3.3%	-21.0%	23.2%	152.3%	6.3%	12.5	-9.0%	0.02	-61.7%
Suède	72	65	-9.1%	4.0%	-12.8%	96.2%	6.9%	7.2	-14.9%	0.01	-53.6%
Norvège	50	55	10.8%	1.0%	9.8%	282.6%	11.0%	11.7	-0.2%	0.01	-71.0%

Notes :

1. Toutes les sources de données sont tirées de la CCNUCC, et 2007 était la dernière année pour laquelle il y avait des données au moment de la rédaction, contrairement au rapport principal, qui présente des données jusqu'en 2008. La CCNUCC publiera ses données pour 2008 après leur présentation par toutes les Parties ainsi que leur compilation et leur condensation.
2. Les États Unis n'ont pas ratifié le Protocole de Kyoto, et n'ont donc aucune cible en vertu de Kyoto.
3. La Communauté européenne comprend les 15 pays membres originaux : Autriche, Belgique, Danemark, Finlande, France, Allemagne, Grèce, Irlande, Italie, Luxembourg, Pays Bas, Portugal, Espagne, Suède et Royaume Uni. Seulement certains pays sélectionnés de l'Union européenne ont été montrés.
4. Un écart positif par rapport à Kyoto indique la mesure (en pourcentage) dans laquelle un pays dépasse ses cibles de réduction des émissions telles qu'elles sont précisées dans le Protocole de Kyoto.
5. Pour des besoins de comparaison, le PIB du Canada (et de tous les autres pays du tableau) se fonde sur les mesures de la Banque mondiale, soit le dollar américain constant de 2000.
6. Population.

Sources : Les données sur la population et le PIB sont tirées de la base de données des Indicateurs de développement dans le monde du Groupe de la Banque mondiale (<http://devdata.worldbank.org/query/default.htm>). Les données sur les émissions de GES proviennent de la base de données sur les émissions de GES de la CCNUCC ([http://unfccc.int/ghg\\_emissions\\_data/predefined\\_queries/items/3814.php](http://unfccc.int/ghg_emissions_data/predefined_queries/items/3814.php)) sauf celles du Canada, dont les données proviennent de l'Inventaire canadien des gaz à effet de serre, 1990-2006 d'Environnement Canada.

Tableau 2-18 Émissions de GES en 2008 selon les catégories du Rapport d'inventaire national et les catégories économiques

Catégorie de l'inventaire national <sup>a</sup>											
	Catégorie économique Total <sup>b</sup>	Énergie: combustion de combustibles		Énergie: émissions fugitives			Total	Procédés industriels			
		Sources fixes <sup>c</sup>	Transport	émissions fugitives (involontaires)	Torchage	Évacuation (production et procédés) Mt CO <sub>2</sub> équivalent		Produits minéraux <sup>d</sup>	Industrie chimique	Production de métaux <sup>e</sup>	Consommation d'halocarbures et de SF <sub>6</sub>
<b>Total inventaire national<sup>a,b</sup></b>	<b>734</b>	<b>335</b>	<b>198</b>	<b>27.6</b>	<b>5.5</b>	<b>30.8</b>	<b>597</b>	<b>8.5</b>	<b>10.7</b>	<b>15.3</b>	<b>7.3</b>
<b>Production de combustibles fossiles</b>	<b>160</b>	<b>87.5</b>	<b>8.5</b>	<b>27.6</b>	<b>5.5</b>	<b>30.8</b>	<b>160</b>				
Production de combustibles fossiles en amont <sup>c</sup>	139	71.2	8.5	23.9	5.3	29.8	139				
Production de pétrole classique	30.4	9.6		3.4	2.8	14.6	30.4				
Production de pétrole léger classique	12.2	6.2		1.5	2.3	2.2	12.2				
Production de pétrole lourd classique	18.2	3.4		1.8	0.5	12.4	18.2				
Sables bitumineux (extraction, sur place et valorisation)	37.2	29.2	0.6	2.0	1.4	4.0	37.2				
Exploitation, extraction et valorisation des sables bitumineux	24.9	18.2	0.6	2.0	1.0	3.2	24.9				
Bitume sur place	12.2	11.0		0.0	0.5	0.8	12.2				
Production et transformation du gaz naturel	56.4	32.1		12.1	1.1	11.2	56.4				
Production de gaz naturel	30.7	14.7		10.9	0.7	4.4	30.7				
Transformation du gaz naturel	25.7	17.4		1.2	0.4	6.8	25.7				
Production de charbon	1.4	0.3	0.4	0.8	0.0	0.0	1.4				
Transport de pétrole et de gaz naturel	13.2		7.5	5.7	0.0	0.0	13.2				
Transport de pétrole et de gaz naturel	0.1		0.1	0.0	0.0	0.0	0.1				
Transport de gaz naturel	13.1		7.4	5.7	0.0	0.0	13.1				
Production de combustible fossiles en aval	21.1	16.3		3.7	0.2	0.9	21.1				
Raffinage du pétrole	17.5	16.3		0.1	0.2	0.9	17.5				
Distribution de gas naturel	3.6			3.6	0.0	0.0	3.6				
<b>Électricité</b>	<b>121</b>	<b>119</b>	<b>0.0</b>				<b>119</b>				<b>1.8</b>
Production des services d'électricité	112	112					112				
Production industrielle	6.0	6.0					6.0				
Production de chaleur et de vapeur	1.1	1.1					1.1				
Transport	1.8						0.0				1.8
<b>Secteur de transport</b>	<b>162</b>		<b>162</b>				<b>162</b>				
Transport de passagers	99.5		99.5				99.5				
Voitures	41.1		41.1				41.1				
Camions légers	47.2		47.2				47.2				
Véhicules au propane et au gaz naturel	0.9		0.9				0.9				
Motocyclettes	0.3		0.3				0.3				
Autobus	2.5		2.5				2.5				
Transport ferroviaire	0.2		0.2				0.2				
Transport aérien intérieur	7.5		7.5				7.5				
Transport de marchandises	57.4		57.4				57.4				
Camions lourds	43.6		43.6				43.6				
Transport ferroviaire	6.9		6.9				6.9				
Transport aérien intérieur	1.1		1.1				1.1				
Transport maritime intérieur	5.8		5.8				5.8				
Autres: Récréatif et résidentiel	4.8		4.8				4.8				
<b>Industrie lourde et manufacturière</b>	<b>110</b>	<b>49.1</b>	<b>7.5</b>				<b>56.6</b>	<b>8.5</b>	<b>10.3</b>	<b>15.3</b>	<b>5.5</b>
Exploitation minière	6.7	4.4	2.3				6.7				
Fonte et affinage (métaux non ferreux)	11.4	3.5	0.0				3.5			7.9	
Foresterie, pâtes et papiers	8.5	4.6	1.2				5.9				
Foresterie	1.2	0.1	1.1				1.2				
Pâtes et papiers	4.7	4.5	0.2				4.7				
Sidérurgie	13.7	6.2	0.0				6.2			7.4	
Ciment	10.9	4.3	0.0				4.3	6.6			
Produits chimiques industriels	22.6	6.7	0.1				6.8		10.3		
Autres industries manufacturières	33.0	18.2	1.6				19.8	1.9			5.5
Construction	3.6	1.3	2.3				3.6				
<b>Services</b>	<b>59.4</b>	<b>34.9</b>	<b>14.2</b>				<b>49.1</b>		<b>0.3</b>		
Commercial et institutionnel	56.0	33.0	12.8				45.7		0.3		
Administration publique	3.4	1.9	1.5				3.4				
<b>Résidentiel</b>	<b>51.9</b>	<b>42.9</b>	<b>0.0</b>				<b>42.9</b>				
<b>Production agricole</b>	<b>70.9</b>	<b>2.1</b>	<b>6.4</b>				<b>8.5</b>				
Utilisation de combustibles à la ferme	8.5	2.1	6.4				8.5				
Cultures agricoles	22.7										
Élevage	39.8										
<b>Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie<sup>b</sup></b>	<b>-12.8</b>										
Terres forestières - pratiques d'aménagement	136										
Trres forestières - autres	-154										
Trres cultivées - pratiques d'aménagement	-13.5										
Terres humides - pratiques d'aménagement	0.2										
Zones de peuplement	-0.0										
Conversion de forêts	18.7										

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

a. La catégorisation des émissions est conforme à celles des secteurs établis par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, conformément aux exigences de déclaration de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.

b. L'inventaire national et les catégories économiques excluent les sources et les puits du secteur Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie.

c. La colonne de la combustion fixe inclut les émissions résultant de l'utilisation de l'essence et du diesel dans la production classique de pétrole, ainsi que la production et la transformation du gaz naturel.

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

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

f. La production de métaux inclut la sidérurgie, la production d'aluminium et le SF<sub>6</sub> utilisé dans les fonderies de magnésium.

## Catégorie de l'inventaire national

ECONOMIC CATEGORY

# 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 597 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>) des émissions totales de GES du Canada en 2008 (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. Les émissions fugitives attribuables à l'industrie des combustibles fossiles sont les rejets délibérés ou accidentels de GES qui peuvent résulter des activités de production, de transformation et d'entreposage des combustibles. Les émissions des activités de torchage de l'industrie du pétrole et du gaz sont déclarées dans la catégorie des émissions fugitives étant donné que leur but n'est pas de produire de la chaleur ou de générer du travail mécanique (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

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

d'électricité, l'industrie 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 l'utilisation de biomasse sont déclarées comme poste pour mémoire dans les tableaux du cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR).

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

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

La combustion de combustibles comprend toutes les émissions découlant de la combustion de combustibles fossiles. Parmi les principaux sous-secteurs figurent les industries énergétiques, les industries manufacturières et

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

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )				
	1990	2005	2006	2007	2008
<b>Secteur de l'énergie</b>	<b>469 000</b>	<b>593 000</b>	<b>581 000</b>	<b>614 000</b>	<b>597 000</b>
<b>Utilisations de combustibles et de carburants (1.A)</b>	<b>427 000</b>	<b>528 000</b>	<b>515 000</b>	<b>549 000</b>	<b>534 000</b>
Industries énergétiques (1.A.1)	147 000	191 000	183 000	195 000	187 000
Industries manufacturières et construction (1.A.2)	63 100	64 600	65 100	73 900	68 500
Transports (1.A.3)	145 000	192 000	191 000	199 000	198 000
Autres secteurs (1.A.4)	71 600	80 400	75 100	80 700	79 900
<b>Émissions fugitives découlant des combustibles (1.B)</b>	<b>42 700</b>	<b>64 700</b>	<b>65 800</b>	<b>64 700</b>	<b>63 800</b>

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

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 2008, la combustion de combustibles fossiles a généré environ 534 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 25 % depuis 1990 et ont diminué de 3 % depuis 2007. Entre 1990 et 2008, les émissions imputables à la combustion des industries énergétiques et du secteur des transports ont augmenté respectivement d'environ 27 % 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 2008, le sous-secteur des industries énergétiques a représenté 187 Mt (ou environ 25 %) des émissions totales de GES du Canada, une hausse d'environ 27 % depuis 1990. Le secteur de la production d'électricité et de chaleur dans le secteur public a représenté 64 % (ou 119 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 8,7 % (16 Mt) et de 28 % (52 Mt) respectivement (Tableau 3-2). On trouvera d'autres analyses des tendances des émissions du sous-secteur des industries énergétiques dans le chapitre consacré aux tendances (chapitre 2).

Figure 3-1 Émissions de GES attribuables à la combustion de combustibles, 1990 - 2008

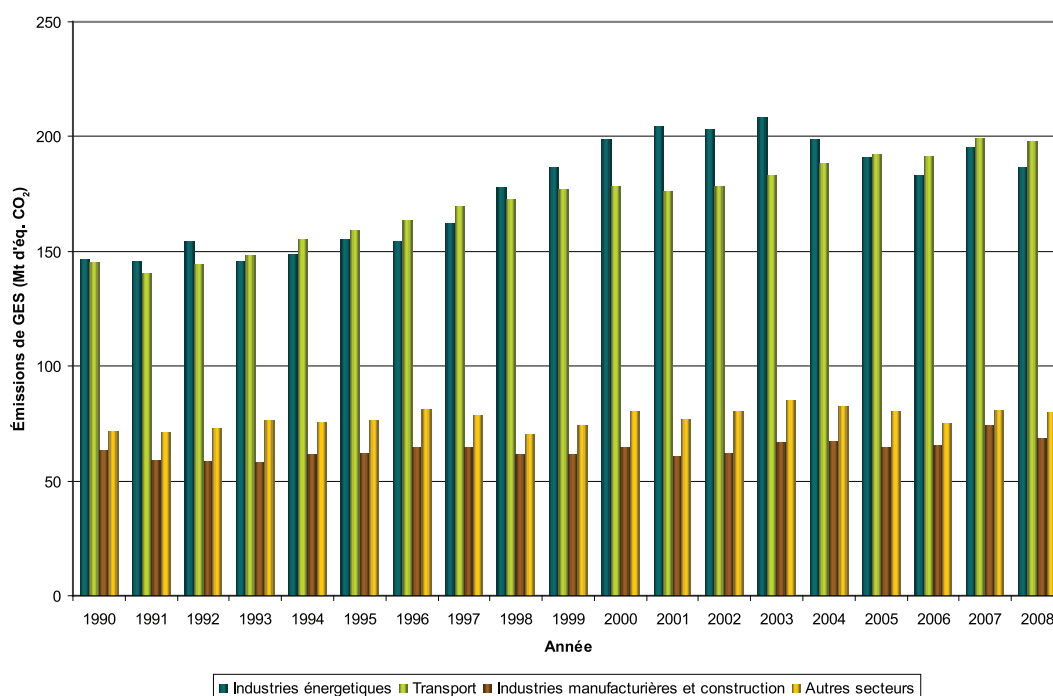




Tableau 3–2 Energy Industries GHG Contribution

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )				
	1990	2005	2006	2007	2008
<b>Industries énergétiques - TOTAL (1.A.1)</b>	<b>147 000</b>	<b>191 000</b>	<b>183 000</b>	<b>195 000</b>	<b>187 000</b>
<b>Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public</b>	<b>95 500</b>	<b>125 000</b>	<b>117 000</b>	<b>125 000</b>	<b>119 000</b>
Production d'électricité-Secteur public	92 500	118 800	110 200	118 000	111 600
Production d'électricité-Industrie	2 200	4 500	5 400	5 900	6 000
Production de chaleur/vapeur	700	1 400	1 400	1 300	1 100
<b>Raffinage du pétrole</b>	<b>16 000</b>	<b>17 000</b>	<b>16 000</b>	<b>18 000</b>	<b>16 000</b>
<b>Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques</b>	<b>36 000</b>	<b>49 000</b>	<b>50 000</b>	<b>52 000</b>	<b>52 000</b>

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

Le sous-secteur des industries énergétiques comprend toutes les émissions de sources fixes de la combustion de combustibles des secteurs de la production d'électricité et de la production, de la transformation et du 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 dues au raffinage du pétrole, 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 révisées en 1997 (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

Même si elles sont en réalité attribuables aux industries énergétiques, les émissions provenant des activités d'évacuation et de torchage liées à la production, à la transformation et au raffinage des combustibles fossiles sont déclarées comme émissions fugitives (voir la section 3.2).

### 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, tant dans le secteur public que dans le secteur privé. Les émissions estimées de GES de ce secteur incluent également les émis-

sions issues de la production industrielle d'énergie; aucune donnée sur la consommation de carburants à des niveaux de désagrégation appropriés n'étant disponible, il a été impossible subdiviser les valeurs globales et de répartir les émissions par secteurs industriels.

Le réseau de distribution d'électricité au Canada comprend la production d'électricité par combustion de même que l'hydroélectricité et les filières nucléaire 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.

Deux systèmes sont utilisés pour produire de l'électricité à partir de la combustion thermique :

- la production de vapeur;
- les moteurs à combustion interne (turbines et moteurs alternatifs).

Les chaudières à turbine à vapeur sont alimentées au charbon, au coke du pétrole, au mazout lourd, au gaz naturel ou à la biomasse. Pour les turbines à vapeur, la chaleur initiale peut être produite avec du gaz naturel et des produits pétroliers raffinés (PPR) (mazout léger ou diesel). Les moteurs alternatifs peuvent consommer du gaz naturel ou une combinaison de PPR, tandis que 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 combus-

tion 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).

La catégorie Raffinage du pétrole couvre aussi une petite partie des émissions de combustion produites lors de la valorisation du mazout lourd tiré des sables bitumineux et de l'extraction *in situ* pour produire de brut synthétique ou d'autres produits raffinés comme le carburant diesel destiné à la vente. En outre, étant donné le niveau d'agrégation des données sur la consommation de combustibles et l'hypothèse sur laquelle se fondent les rapports sur les émissions attribuables au secteur aval (raffinage du pétrole) et au secteur amont (production de combustibles solides, de pétrole et de gaz), une faible partie des émissions dues au raffinage du pétrole (comme le CH<sub>4</sub>) est couverte par la catégorie Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques (et réciproquement pour une partie des émissions attribuables à la valorisation du bitume dans le secteur des sables bitumineux). On trouvera à l'annexe 2 des détails complémentaires sur la méthode employée pour subdiviser les données sur les activités.

### 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 émis-

sions 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 au volet exploitation et extraction du pétrole et du gaz de l'industrie des combustibles fossiles est couverte par la catégorie Industries manufacturières et Construction-Mines, tandis que les émissions attribuables au transport par pipeline et à l'utilisation des combustibles destinés au transport (essence et diesel) 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* (c.-à-d. l'extraction thermique). La composition en hydrocarbures du brut synthétique (ou valorisé) est semblable à celle du brut classique, qui peut être raffiné pour donner des produits pétroliers raffinés comme l'essence et le carburant diesel. Les installations de valorisation utilisent également des combustibles produits à l'interne comme les gaz de procédés et le gaz naturel, 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, n° 57-003) ainsi que sur d'autres informations tirées de la publication intitulée *Production, transport et distribution d'électricité* (PTDE) (Statistique Canada, n° 57-202). 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)

Les lignes directrices du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997) stipulent que la catégorie de la 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 doivent être 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, 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. Ainsi, l'inventaire des GES ne peut attribuer les émissions résultant de la production d'électricité industrielle à des catégories industrielles particulières; ces émissions sont cependant combinées et déclarées sous la rubrique Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public.

Globalement, en 1990, les émissions attribuables à la production industrielle d'électricité représentaient 2,3 % des émissions de la catégorie Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public et ont atteint 5,1 % en 2008.

### **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 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 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.

### **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**

Le degré estimatif d'incertitude du sous-secteur des industries énergétiques varie de -4 % à +6 % pour tous les gaz et de -6 % à +2 % pour le CO<sub>2</sub> seul (ICF Consulting, 2004).

Le degré d'incertitude attribué au sous-secteur des industries énergétiques est fonction dans une large mesure des méthodes de collecte des données sur les activités ainsi que de la représentativité des coefficients d'émission pour certaines propriétés des combustibles. On connaît généralement très bien les volumes et les propriétés des combustibles commerciaux, tandis que le degré d'incertitude est plus grand lorsqu'il s'agit des quantités déclarées et des propriétés de combustibles non commercialisables (comme l'utilisation *in situ* du gaz naturel provenant des puits de production et la consommation des gaz de 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.

Dans la catégorie Production d'électricité et de chaleur du secteur public, le degré d'incertitude relatif à la production d'électricité industrielle est plus élevé que celui de l'électricité produite par les services publics, faute de désagrégation des données.

Environ 83 % des émissions générées en 2008 par le secteur de la fabrication des combustibles solides et des autres industries énergétiques sont dues à la production et à la transformation de gaz naturel. Le degré d'incertitude de cette catégorie subit l'influence des coefficients d'émission de CO<sub>2</sub> (±6 %) et de CH<sub>4</sub> (0 % à 240 %) pour la consommation de gaz naturel brut. On a utilisé un coefficient d'émission pondéré à l'échelle nationale 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> (+1 % à +230 %) et de N<sub>2</sub>O (–23 % à +800 %) du sous-secteur des industries énergétiques est fonction du degré d'incertitude des coefficients d'émission. 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.

#### 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 (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 dans les données sur les 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

Les données de 2007 sur l'utilisation des combustibles ont été révisées par Statistique Canada, et les estimations ont été recalculées en conséquence.

Veuillez consulter le chapitre 9 pour une explication détaillée des recalculs pour chaque secteur.

Tableau 3–3 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	2005	2006	2007	2008
Industries manufacturières et construction - TOTAL (1.A.2)	63 100	64 600	65 100	73 900	68 500
Sidérurgie	6 480	6 450	6 220	6 920	6 170
Métaux non ferreux	3 190	3 270	3 230	3 490	3 480
Produits chimiques	7 100	6 400	6 820	7 230	6 690
Pâtes, papier et imprimerie	13 700	7 180	5 860	5 870	4 540
Transformation des aliments, boissons et tabac <sup>1</sup>	IA	IA	IA	IA	IA
Autres	32 500	41 300	43 000	50 400	47 600
Ciment	3 830	4 890	5 070	4 750	4 280
Exploitation minière	6 190	15 600	16 800	23 200	23 900
Construction	1 870	1 360	1 300	1 290	1 260
Autres industries manufacturières	20 700	19 400	19 800	21 200	18 200

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.

### 3.2.1.6. Améliorations prévues

Un examen des coefficients d'émission du charbon se poursuit à partir d'une analyse détaillée des données concernant le charbon extrait au Canada. Cet examen pluriannuel, qui pourrait se traduire par des coefficients d'émission revus et mis à jour pour chaque année et pour chacune des provinces, est mené en collaboration avec la Commission géologique du Canada, organisme qui relève de Ressources naturelles Canada. Les industries énergétiques sont les principaux consommateurs de charbon et, par conséquent, c'est dans cette catégorie qu'une révision, quelle qu'elle soit, aura le plus grand impact.

## 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 2008, le sous-secteur des Industries manufacturières et de la construction était responsable de 68,5 Mt (soit 9,3 %) des émissions totales de GES du Canada, avec une augmentation de 9 % (5,4 Mt) de toutes les émissions depuis 1990 (voir le Tableau 3–3 pour plus de détails). Dans le sous-secteur des Industries manufacturières et de la construction, plus de 47 Mt (soit 69 %) des émissions de GES proviennent de la catégorie Autres, suivie (par ordre décroissant) des sous-catégories Produits chimiques, Sidérurgie, Pâtes et papiers et imprimerie, et Métaux non ferreux, à hauteur respectivement de 6,7 Mt (9,8 %), 6,2 Mt (9,0 %), 4,5 Mt (6,6 %) et 3,5 Mt (5,1 %). 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.

La catégorie Autres englobe les activités de fabrication du ciment, d'exploitation minière, du bâtiment et d'autres

activités manufacturières.

Les émissions industrielles résultant de la combustion de combustibles pour produire de l'électricité ou de la vapeur destinées à la vente sont attribuées au sous-secteur des industries énergétiques (à la rubrique Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public). Cette attribution va à l'encontre des lignes directrices du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997) à l'effet que les émissions provenant de la production d'électricité ou de chaleur par les industries doivent être attribuées aux industries qui génèrent ces émissions. Malheureusement, pour l'heure, cela est impossible, car il n'existe pas de données sur l'utilisation des combustibles au niveau de désagrégation qui convient (voir la section 3.2.1).

Les émissions résultant de l'utilisation de combustibles fossiles comme matières premières ou comme réactifs chimiques, notamment comme coke métallurgique dans la réduction du minerai de fer, sont déclarées à la rubrique des procédés industriels pour éviter la double comptabilisation des émissions.

### 3.2.2.2. Questions de méthodologie

Les émissions résultant de la combustion de combustibles pour chaque catégorie du sous-secteur des industries manufacturières et de la construction sont calculées à l'aide de la méthode décrite à l'annexe 2, conformément à la méthode de niveau 2 du GIEC. Les émissions résultant de la consommation de carburants de transport (comme le carburant diesel et l'essence) sont déclarées dans le sous-secteur des transports (section 3.2.3). 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 (Statistique Canada, n° 57-003). Étant donné la façon dont la consommation de combus-



tibles 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 varie de -3 % à +6 % pour tous les gaz et de -3 % à +2 % pour le CO<sub>2</sub> (ICF Consulting, 2004).

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.

Comme stipulé dans 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 fourchettes d'incertitude des coefficients d'émission et des fonctions de densité de probabilité élaborées par les auteurs de l'étude d'ICF Consulting 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.

### **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 électro-



nique.

### 3.2.2.5. Recalculs

Statistique Canada a révisé les données de 2007 sur l'utilisation des combustibles, et les estimations ont été corrigées en conséquence.

Veuillez consulter le chapitre 9 pour une explication détaillée des nouveaux calculs pour chaque secteur.

### 3.2.2.6. Améliorations prévues

À titre d'activité d'amélioration continue, 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 27 % (198 Mt – voir le Tableau 3–4 pour plus de détails) des émissions totales de GES du Canada. La plus forte croissance des émissions depuis 1990

a été observée dans les camions légers à essence et les véhicules lourds diesel; cette croissance se chiffre à 116 % (24,1 Mt) pour les camions légers à essence et à 90 % (18,7 Mt) pour les véhicules lourds au diesel. Une baisse à long terme dans certaines catégories du sous-secteur des transports a également été observée : en particulier, une baisse des émissions des véhicules légers à essence (voitures), des véhicules au propane et au gaz naturel et des véhicules lourds à essence, soit une baisse combinée de 7,7 Mt depuis 1990. En général, le sous-secteur des transports a affiché une augmentation de 36 % et est responsable de 37 % 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

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

Catégorie de source de GES	1990	2005	2006	2007	2008
<i>Émissions de GES (kt d'éq. CO<sub>2</sub>)</i>					
Transports - TOTAL (1.A.3.)	145 000	192 000	191 000	199 000	198 000
Aviation civile (intérieur)	6 400	7 900	7 700	8 800	8 500
Transports routiers	98 400	131 000	133 000	136 000	135 000
Véhicules légers à essence	45 800	39 900	39 900	41 000	40 600
Camions légers à essence	20 700	43 100	43 600	44 800	44 800
Véhicules lourds à essence	7 810	6 300	6 430	6 620	6 660
Motos	146	252	256	264	264
Véhicules légers au diesel	355	432	435	448	446
Camions légers au diesel	707	2 130	2 230	2 320	2 370
Véhicules lourds au diesel	20 700	38 100	38 900	40 000	39 400
Véhicules au propane/gaz naturel	2 200	720	790	830	880
Transport ferroviaire	7 000	6 000	6 000	7 000	7 000
Transport maritime (intérieur)	5 000	6 400	5 800	6 100	5 800
Autres modes de transport	29 000	41 000	39 000	41 000	41 000
Véhicules hors route à essence	6 700	7 300	6 700	7 100	6 300
Transport hors route au diesel	15 000	23 000	23 000	25 000	28 000
Pipelines	6 850	10 100	9 610	8 940	7 460

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

pipelines).

### 3.2.3.2. Questions de méthodologie

Les émissions découlant de la combustion de combustibles dans le sous-secteur des transports sont calculées au moyen de diverses adaptations de l'équation A2-1 de l'annexe 2. Toutefois, compte tenu des nombreux types différents de véhicules, d'activités et de combustibles, les coefficients d'émission sont nombreux et complexes. Pour prendre en compte cette complexité, les émissions du secteur des transports sont calculées à l'aide du modèle des émissions mobiles de gaz à effet de serre du Canada (MEMGES). Ce modèle intègre une version de la méthode recommandée par le GIEC pour la modélisation des véhicules (GIEC/OCDE/AIE, 1997) et sert 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, militaire, agricole, etc.). Bien que les lignes directrices du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997) stipulent que les émissions du transport aérien militaire doivent être déclarées dans la catégorie Autres (1.A.5), elles sont incluses ici 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 pour des raisons de confidentialité. 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 étrangères et des combustibles vendus aux transporteurs canadiens, mais consommés au cours de vols internationaux sont considérées comme des combustibles de soute internationaux et sont déclarées séparément à titre de postes pour mémoire (catégorie 1.C.1.a du CUPR).

Les méthodes relatives à l'aviation civile suivent une version modifiée de la méthode sectorielle de niveau 1 du GIEC, dans laquelle les émissions reposent sur les coefficients d'émission propres à chaque pays. Les estimations des émissions sont faites grâce au MEMGES et calculées d'après les quantités déclarées de carburant d'aviation consommé (GIEC/OCDE/AIE, 1997) publiées dans le BDEEC (Statistique Canada, n° 57-003). La consommation de carburant est déclarée séparément pour les compagnies aéri-

ennes canadiennes, les compagnies aériennes étrangères, les administrations publiques et le secteur commercial et autres secteurs institutionnels (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 suit la 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 consommation 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 l'objet d'un examen (voir la section 3.2.3.6, Améliorations prévues).

La méthode d'estimation des émissions est considérée comme étant une méthode 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>1</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'exploitation et l'extraction du charbon, 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).

#### Transport par pipeline

Les pipelines<sup>2</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 (Statistique Canada, n° 57-003) 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 du degré d'incertitude touchant les estimations les plus récentes des émissions du sous-secteur des transports. Les modifications apportées à l'évaluation 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. Le degré d'incertitude rattaché aux données sur les activités concernant les biocombustibles reposait sur l'avis d'experts. 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 2008 pour les sources mobiles de transport (dont les pipelines sont exclus) se situerait entre -2,4 % et +5,4 %.

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

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

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  $\pm 1$  %. 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 une ou à deux 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 -3 % et +16 %. 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> et de N<sub>2</sub>O attribuable au kérosène (entre -90 % et +900 %) 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. Le sous-secteur de l'aviation civile n'a représenté que 4 % environ des émissions totales de GES attribuables aux transports et, par conséquent, n'a pas eu une grande incidence sur le degré d'incertitude global.

### **Émissions attribuables au transport routier**

Le degré d'incertitude lié aux émissions globales provenant des véhicules routiers est, selon les estimations, inférieur à  $\pm 2$  % et est principalement déterminé par le degré d'incertitude relativement faible associé aux données sur les activités touchant la consommation d'essence et de diesel et les émissions de 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 71 % 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 le sous-secteur 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 ce sous-secteur peut avoir été sous-estimé. 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 4 % environ de l'inventaire des GES du sous-secteur des transports et qu'elles n'ont pas eu, par conséquent, une grande incidence sur le degré d'incertitude global.

### **Émissions attribuables à la navigation (transport maritime intérieur)**

Le degré d'incertitude dû aux émissions de la catégorie de source de GES attribuables au transport maritime intérieur se situait entre -6 % et +16 %, ce qui semble indiquer que les émissions de GES ont 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 -9 % et +26 %, ce qui montre que le rapport de 2010 sous-estime sans doute le CO<sub>2</sub> émis par ce sous-secteur. 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  $N_2O$  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 18 % 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  $CO_2$ , de  $CH_4$  et de  $N_2O$  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.

L'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 %, certains signes incitent à penser que les données de départ ont sans doute été rassemblées de manière inexacte. 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 activi-

tés 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. Récemment, 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 publie l'Enquête sur les véhicules au Canada (EVC), un rapport trimestriel qui fournit des données à la fois sur le nombre de véhicules et le kilométrage parcouru dans des classes régionales regroupées. Cette enquête propose une autre interprétation des registres d'immatriculation provinciaux et peut donc corroborer les ensembles de données qui existent dans le commerce et mentionnés plus haut. Malheureusement, l'EVC n'autorise pas le niveau de résolution nécessaire à la modélisation des émissions, et elle ne saurait donc remplacer les ensembles de données achetés chaque année.

#### 3.2.3.5. Recalculs

Pour les raisons énumérées ci-après, les estimations des émissions du secteur des transports ont été modifiées pour l'année 2007.

*Données sur l'utilisation de combustibles de Statistique Canada* : un ensemble de données révisées pour 2007 a été présenté. Il en est résulté des modifications mineures pour cette année-là.

*Données sur les ventes de carburants taxées de Statistique Canada* : un ensemble de données révisées pour 2007 a été présenté. Il en est résulté des modifications mineures pour cette année-là.



Données de Statistique Canada sur le trafic des transporteurs aériens aux aéroports canadiens et sur l'aviation civile canadienne : un ensemble de données révisées pour 2007 a été présenté. Une réallocation minime des émissions des combustibles de l'aviation civile (transport aérien intérieur) et des combustibles de soute internationaux est observée pour cette année-là.

### 3.2.3.6. Améliorations prévues

Le modèle sur les transports (MEMGES) a été mis à niveau en 2009-2010 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 principalement les éléments suivants.

- Compilation de meilleures données sur l'activité routière. Environnement Canada, Transports Canada et Ressources naturelles Canada ont établi des partenariats interministériels afin de compiler de façon conjointe de meilleures données sur l'activité routière. On procède actuellement à certains travaux afin de décodifier les numéros d'identification du véhicule (NIV). On espère que ces travaux nous permettront d'utiliser les fichiers provinciaux d'immatriculation et de dresser un meilleur tableau des taux d'accumulation au kilomètre du parc de véhicules canadien. On évalue également les taux de consommation de carburant afin de s'assurer que ceux que nous utilisons représentent avec exactitude la situation canadienne.
- Développement d'un modèle de niveau 3a pour estimer les émissions du transport aérien à partir de données origine-destination et des coefficients d'émission propres aux aéronefs. Les modélisateurs disposent maintenant de données sur les déplacements des avions pour l'ensemble de la série chronologique et travaillent sur l'introduction des données dans le modèle. Une fois cela fait, les estimations des émissions qui seront établies seront comparées, sur le plan de la cohérence, aux autres modèles connus et sources de données. Le modèle de niveau 3a permettra de subdiviser plus précisément les émissions entre l'aviation civile (transport aérien intérieur) et les combustibles de soute (aviation internationale).
- Développement d'un modèle amélioré pour estimer les émissions du transport maritime. Récemment, Environnement Canada, Transports Canada et l'industrie maritime ont établi des partenariats interministériels afin de concevoir un modèle ascendant pour les émissions du transport maritime. Avec ce modèle, Environnement Canada cherche à mieux représenter la désagrégation entre le trafic maritime intérieur et

international.

## 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>3</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 le sous-secteur Pâtes et papiers et imprimerie.

En 2008, le sous-secteur « Autres secteurs » a représenté 79,9 Mt (ou 13 %) des émissions totales de GES du Canada, soit une augmentation globale d'environ 12 % (8,4 Mt) depuis 1990. Les émissions résidentielles y ont représenté environ 42,9 Mt (ou 54 %), contre 34,9 Mt (ou 44 %) 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 36 % dans la catégorie Commercial et institutionnel, tandis que les émissions dans la catégorie Résidentiel sont demeurées quasi constantes, diminuant d'environ 1,4 %. Voir le Tableau 3-5 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,

3 . En particulier le bois de chauffage.



Tableau 3–5 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	2005	2006	2007	2008
Autres secteurs - TOTAL (1.A.4)	71 600	80 400	75 100	80 700	79 900
Commercial et institutionnel	25 700	36 700	33 400	34 900	34 900
<i>Secteur commercial et autres secteurs institutionnels</i>	23 700	34 600	31 600	32 900	33 000
<i>Administrations publiques</i>	1 980	2 050	1 820	2 010	1 920
Résidentiel	43 500	41 800	39 800	43 500	42 900
Agriculture, foresterie et pêches	2 400	2 000	1 900	2 200	2 200
<i>Foresterie</i>	50	100	100	100	100
<i>Agriculture</i>	2 300	1 800	1 800	2 100	2 100

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

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 (Statistique Canada, n° 57-003).

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

Le calcul des émissions repose sur les données relatives à la consommation de combustible déclarée pour le secteur résidentiel dans le BDEEC. La méthode de calcul de la combustion de biomasse (bois de chauffage résidentiel) est expliquée en détail dans la section consacrée aux émissions de CO<sub>2</sub> de 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, 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

Le degré estimatif d'incertitude du sous-secteur Autres secteurs varie de -4 % à +41 % pour tous les gaz et de -3 % à +2 % pour le CO<sub>2</sub> (ICF Consulting, 2004).

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 5 % 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. 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 coefficients d'émission et des fonctions de densité de probabilité élaborées par l'étude d'ICF Consulting, étant donné qu'on a manqué de temps pour soumettre ces hypothèses à l'examen d'experts de l'industrie.

Ces estimations sont cohérentes dans toute la série chronologique.

#### 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.

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 de 2007 sur l'utilisation des combustibles et les estimations ont été corrigées en conséquence.

#### 3.2.4.6. Améliorations prévues

Parmi les améliorations prévues pour le sous-secteur Autres secteurs, on note un examen du modèle de la biomasse résidentielle et une étude sur les caractéristiques du bois de chauffage industriel visant à confirmer les hypothèses actuelles sur l'humidité et la teneur en énergie.

### 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. Toutefois, les émissions attribuables aux véhicules militaires sont comprises dans le sous-secteur des transports, tandis que la consommation de carburant militaire de sources fixes est incluse dans le secteur commercial/institutionnel (section 3.2.4), en raison de la répartition des données sur le carburant dans le BDEEC (Statistique Canada, n° 57-003). Il s'agit d'une source d'émissions minime.

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

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

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

Tableau 3-6 Contribution des émissions fugitives de GES

Catégorie de source de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )				
	1990	2005	2006	2007	2008
Émissions fugitives découlant des combustibles (1.B)	42 700	64 700	65 800	64 700	63 800
Combustibles solides - Exploitations houillères (1.B.1)	2 000	700	700	800	800
Pétrole et gaz naturel (1.B.2)	40 700	64 000	65 100	64 000	63 100
a. Pétrole <sup>1</sup>	4 200	5 700	5 700	5 800	5 500
b. Gaz naturel <sup>1</sup>	12 900	20 800	21 400	21 300	21 300
c. Évacuation et torchage <sup>2</sup>	23 700	37 400	38 000	36 900	36 200
Évacuation	19 300	32 000	32 000	31 600	30 800
Torchage	4 400	5 500	6 000	5 300	5 500

Notes :

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

2. Pour les activités liées au pétrole et au gaz.

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

bustion 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 2008, la catégorie des émissions fugitives a représenté environ 63,8 Mt (ou 8,7 %) des émissions totales de GES du Canada, soit une augmentation de plus de 50 % depuis 1990. Entre 1990 et 2008, les émissions fugitives du secteur du pétrole et du gaz naturel ont augmenté de 55 %, passant à 63,1 Mt, et celles des exploitations houillères ont diminué d'environ 1,2 Mt par rapport aux 2 Mt relevées en 1990. Les activités de production, de transformation, de transport et de distribution du pétrole et du gaz représentaient 99 % des émissions fugitives. Voir le Tableau 3–6 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  $\text{CH}_4$ . Dans les gisements de houille, le  $\text{CH}_4$  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  $\text{CH}_4$  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  $\text{CH}_4$  sous pression dans l'atmosphère. À mesure que baisse la pression qui s'exerce sur le charbon, le  $\text{CH}_4$  adsorbé est rejeté jusqu'à ce que le  $\text{CH}_4$  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  $\text{CH}_4$  du gisement. Les activités post-extraction, comme la préparation, le transport, le stockage et la transformation finale avant la combustion, dégagent également du  $\text{CH}_4$ .

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  $\text{CH}_4$  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

Aucun recalcul n'a été nécessaire pour les émissions fugitives provenant des mines de charbon.

### 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, tels les 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 valorisation du pétrole/bitume lourd, 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 et Fabrication des combustibles solides et autres industries énergétiques (section 3.2.1).

La catégorie de source Pétrole et gaz naturel comporte trois grandes sous-catégories : Production pétrolière et gazière classique, Production de pétrole non classique et Distribution de gaz naturel.

## Production pétrolière et gazière classique

La production pétrolière et gazière classique comprend toutes les émissions fugitives attribuables à l'exploration, à la production, à la transformation et au transport du pétrole et du gaz naturel. 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 attribuables à l'industrie du pétrole et du gaz classique ont été subdivisées en plusieurs grandes catégories :

*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 naturel* : 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. Les sources d'émission sont les puits, les conduites d'écoulement, les stations de prétransformation satellites et les installations d'épuration. La principale source des émissions est l'évacuation des gaz des tubages.

*Traitement du gaz* : 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 : 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.

*Raffinage* : Trois grandes sources d'émissions fugitives proviennent des raffineries : les émissions des procédés, les émissions fugitives et les émissions de torchage. Les émissions des procédés découlent de la production d'hydrogène ainsi que des conduites d'évacuation. Les émissions fugitives résultent des fuites des équipements, du traitement des eaux usées, des tours de réfrigération, des citernes de stockage et des 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.

### Production de pétrole non classique

Cette catégorie englobe les émissions des installations d'extraction de sables bitumineux à ciel ouvert, de l'extraction *in situ* du bitume et de la valorisation du pétrole/bitume lourd en vue de produire du bitume, 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.

### 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

##### Production pétrolière et gazière classique

###### *Secteur amont de la production de pétrole et de 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 Up-*

*stream Oil and Gas Industry (CAPP, 2005a)*. On trouvera une description de la méthode complète 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 2001-2008 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. Clearstone Engineering Ltd. a conçu un modèle d'estimation uniforme pour le secteur amont de la production de pétrole et de gaz (ci-après appelé modèle du secteur amont) pour 2001 et au-delà pour 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).



### 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 la méthode à l'annexe 3.

### Secteur aval de la production pétrolière et gazière

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*. 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, tandis que les données sur les émissions de 2003 à 2007 ont été estimées 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° 57-003). On trouvera une description détaillée de la méthode utilisée pour estimer les émissions entre 1991 et 1993 et à partir de 2003 et au-delà dans l'annexe 3.

### Production de pétrole non classique

Les sources d'émissions 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 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 de sables bitumineux in situ pour produire du pétrole ou du bitume destiné à la vente et de la valorisation du pétrole synthétique et d'autres produits proviennent de l'étude sur le secteur amont de la production de pétrole et de gaz de l'ACPP (CAPP, 2005a).

Clearstone Engineering Ltd. a revu les inventaires des installations afin de s'assurer que leurs estimations étaient complètes, exactes et transparentes. Les établissements ont apporté les corrections nécessaires et Clearstone Engineering Ltd. a dressé l'inventaire final du secteur du bitume. 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. Lorsque des lacunes ont été relevées, Clearstone Engineering Ltd. a préparé des estimations et les a 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 incluses dans l'étude.

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 : *ST43 : Mineable Alberta Oil Sands Annual Statistics* de l'agence Energy Resources Conservation Board (auparavant Alberta Energy and Utilities Board) (ERCB 2009) et les statistiques en ligne (1998-2008) 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 et le rapport portant sur le modèle en question (Environnement Canada, 2007).

Les émissions des nouvelles installations d'extraction des sables bitumineux, comme celles des sociétés Canadian Natural Resources Limited (CNRL) et Petro-Canada Fort Hills, ont été estimées à l'aide des données sur les activités publiées par l'agence ERCB (2009) et des coefficients d'émission établis pour des installations de même nature.

## Distribution du gaz naturel

Les estimations relatives aux émissions proviennent d'une étude de l'Association canadienne du gaz (ACG), 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.

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) et de la longueur des gazoducs de distribution.

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

### Production pétrolière et gazière classique

#### *Secteur amont de la production de pétrole et de 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 2001-2008 sont estimées à partir des données de 2000 et d'autres coefficients analysés ci-devant. Le degré d'incertitude des émissions globales de 2000 est de  $\pm 1,5$  %. Les degrés d'incertitude des émissions de 2000 pour l'industrie du pétrole et du gaz naturel sont indiqués dans les Tableau 3-7 et Tableau 3-8, respectivement. Les degrés d'incertitude détaillés pour chaque gaz se trouvent dans le rapport sur le secteur amont de la production de pétrole et de gaz.

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

Tableau 3-7 Degré d'incertitude des émissions fugitives de l'industrie de production de pétrole

Catégorie de source de GES	Degré d'incertitude (%)		
	Prospection pétrolière	Production de pétrole	Transport du pétrole
Torchage	$\pm 4.2$	$\pm 2.3$	$\pm 24.0$
Émissions fugitives	-8.9 to +8.3	$\pm 7.4$	-20.9 to +21.0
Évacuation	-38.4 to +30.4	-3.7 to +3.4	—
<b>Total</b>	-2.3 to +2.1	$\pm 3.1$	-16.7 to +16.8

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

Catégorie de source de GES	Degré d'incertitude (%)	
	Production/traitement du gaz	
Torchage	-2.6 to +2.2	
Émissions fugitives	-0.6 to +1.1	
Autre	$\pm 1.7$	
Évacuation	-4.0 to +3.5	
<b>Total</b>	$\pm 0.7$	

Source: CAPP (2005b).

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 de la production pétrolière et gazière

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 2003-2008 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 3–9.

### Production de pétrole non classique

Seules les estimations du degré d'incertitude des installations sont disponibles en ce moment. Clearstone Engineering Ltd. a effectué une évaluation de niveau 1 du GIEC sur le degré d'incertitude 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), Clearstone Engineering Ltd. a suivi les procédures d'AQ/CQ suivantes. En premier lieu, tous les résultats ont été examinés à l'interne par du personnel chevronné pour s'assurer qu'il n'y avait pas d'erreurs, d'omissions ou de double comptabilisation. 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 l'année 2007

Tableau 3–9 Degré d'incertitude lié aux 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	$\pm 14$	$\pm 5$	$\pm 14$	$\pm 14$

en se servant des données actualisées de Statistique Canada sur la consommation énergétique totale des raffineries. Ainsi, ces calculs ont eu pour effet d'augmenter d'environ 0,1 Mt les émissions de CO<sub>2</sub>.

*Secteur amont de la production de pétrole et de gaz :* Des données sur les activités actualisées en 2007 provenant de diverses sources, y compris Statistique Canada et plusieurs rapports des gouvernements provinciaux et de l'industrie, ont été utilisées dans le modèle d'extrapolation pour le secteur amont de la production de pétrole et de gaz. On a actualisé les données pour améliorer l'exactitude de l'inventaire et assurer l'uniformité avec la plupart des données disponibles les plus récentes, ce qui a entraîné une diminution des estimations du secteur amont de la production de pétrole et de gaz d'approximativement 0,3 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> (moins de 1 %) pour 2007.

### 3.3.2.6. Améliorations prévues

*Raffinage du pétrole :* On prévoit modifier la méthodologie du modèle au cours des prochaines années de déclaration. Le modèle actuel calcule les émissions fugitives à partir de l'utilisation énergétique totale des raffineries mais, à l'avenir, il estimera les émissions d'après la quantité de production de la raffinerie.

*Secteur amont de la production de pétrole et de gaz :* On réalise actuellement une étude afin de mettre à jour l'étude sur le secteur amont de la production de pétrole et de gaz (CAPP, 2005a).

*Extraction minière de bitume/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'extraction 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 (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 » ou 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 est toutefois 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 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.

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

Les émissions (tableau 3-10) ont été calculées à l'aide des méthodes qui figurent à la rubrique Aviation civile (transport aérien intérieur) (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. Comme nous l'avons vu plus haut, on a adopté une méthode d'estimation de la proportion de carburant vendue aux compagnies aériennes natio-

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

	Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )				
	1990	2005	2006	2007	2008
Combustibles de soute (transport aérien international)	7 100	10 200	10 100	9 300	9 200
Aviation civile (transport aérien intérieur)	6 400	7 900	7 700	8 800	8 500
<b>Total</b>	<b>13 400</b>	<b>18 100</b>	<b>17 800</b>	<b>18 100</b>	<b>17 800</b>

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

nales et utilisée lors de vols internationaux qui permet une désagrégation plus précise du carburant vendu aux transporteurs nationaux. Ces quantités supplémentaires ont pour effet d'augmenter la quantité de carburant vendue directement aux compagnies aériennes étrangères; la somme représente le carburant total alloué au transport aérien international.

La méthode adoptée utilise les données sur le nombre total de tonnes-kilomètres parcourus par toutes les compagnies aériennes canadiennes à l'échelle mondiale et les classe en deux catégories, internationales ou nationales. Cela a été retenu comme indicateur de la consommation de carburant en raison de sa corrélation acceptable (coefficient R<sup>2</sup> élevé : 93,5 %) lorsqu'on connaît à la fois la consommation de carburant et les tonnes-kilomètres parcourus. Si l'on part de l'hypothèse que 69 % des tonnes-kilomètres internationaux sont parcourus à l'aide de carburant acheté au Canada, on obtient la corroboration optimale avec les modèles SAGE et AERO2K, deux modèles de trajectoires de vol qu'utilisent respectivement les États-Unis et le Royaume-Uni.

Le développement d'un modèle de niveau 3a, comme mentionné dans la section 1.2.3.6, permettra de désagréger avec plus de précision les émissions entre l'aviation civile (transport aérien intérieur) et les combustibles de soute (transport aérien international).

### 3.4.1.2. Transport maritime (catégorie 1.C.1.B du CUPR)

Les émissions (Tableau 3–11) ont été calculées à l'aide des méthodes énumérées à la section Navigation (transport maritime intérieur) (voir la section 3.2.3.2). Les données sur la consommation de carburant sont attribuées au transport maritime étranger dans le BDEEC (Statistique Canada, n° 57-003).

## 3.4.2. Émissions de 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 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.

Tableau 3–11 Émissions de GES attribuables au transport maritime intérieur et international, 1990, 2005 2008

	Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )				
	1990	2005	2006	2007	2008
Combustibles de soute (transport maritime international)	3 100	2 000	1 800	2 100	1 800
Transport maritime (intérieur)	5 000	6 400	5 800	6 100	5 800
<b>Total</b>	<b>8 200</b>	<b>8 400</b>	<b>7 600</b>	<b>8 300</b>	<b>7 600</b>

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



### 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 du CO<sub>2</sub>, du CH<sub>4</sub> et du N<sub>2</sub>O.

Le calcul des GES émis par la combustion de bois de chauffage résidentiel repose sur la quantité estimative de bois brûlé et les coefficients d'émission propres à cette technologie. Les données relatives à l'utilisation du bois de chauffage reposent sur l'inventaire des principaux contaminants atmosphériques (PCA) (Environnement Canada, 1999). On n'a pas utilisé les données de Statistique Canada et de RNCAN sur la consommation de bois de chauffage résidentiel, car elles semblent grandement sous-estimer la consommation de bois de chauffage (étant donné qu'une proportion importante du bois de chauffage brûlé au Canada ne provient pas de sources commerciales).

Les données sur la consommation de bois de chauffage ont été recueillies dans le cadre d'un sondage sur la consommation de bois de chauffage résidentiel en 1995 (Réalités canadiennes, 1997). Ces données ont été recueillies par province et regroupées selon cinq grandes catégories d'appareils :

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

Les données sur la consommation de bois de chauffage pour les autres années ont été extrapolées selon le nombre de foyers dans chaque province qui ont utilisé une source de chauffage principale ou d'appoint au bois (Statistique Canada, 1995) en 1995. Les coefficients

d'émission pour le CO<sub>2</sub> sont tirés de l'étude réalisée à la demande d'Environnement Canada (ORTECH Corporation, 1994), qui présume une teneur en humidité de 50 %. Les coefficients d'émission de N<sub>2</sub>O et de CH<sub>4</sub> de différents appareils de chauffage au bois proviennent du *supplément B* de l'AP-42 de l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (EPA 1996). Ces émissions sont comprises dans la rubrique de l'inventaire qui traite de la combustion de combustibles.

Pour calculer les émissions de GES, on a multiplié la quantité de bois brûlé dans chaque appareil par les coefficients d'émission.

### 3.4.2.2. Déchets ligneux industriels

Le BDEEC (Statistique Canada, n° 57-003) ne contient qu'un nombre limité de données sur le bois de chauffage industriel et les liqueurs résiduelles. Les données de Statistique Canada pour 1990 et 1991 ont été regroupées pour les provinces de l'Atlantique et des Prairies. Les données relatives à chaque province ont été obtenues au moyen d'une comparaison avec les données du BDEEC de 1992. Pour 1992, les données relatives à Terre-Neuve et à la Nouvelle-Écosse ont elles aussi été regroupées; il n'existait pas de données comparables autorisant la dissociation de ces provinces. Les émissions sont indiquées sous la rubrique Nouvelle-Écosse.

Les coefficients d'émission de CO<sub>2</sub> et de CH<sub>4</sub> du bois de chauffage industriel sont ceux qui sont attribués par l'APE des États-Unis au bois de chauffage et aux déchets ligneux (EPA, 1996). Les coefficients d'émission du CH<sub>4</sub> ont été attribués à trois types de chaudières différentes; le coefficient d'émission utilisé dans l'inventaire canadien est la moyenne des trois.

Les coefficients d'émission de N<sub>2</sub>O provenant du bois de chauffage industriel sont ceux qui ont été attribués au bois de chauffage et aux déchets ligneux (Rosland et Steen, 1990; Radke *et al.*, 1991) (voir l'annexe 8).

Le coefficient d'émission de CO<sub>2</sub> attribuable à la combustion des liqueurs résiduelles a été établi d'après deux hypothèses :

1. la teneur en carbone des liqueurs résiduelles est de 41 % en poids.
2. 95 % du carbone est converti en CO<sub>2</sub>.

Le coefficient d'émission (CE) a donc été calculé comme suit (Jaques, 1992) :



$$CE = 0,41 \times 0,95 \times \left( \frac{44 \text{ g/mol}}{12 \text{ g/mol}} \right)$$

$$CE = \frac{1,428 \text{ t CO}_2}{\text{t liqueurs résiduaire}}$$

Pour calculer les émissions, on a appliqué les coefficients d'émission aux quantités de biomasse brûlée. Les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O sont comprises dans le secteur manufacturier de l'inventaire.

### 3.4.2.3. Éthanol-carburant

Les quantités d'éthanol-carburant utilisé dans le secteur des transports (TFIS Inc., 2008) sont présentées au Tableau 3–12. Les propriétés de l'éthanol ont été établies en fonction de sa chimie et ont donné un PCS de 24,12 TJ/mL, une teneur en carbone de 52,14 % et une densité de 789,2 kg/m<sup>3</sup>.

Tableau 3–12 Éthanol utilisé dans les transports au Canada, 1990, 2005–2008

Année	1990	2005	2006	2007	2008
Éthanol consommé (ML)	7	462	482	1 110	1 110

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 %.

### 3.4.2.4. Biodiesel-carburant

Les quantités de biodiesel utilisé comme carburant dans les transports (TFIS inc., 2008) sont présentées dans le Tableau 3–13. Les propriétés du biodiesel sont tirées d'une

étude sur ce carburant qui a été menée entre 2004 et 2005 (BioMer, 2005). Le pouvoir calorifique supérieur (PCS) établi est de 35,18 TJ/mL, avec une teneur en carbone de

Tableau 3–13 Biodiesel utilisé dans les transports au Canada, 1990, 2005–2008

Année	1990	2005	2006	2007	2008
Biodiesel consommé (ML)	0	2	29	43	43

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> anthropique 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 d'EnCana à 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 (Mourits, 2008). 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 (Mourits, 2010). Dans le champ de Weyburn, on a injecté, de 2000 à 2009, 15 Mt environ de nouveau CO<sub>2</sub> acheté à l'usine de gazéification Dakota à un taux d'injection actuel de 6 500 t de CO<sub>2</sub> par jour. De 2005 à 2009, on a injecté, dans le champ Midale, environ 1,91 Mt de nouveau CO<sub>2</sub> à un taux d'injection de 1 165 t de CO<sub>2</sub> par jour.

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 PRTC, 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>.

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

Le Canada exporte une grande quantité de sa production de ressources de combustibles fossiles, essentiellement vers les États-Unis. En 2008, il a exporté environ 58 % (valeur d'énergie équivalente) de sa production brute (soit 40 % de sa production nette) 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; Environnement Canada, 2008). 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. (Voir aussi le Sommaire.)

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.

# 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 PFC (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Les 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, notamment celui de l'utilisation du gaz naturel pour la production d'ammoniac, 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 de produits chimiques, 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 utilisant des combustibles fossiles à des fins non énergétiques.

Les émissions de CO<sub>2</sub> résultant de l'utilisation de combustibles fossiles comme matières premières pour produire des produits chimiques autres que l'ammoniac, l'acide nitrique, l'acide adipique et les carburants utilisés comme agents réducteurs dans l'extraction et le traitement de métaux non ferreux sont déclarées au sous-secteur « Autres procédés et procédés indifférenciés » (section 4.16).

Les émissions indirectes (telles que celles des CO, COVNM et 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. Ces émissions, de même que les émissions indirectes de GES associées aux activités énergétiques, sont inscrites à l'annexe 14 de ce rapport d'inventaire national.

Comme le montre le Tableau 4-1, les émissions de GES du secteur des procédés industriels représentent 52,6 Mt dans l'inventaire national des GES de 2008, contre 54,8 Mt en 1990. Elles ont représenté 7,2 % du total canadien de GES en 2008. Le chapitre 2 traite des facteurs contribuant aux tendances à long terme et à court terme dans le secteur; les points saillants sont présentés ci-dessous.

Entre 1990 et 2008, les émissions de N<sub>2</sub>O provenant de la production d'acide adipique ont baissé considérablement, de 76 % ou 8,3 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> grâce à l'installation, en 1997, d'un système antipollution à l'usine d'Invista à Maitland, en Ontario. Il convient cependant de noter que l'usine a été fermée pour une période indéterminée au printemps 2009. Les alumineries ont également diminué leurs émissions de PFC de 66 % ou 4,3 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en mettant en place des dispositifs antipollution, tout en doublant leur volume de production. De plus, l'industrie s'est efforcée de réduire progressivement son utilisation de la technologie de production Söderberg. Pour la catégorie de la production de magnésium, le remplacement du SF<sub>6</sub> par d'autres composés pourrait expliquer la réduction des émissions produites par l'une des principales usines entre 1990 et 2005. Pour les dernières années (à partir de 2006), la réduction des émissions a été largement attribuable à une baisse de la production et, donc, à une réduction de l'utilisation du SF<sub>6</sub>, en prévision de la fermeture de certaines usines (une

Tableau 4–1 Émissions de GES attribuables au secteur des procédés industriels, certaines années

Catégorie de sources de GES	Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )				
	1990	2005	2006	2007	2008
Procédés industriels – TOTAL	54 800	55 100	54 600	53 200	52 600
a. Produits minéraux	8 300	9 500	9 600	9 300	8 500
Production de ciment	5 400	7 200	7 300	7 300	6 600
Production de chaux	1 800	1 700	1 600	1 600	1 500
Utilisation de calcaire et de dolomite	730	250	310	160	160
Utilisation de carbonate de sodium	210	160	170	170	140
Utilisation de magnésite	147	176	179	67.5	56.7
b. Industrie des produits chimiques	17 000	10 000	9 000	8 900	10 000
Production d'ammoniac	5 000	6 300	6 600	6 200	6 700
Production d'acide nitrique	1 010	1 250	1 230	1 130	1 230
Production d'acide adipique	11 000	2 600	1 200	1 500	2 400
c. Production de métaux	19 500	16 500	16 800	15 500	15 300
Sidérurgie	7 060	7 020	7 760	7 720	7 440
Production d'aluminium	9 300	8 200	7 700	7 300	7 400
Production de magnésium	2 870	1 090	1 200	325	181
Moulage du magnésium	236	201	190	198	279
d. Production et consommation d'halocarbures (des HFC et des PFC)	770	5 200	5 000	5 400	5 500
e. Utilisation de SF <sub>6</sub> dans le matériel électrique des services publics et les semi-conducteurs	1 500	1 200	1 500	1 300	1 800
f. Autres productions indifférenciées	8 000	12 000	13 000	13 000	11 000

Note : Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué. De plus, à cause des nombres arrondis, certaines baisses ou hausses légères d'émissions discutées dans le paragraphe précédent peuvent ne pas apparaître dans ce tableau.

au début de 2007 et une autre en août 2008). Il convient également de noter que l'estimation des émissions de l'industrie de la sidérurgie en 1990 est inférieure à celle qu'on aurait normalement obtenue s'il n'y avait pas eu de grève. La baisse à long terme est en fait plus importante depuis 1991.

La réduction des émissions mentionnée ci-dessus a été en partie neutralisée par l'augmentation importante des émissions d'autres sources entre 1990 et 2008. Par exemple, les émissions attribuables à la consommation d'halocarbures ont augmenté de 1050 % ou 5,0 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> depuis 1995 en raison du remplacement progressif des SACO, telles que les chlorofluorocarbures (CFC), par les HFC

Dans le présent rapport, afin de mettre à jour les valeurs d'incertitude, 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, nouvelles 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 d'un commentaire formulé par les experts de l'équipe d'examen de l'inventaire, une étude sur les catégories d'émissions (p. ex., production de caprolactam et de carbure) qui ont reçu la cote « NE » (non estimé) dans le logiciel de déclaration du CUPR ainsi que des améliorations concernant d'autres catégories existantes sont en cours de réalisation. On s'attend à ce que les résultats de l'étude soient publiés à l'automne 2010.



## 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 matières premières 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 tableau 303-0060 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 2004* (CIEEDAC, 2007), celles de la période de 1997 à 2004, d'un document de Statistique Canada (n° 44 001) et celles de 2005 à 2007, du tableau 303 0060 du CANSIM (Statistique Canada, 2008). 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, 1990-2006), et l'auteur de la section sur le ciment de l'annuaire a fourni les données de 2007 et 2008<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

<sup>1</sup> Panagapko D., 2008-2009. Communication personnelle (courriels de D. Panagapko à A. Shen, DGES, le 12 décembre 2008, et à A. Au, DGES, le 13 novembre 2009). Ressources naturelles Canada.



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 plus ou moins 28 %. 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 à 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.

Pour améliorer la qualité des données de cette catégorie au moyen de valeurs liées à la teneur en CaO du clinker et au facteur de correction PFC propres au pays, une trousse d'assurance de la qualité (AQ) a été envoyée à l'Association canadienne du ciment (ACC) au milieu de l'année 2009. Cependant, à la demande de l'ACC, le projet a été repoussé jusqu'en janvier 2010. Les résultats de ce projet d'AQ seront ajoutés à l'inventaire dès qu'ils seront disponibles.

### 4.2.5. Recalculs par catégorie

L'estimation des émissions de 2007 a été recalculée pour la catégorie de la production de ciment, car les données sur la production de clinker ont été mises à jour. L'estimation

(en comparaison du rapport précédent) montre une hausse de 0,96 % (ou 0,07 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>).

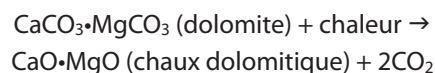
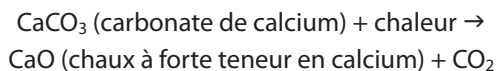
### 4.2.6. Améliorations prévues par catégorie

Comme nous l'avons déjà mentionné, une trousse d'AQ a été envoyée à l'ACC dans le but d'améliorer la méthodologie, les coefficients d'émission et les données sur l'incertitude de cette catégorie. Les résultats de ce projet seront ajoutés à l'inventaire dès qu'ils seront disponibles.

## 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

$\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2$ , respectivement. De plus, d'après les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000), lorsqu'il n'y a pas d'information sur la chaux hydraulique, comme c'est le cas au Canada, la proportion de chaux hydraulique doit être présumée nulle.

Les émissions découlant de la régénération de chaux à partir de liqueurs résiduelles des usines de pâtes ne sont pas comptabilisées dans le secteur des procédés industriels. Étant donné que ce  $\text{CO}_2$  est d'origine biogène, il est consigné comme fluctuation des stocks de carbone forestier dans le secteur ATCATF. Le  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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 et 2008). 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, l'hydroxyde de calcium a une teneur en eau de 28,25 %. 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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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 plus ou moins 8,0 %, 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 à 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 4.2.2.

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

L'estimation des émissions de 2007 a été recalculée en raison d'une mise à jour des données sur la production de chaux. L'estimation (comparativement à celle du rapport

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

<sup>3</sup> Kenefick W., Communication personnelle (courriel de Wayne Kenefick à Amy Shen, DGES, daté du 7 octobre 2008). Canadian Lime Institute.

précédent) a légèrement diminué de 0,17 % (ou -0,002 8 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>).

#### 4.3.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie.

### 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 CO<sub>2</sub> est produit par la réaction décrite à la section 4.2.1 sur la production de ciment.

Pour éviter une double comptabilisation, la catégorie de l'utilisation de calcaire et de dolomite n'inclut pas les émissions provenant du calcaire utilisé pour la production de ciment et de chaux. Les émissions attribuables à l'utilisation de calcaire pour produire du ciment et de la chaux sont prises en compte dans la catégorie de la production de ciment et de chaux.

### 4.4.2. Questions de méthodologie

Les émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à l'utilisation de calcaire et de dolomite ont été calculées séparément au moyen de deux coefficients d'émission différents. On considère que la méthode d'estimation des émissions utilisée est de niveau 2. D'après la stoechiométrie du procédé, on a calculé que 440 g de CO<sub>2</sub> pouvaient être rejetés par kilogramme de calcaire pur utilisé. Toutefois, comme l'industrie canadienne n'utilise pas de calcaire pur, on a appliqué un coefficient de pureté de 95 %, ce qui a abouti au coefficient d'émission global de 418 g de CO<sub>2</sub>/kg de calcaire utilisé (AMEC, 2006). Le facteur de pureté de 95 % provient d'un rapport préparé par le ministère du Développement du Nord et des Mines (1989) pour le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario.

La dolomite se compose à la fois de calcaire (CaCO<sub>3</sub>) et de magnésite (MgCO<sub>3</sub>). Un important producteur canadien de dolomite affirme que sa dolomite contient entre 56 % et 58 % de CaCO<sub>3</sub> et entre 38 % et 41 % de MgCO<sub>3</sub>. On a établi un coefficient d'émission global de 468 g de CO<sub>2</sub>/kg de dolomite utilisée en fonction des coefficients d'émission du calcaire pur (440 kg de CO<sub>2</sub> par tonne) et de la magnésite (522 kg de CO<sub>2</sub> par tonne), et en partant de l'hypothèse que la dolomite se compose de 58 % de CaCO<sub>3</sub> et de 41 % de MgCO<sub>3</sub> (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 et 2008). Bien qu'il existait une valeur de la consommation nationale de pierre brute pour 2008, les données les plus récentes sur les activités concernant son utilisation dans chacun des secteurs qui pouvaient être fournies par RNCAN ne portaient que sur l'année 2007. Pour estimer l'utilisation de pierre brute par secteur pour 2008, le rapport entre la consommation nationale de pierre brute en 2008 et celle de 2007 a été calculé. On a ensuite appliqué ce rapport à l'utilisation de pierre brute pour chaque secteur en 2007, en supposant que les changements en matière d'utilisation de pierre brute par secteur entre 2007 et 2008 étaient proportionnels au total national. De plus, les données sur l'utilisation de la pierre dans les hauts fourneaux sidérurgiques ont été subdivisées

en calcaire et en dolomite selon une répartition de 70/30 (AMEC, 2006). Pour estimer les émissions nationales de CO<sub>2</sub>, on a multiplié les quantités de calcaire et de dolomite consommées par les coefficients d'émission correspondants.

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 intérieur brut 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  $\pm 17\%$  et  $\pm 19\%$ , 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 4.2.2.

#### 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 de 2007 a entraîné un nouveau calcul de l'estimation de 2007. Par rapport à la valeur du rapport précédent, l'estimation de 2007 présente une baisse de 46 % (ou -0,14 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>).

### 4.4.6. Améliorations prévues par catégorie

La partie des émissions de la sous catégorie Autres utilisations chimiques, publiée dans l'*Annuaire des minéraux du Canada* (RNCAN, 1990-2006) ou fournie par l'auteur de la section sur la pierre brute de l'*Annuaire des minéraux du Canada*, a été estimée d'après les données sur les activités aux États-Unis. On prévoit améliorer ou raffiner cette estimation en utilisant les données sur les activités au Canada.

### 4.5. Production et utilisation de carbonate de sodium (catégorie 2.A.4 du CUPR)

#### 4.5.1. Description de la catégorie de source

Le carbonate de sodium (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 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° 44250), il semble que le carbonate de sodium soit surtout employé au Canada dans l'industrie de fabrication des produits en verre. Du CO<sub>2</sub> est rejeté lorsque le carbonate de sodium se décompose à température élevée dans un four à verre.

Du CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>. Le coefficient d'émission (CE) correspondant à la masse de



CO<sub>2</sub> 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, 2007-2008). 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. Dans l'estimation des émissions, les utilisations du carbonate de sodium dans la fabrication de savons et de détergents et dans le traitement de l'eau ont été exclues, car on les considère comme des activités non émettrices (AMEC, 2006). 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 de produit intérieur brut 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 ±10,2 % et ±13,8 %.

Les mêmes coefficients d'émission ont été employés pour l'ensemble de la série chronologique. Les sources des données sur les activités sont décrites à la section 4.2.2.

### 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

Les émissions de 2007 ont fait l'objet de calculs mineurs à la suite d'une mise à jour des données d'activité. L'estimation a été réduite de 0,000 22 % (-0,000 38 kt d'éq. CO<sub>2</sub>).

### 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<sub>3</sub>), 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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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 coeffi-

cient d'émission global de 506 g de CO<sub>2</sub>/kg a été obtenu et utilisé pour en estimer les émissions de CO<sub>2</sub>/kg.

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) (courriel de J. Banville, 2006)<sup>4</sup>. Pour 2006 et 2007, l'estimation de la consommation de magnésite dans deux des usines pour lesquelles il a été impossible d'obtenir des données a donné lieu à certaines hypothèses. En ce qui concerne la première usine pour laquelle les données n'ont pas pu être obtenues, le rapport entre l'utilisation de magnésite et la production de magnésium a d'abord été calculé pour chaque année de la période de 1990 à 2005 (courriel de J. Banville, 2007)<sup>5</sup>. On a ensuite calculé la moyenne des ratios (Utilisation de magnésite/Production de magnésium). Enfin, on a multiplié cette moyenne par la production de l'usine pour 2006 et 2007 afin d'obtenir la quantité de magnésite utilisée durant ces années. Dans le cas de l'autre usine dont les données pour 2006 n'étaient pas non plus disponibles, on a supposé que l'utilisation de magnésite en 2006 était la même qu'en 2005. Les données sur l'utilisation en 2007 et 2008 pour cette usine (la seule exploitée en 2008) ont été fournies par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières de la Colombie-Britannique<sup>6</sup>. Pour obtenir des estimations des émissions nationales et provinciales de ce sous-secteur, on multiplie les données de consommation (les données actuelles ou les estimations, selon l'année) par le coefficient d'émission mentionné plus haut.

Cette méthode est considérée comme une méthode de niveau 1, car elle repose sur l'utilisation des données nationales sur la consommation et sur un coefficient d'émission tiré de la stœchiométrie du procédé.

### 4.6.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

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., 2009. Communication personnelle (courriel de Meredith-Jones S. à Maryse Pagé, DGES, daté du 2 juillet 2009). Ministère de l'Énergie, des Mines et des Richesses pétrolières de la Colombie-Britannique.



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  $\pm 9,0\%$ , 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 4.2.2.

#### 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

L'estimation de 2007 a été recalculée en raison d'une mise à jour des données sur les activités. L'estimation a été réduite de 38 % (-0,041 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>).

#### 4.6.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration des émissions estimatives de CO<sub>2</sub> résultant spécifiquement de l'utilisation de magnésite n'est prévue.

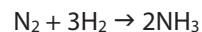
### 4.7. Production d'ammoniac (catégorie 2.B.1 du CUPR)

#### 4.7.1. Description de la catégorie de source

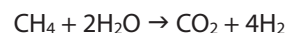
À la température et à la pression standard, l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) se trouve à l'état gazeux. Il est toxique et corrosif, et son odeur est piquante. L'ammoniac utilisé dans le commerce est appelé « ammoniac anhydre » et doit être stocké

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 :



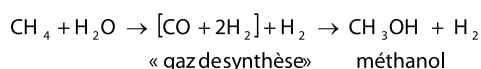
L'azote nécessaire est extrait de l'air; l'hydrogène est généralement obtenu par reformage catalytique du méthane à la vapeur présent dans le gaz naturel et de faibles quantités d'autres hydrocarbures. Ce procédé produit aussi du dioxyde de carbone comme sous produit gazeux :



On extrait ensuite le CO<sub>2</sub> du gaz de procédé par absorption, habituellement à l'aide d'une solution de monoéthanolamine (MEA) ou de carbonate de potassium (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Le principal rejet de CO<sub>2</sub> a lieu durant la régénération, en vue de la réutilisation, de la solution d'absorption riche en CO<sub>2</sub> par distillation à la vapeur ou ébullition. Le gaz de distillation, qui contient du CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 ci-dessous) produit

un surplus d'hydrogène plus que suffisant pour produire du méthanol :



Ce surplus d'hydrogène est souvent purgé des usines de méthanol et utilisé dans des usines d'ammoniac situées à proximité. Les usines d'éthylène produisent également de l'hydrogène comme coproduit des fours de craquage dans la fabrication de l'éthylène et d'autres substances chimiques (p. ex. du propylène, du butadiène, etc.); cet hydrogène peut aussi être utilisé dans des usines d'ammoniac situées à proximité (Cheminfo Services, 2006).

### 4.7.2. Questions de méthodologie

Pour estimer les émissions résultant de la production d'ammoniac, on a multiplié la production d'ammoniac dégageant du CO<sub>2</sub> par un coefficient d'émission de 1,56 t de CO<sub>2</sub>/t de NH<sub>3</sub> produit. Ce coefficient a été établi selon les besoins en énergie et en matériaux caractéristiques de la production d'ammoniac au Canada (Jaques, 1992). Les données sur la production dégageant du CO<sub>2</sub> utilisées pour le calcul provenaient directement des usines ou ont été estimées. La production des usines ayant utilisé le reformage du méthane à la vapeur, une activité qui cause des émissions de CO<sub>2</sub>, mais dont les données n'étaient pas disponibles, a été estimée sur la base de la production déclarée et des données sur la capacité des autres usines ainsi que sur les statistiques nationales sur la production d'ammoniac. Quand elles étaient disponibles, les données sur la production et la capacité de production de 1990 à 2004 ont été réunies dans une étude menée par Cheminfo Services (2006); les données des années 2005 et 2006 sont celles qui ont été déclarées à la Division des GES d'Environnement Canada sur une base volontaire. Les données sur la production nationale d'ammoniac proviennent de la publication n° 46-002 de Statistique Canada.

La technique d'estimation (émissions = production d'ammoniac x coefficient d'émission) est une des méthodes par défaut suggérées dans les lignes directrices du GIEC – version révisée 1996 (IPCC/OECD/IEA, 1997). Il faut toutefois noter que le coefficient d'émission de 1,56 t de CO<sub>2</sub>/t NH<sub>3</sub> produit est une valeur moyenne nationale et que, dans la mesure du possible, on a utilisé les données de production propres aux usines. Les questions de méthodologie relatives au calcul des émissions de CO<sub>2</sub>

issues de la production d'ammoniac ne sont pas abordées expressément dans le guide des bonnes pratiques du GIEC (GIEC, 2000).

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 soustrait les émissions de CO<sub>2</sub> dues à la production d'ammoniac des émissions totales de CO<sub>2</sub> attribuables à l'utilisation de combustibles à des fins non énergétiques déclarées dans la catégorie des autres procédés et procédés indifférenciés à l'échelle nationale. Aux échelles provinciale et territoriale, les émissions de CO<sub>2</sub> découlant de la production d'ammoniac sont déclarées avec les émissions provenant d'autres procédés industriels et procédés indifférenciés, dans la catégorie des autres procédés et procédés indifférenciés.

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 et au coefficient d'émission. L'incertitude associée à la catégorie dans son ensemble a été évaluée à ±7 % et s'applique à 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 4.2.2.

### 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

Aucun nouveau calcul n'a été effectué pour cette catégorie.

#### 4.7.6. Améliorations prévues par catégorie

On fera des efforts pour déterminer les quantités de gaz naturel utilisées comme matière première et comme combustible dans la production d'ammoniac au cours des années et pour mettre à jour le coefficient d'émission de façon à mieux tenir compte des émissions issues des procédés.

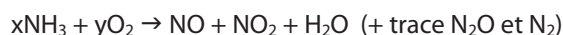
### 4.8. Production d'acide nitrique (catégorie 2.B.2 du CUPR)

#### 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) :

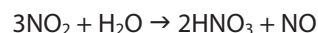
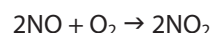


Les gaz chauds passent à travers un catalyseur fait de nombreuses couches de treillis métallique habituellement constitué de fils d'alliage (platine, palladium, or ou rhodium), et forment une surface à maillage fin. La réaction donne un mélange de monoxyde d'azote ( $\text{NO}$ ), de dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ) 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 6065 % 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  $\text{NO}_x$ . 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).

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 2005-2008 sont celles qui ont été déclarées à la Division des GES d'Environnement Canada sur une base volontaire. Les données recueillies ont été utilisées dans la méthode hybride d'estimation des émissions propre au pays, qui peut être divisée en trois catégories :

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.

1. 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.
2. 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.
3. Dans ces trois scénarios, l'équation appliquée était la suivante :

### Équation 4-3:

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

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 (G. Collis, 1992)<sup>7</sup>. 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

7 Collis G., 1992. Communication personnelle (lettre de Collis G. au directeur, DGES, datée du 23 mars 1992). Institut canadien des engrais.

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 2 »	12	Lettre de G. Collis, 1992
Haute pression	RCNS	0,66	Lettre de G. Collis, 1992
Haute pression	RCS	8,5	GIEC (2000)

se basant sur les données nationales (Statistique Canada, n° 46-002), les données de production déclarées et les données sur la capacité de production des autres installations. Plus précisément, la somme de toute la production déclarée par les compagnies a été déduite de la production nationale totale (Statistique Canada, n° 46-002) pour obtenir la production nationale non déclarée d'acide nitrique. Cette dernière a ensuite été allouée selon les capacités des usines non déclarantes pour obtenir des valeurs estimatives de leur production. 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 2005-2008, les données utilisées sont celles qui ont été déclarées à la Division des GES sur une base volontaire par les compagnies.

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 à 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 4.2.2

#### 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

Une correction mineure dans le modèle de calcul a entraîné un nouveau calcul de l'estimation de 2007, qui a été réduite de 0,24 % (ou -0,0027 Mt d'éq.  $CO_2$ ).

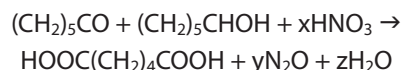
#### 4.8.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie.

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

#### 4.9.1. Description de la catégorie de source

L'acide adipique ( $HOOC(CH_2)_4COOH$ ) est un acide dicarboxylique utilisé principalement dans la fabrication de nylon 66, de résines et de plastifiants. On le fabrique au moyen d'un procédé d'oxydation en deux étapes. La première consiste à oxyder du cyclohexane ou du cyclohexanone pour former un mélange de cyclohexanone ( $(CH_2)_5CO$ ) et de cyclohexanol ( $(CH_2)_5CHOH$ ). Ce mélange est ensuite oxydé à l'aide d'une solution d'acide nitrique à 5060 % en présence d'un catalyseur (p. ex. du vanadium ou du cuivre) pour former de l'acide adipique. Ce procédé donne du  $N_2O$  comme sous produit au cours de la seconde réaction d'oxydation, comme on le voit ci-dessous :



Les émissions de  $N_2O$  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:

$$\text{Émissions totales (t)} = \text{Émissions de N}_2\text{O DAP (t)} + \text{Émissions de N}_2\text{O non DAP (t)}$$

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:

$$\text{Émissions de N}_2\text{O DAP (t)} = (\text{Production(t)}) \times \left( \frac{0,3 \text{ t N}_2\text{O}}{\text{t d'acide adipique}} \right) \times (1 - \text{Efficacité de la destruction}) \times (\text{Ratio d'utilisation du DAP})$$

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:

$$\text{Émissions de N}_2\text{O non-DAP (t)} = (\text{Production(t)}) \times \left( \frac{0,3 \text{ t N}_2\text{O}}{\text{t d'acide adipique}} \right) \times (1 - \text{Ratio d'utilisation du DAP})$$

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 3539 % de N<sub>2</sub>O, lorsque le flux ne passe pas par le dispositif. Lorsque le dispositif est contourné, aucun N<sub>2</sub>O n'est éliminé et l'analyseur n'enregistre pas les émissions de N<sub>2</sub>O dans la cheminée (Cheminfo Services, 2006).

Les méthodes de calcul utilisées pour estimer les émissions pour les périodes 1990-1997 et 1998-2008 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 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 à toutes les années de la série chronologique. Comme on l'explique dans la section 4.2.2, 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

Il n'y a pas eu de nouveaux calculs importants des émissions de  $N_2O$  résultant de la production d'acide adipique.

### 4.9.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration spécifique à cette catégorie n'est actuellement prévue.

## 4.10. Sidérurgie (catégorie 2.C.1 du CUPR)

### 4.10.1. 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 CO ou en  $CO_2$ . 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  $CO_2$  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  $CO_2$  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).

### 4.10.2. Questions de méthodologie

Pour estimer les émissions de  $CO_2$  du secteur sidérurgique à l'échelon national, on s'est servi de la méthode de niveau 2 décrite dans les recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Grâce à cette méthode, on a suivi le sort du carbone tout au long des procédés de production, et on a calculé séparément les émissions résultant de la production de fer et de la production d'acier. L'équation suivante a servi à es-

timer les émissions de la production de gueuse de fonte :

#### Équation 4-7:

$$\text{Émission}_{\text{gueuse de fonte}} = (\text{Coefficient d'émission}_{\text{réducteur}} \times \text{masse de réducteur}) + (\text{masse de carbone dans le minerai} - \text{masse de carbone dans la gueuse de fonte}) \times \left(\frac{44}{12}\right)$$

où:

Émission <sub>gueuse de fonte</sub>	= émissions provenant de la production de gueuse de fonte
Coefficient d'émission <sub>réducteur</sub>	= 2,479 kt CO <sub>2</sub> /kt de coke utilisé (Jaques, 1992)
Masse de réducteur	= masse de coke métallurgique utilisé dans le procédé (kt)
Masse de carbone dans le minerai	= zéro, d'après le GIEC (2000) (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 des 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, et pour 2004-2006 : n° 41-019).

Les émissions attribuables à la production d'acier ont été estimées à l'aide de l'équation suivante :

#### Équation 4-8:

$$\text{Émission}_{\text{acier brut}} = \left[ (\text{masse de carbone de la gueuse de fonte utilisée pour produire l'acier brut} - \text{masse de carbone de l'acier brut}) \times \frac{44}{12} \right] + [\text{Coefficient d'émission}_{\text{FEA}} \times \text{Acier produit dans les FEA}]$$

où:

Émission <sub>acier brut</sub>	= emissions from crude steel production, kt
Masse de carbone de la gueuse de fonte utilisée pour produire de l'acier brut	= total pig iron charged to steel furnaces, kt x carbon content of pig iron
Masse de carbone de l'acier brut	= total steel production, kt x carbon content in crude steel, 1.25%
44/12	= ratio of the molecular weight of CO <sub>2</sub> to the molecular weight of carbon
Coefficient d'émission <sub>FEA</sub>	= emission factor for steel produced in EAFs, 0.005 kt CO <sub>2</sub> /kt steel
Acier produit dans les FEA	= the amount of steel produced in EAFs, kt

D'après l'Équation 4-8, la quantité d'émissions de CO<sub>2</sub> associées à la production d'acier est estimée en fonction de la différence entre la quantité de carbone utilisée dans la fabrication de l'acier et celle qui se trouve dans l'acier produit. Il faut souligner que la quantité de gueuse de fonte chargée dans les hauts fourneaux des aciéries (utilisée dans l'Équation 4-8 n'est pas égale à la production totale de gueuse de fonte (utilisée dans l'Équation 4-7).

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 et pour 2004-2008 n° 41-019). La valeur de la teneur en carbone de l'acier brut appliquée à l'équation était de 1,25 %, ce qui correspond au milieu de la plage par défaut du GIEC (0,5 % à 2 %). Le coefficient d'émission de l'acier produit dans les FEA, soit 5 kg de CO<sub>2</sub>/t d'acier (ou 0,005 kt CO<sub>2</sub> kt d'acier), était la valeur par défaut des recommandations du GIEC (GIEC, 2000).

Les émissions totales du secteur de la sidérurgie sont la somme de l'Équation 4-7 et de l'Équation 4-8 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 alors 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.

### 4.10.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie de la sidérurgie. On y a tenu compte des incertitudes associées à tous les paramètres utilisés dans 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 s'est établie entre  $\pm 5,8\%$  et  $\pm 6,4\%$ .

La provenance des données et la méthodologie utilisée

sont cohérentes sur toute la série chronologique.

### 4.10.4. 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.

### 4.10.5. Recalculs par catégorie

En raison d'une mise à jour des données sur les activités, l'estimation de 2007 a été recalculée. Comparativement à la valeur du rapport précédent, elle a augmenté de 25 % (ou 0,68 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>).

### 4.10.6. 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 sous la catégorie Autres productions indifférenciées ainsi que celles du secteur Énergie, pourraient donc être réallouées à la catégorie Sidérurgie.

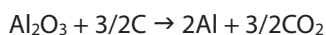
On prévoit utiliser la teneur en carbone propre au pays de la gueuse de fonte et de l'acier dans le prochain rapport d'inventaire.

## 4.11. Production d'aluminium (catégorie 2.C.3 du CUPR)

### 4.11.1. 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 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). 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 ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ). 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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  se forme à partir de la réaction électrolytique de l'anode de carbone avec l'alumine (voir ci-dessus), d'autres sources, notamment la cuisson des anodes précuites, peuvent contribuer à une partie (généralement inférieure à 10 %) des émissions totales de  $\text{CO}_2$  ne provenant pas du secteur de l'énergie. Les émissions provenant de la combustion de combustibles fossiles utilisés dans la production des anodes précuites sont traitées dans la section Énergie, mais celles découlant spécifiquement de la combustion des matières volatiles émises au cours de l'opération de cuisson et celles qui découlent de la combustion de matériau de garniture de four à cuisson sont comptabilisées dans la section Procédés industriels (GIEC, 2006).

En plus des émissions de  $\text{CO}_2$ , la fusion primaire de l'aluminium est une source importante de tétrafluorure de carbone ( $\text{CF}_4$ ) et d'hexafluorure de carbone ( $\text{C}_2\text{F}_6$ ). 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  $\text{CF}_4$ , et du  $\text{C}_2\text{F}_6$ , montrées plus bas, surviennent.



On peut réduire 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  $\text{CO}_2$ , du  $\text{CF}_4$  et du  $\text{C}_2\text{F}_6$ , une faible quantité de  $\text{SF}_6$  est également émise de par son utilisation comme gaz de couverture dans certaines alumineries qui produisent des alliages à forte teneur en magnésium aluminium (courriel de P. Chaput)<sup>8</sup>.

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

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

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.

### 4.11.2. 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, l'AAC a 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>. 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 4–9: Pour la consommation de l'anode préculée

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

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 4–10: Pour la consommation de l'anode Søderberg:

$$\text{Émission CO}_2 \text{ (t)} = \left[ \left( \text{CP} \times \text{PM} \right) - \left( \frac{\text{MSB} \times \text{PM}}{1000} \right) - \left( \frac{\% \text{TL}}{100} \times \text{CP} \times \text{PM} \times \frac{(\% S_p + \% \text{Cendres}_p + \% H_2)}{100} \right) - \left( \frac{(100 - \% \text{TL})}{100} \times \text{CP} \times \text{PM} \times \frac{(\% S_c + \% \text{Cendres}_c)}{100} \right) \right] \times \left[ \frac{44}{12} \right]$$

where:

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 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;

Préculée : 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) :



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	SGV : 4,0 kg/t Al SGH : 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.

Équation 4–11: Combustion de matières volatiles du brai:

$$\text{Émissions CO}_2 \text{ (t)} = (\text{PAB} - \text{PAC} - \text{PH} - \text{DG}) \times \left( \frac{44}{12} \right)$$

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 4–12: for Packing Coke:

$$\text{Émissions CO}_2 \text{ (t)} = \left[ \text{CCG} \times \text{PAC} \times \frac{(100 S_{cg} \text{ Cendres}_{cg})}{100} \right] \times \left[ \frac{44}{12} \right]$$

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 4–11 et de l'Équation 4–12 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 récente avec des représentants de l'industrie canadienne de l'aluminium (P. Chaput



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

et C. Dubois)<sup>9</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, 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 doublement 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 4–13: Équation de pente:

$$\text{Émissions PFC (t d'éq.CO}_2\text{)} = \frac{\text{pentexFEA} \times \text{DEA} \times \text{PM} \times \text{PRP}}{1000}$$

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 4–14: Méthode de surtension de Pechiney

$$\text{Émissions PFC (t d'éq.CO}_2\text{)} = \frac{\text{coefficient desurtension} \times \text{SEA} / \text{EC} \times \text{PRP} \times \text{PM}}{1000}$$

où:

coefficient de surtension	=	([kg PFC/t Al]/[mV/jour cellule])
SEA	=	surtension d'effet d'anode (mV/jour cellule)
EC	=	efficacité du courant du procédé de production d'aluminium, exprimée sous forme de pourcentage
PRP	=	potentiel de réchauffement planétaire pour le CF <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 étant de niveau 2 lorsque les coefficients par défaut

9 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 4-5 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	Coefficient 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

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 4-13 et de l'Équation 4-14. 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 (P. Chaput)<sup>10</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 certaines années, les paramètres par défaut indiqués au Tableau 4-4 et au Tableau 4-5 ci-dessus.

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).

### 4.11.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour ce sous-secteur 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'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

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

(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.

#### 4.11.4. 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.

#### 4.11.5. Recalculs par catégorie

Aucun nouveau calcul n'a été effectué dans le sous-secteur de la production d'aluminium.

#### 4.11.6. 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.

## 4.12. Production et moulage de magnésium (catégories 2.C.4.2 et 2.C.5.1 du CUPR)

### 4.12.1. 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 (courriel de J. Laperrière, 2004)<sup>11</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 2007, seulement sept usines étaient en service et utilisaient encore du SF<sub>6</sub>.

<sup>11</sup> Laperrière J. 2004. Communication personnelle (courriel de J. Laperrière à A. Au, DGES, daté du 27 octobre, 2004). Norsk Hydro.

## 4.12.2. Questions de méthodologie

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).

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 (courriel de J. Laperrière, 2006)<sup>12</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 (courriel de R. Katan, 2006), selon laquelle on comptabilise les achats livrés et les changements dans l'inventaire du SF<sub>6</sub> utilisé<sup>13</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 imputa-

bles 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 cinq des sept usines de moulage en service. En ce qui concerne les deux autres installations, on a présumé que leur consommation de SF<sub>6</sub> en 2008 n'avait pas changé par rapport à 2007.

La technique utilisée pour estimer les émissions imputables au moulage de magnésium pour 1990-2004 et 2008 est considérée comme une méthode modifiée de niveau 3, car elle repose sur la déclaration des données relatives aux émissions par chaque usine. La méthode utilisée est considérée comme étant de niveau 3 pour les années 2005-2007.

## 4.12.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée

<sup>12</sup> Laperrière J. 2006. Communication personnelle (courriel de J. Laperrière à A. Au, DGE5, daté du 4 octobre 2006). Norsk Hydro.

<sup>13</sup> Katan R. 2006. Communication personnelle (courriels de R. Katan à A. Au, DGE5, datés du 16 au 22 mars 2006). Timminco.

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.

#### 4.12.4. 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.

#### 4.12.5. Recalculs par catégorie

Aucun nouveau calcul n'a été effectué dans la catégorie de production et de moulage du magnésium.

#### 4.12.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration particulière de l'estimation des émissions de SF<sub>6</sub> imputables à la production et au moulage de magnésium au Canada n'est prévue pour le moment.

### 4.13. Production d'halocarbures (catégorie 2.E du CUPR)

#### 4.13.1. 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 HFC-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 (courriel de Y. Bovet, 2007).<sup>14</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 devraient avoir cessé le 1<sup>er</sup> janvier 2010 (HRAI, 2008).

### 4.13.2. 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 (courriel de Y. Bovet, 2007)<sup>15</sup>.

### 4.13.3. 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).

### 4.13.4. 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.

### 4.13.5. Recalculs par catégorie

Aucun recalcul n'a été effectué à l'égard de cette catégorie.

### 4.13.6. Améliorations prévues par catégorie

Aucune amélioration n'est actuellement prévue pour cette catégorie.

## 4.14. Consommation d'halocarbures (catégorie 2.F du CUPR)

Les hydrofluorocarbures (HFC) et, dans une mesure très limitée, les perfluorocarbures (PFC) servent de produits de remplacement des substances appauvrissant la couche d'ozone qui font l'objet d'une élimination aux termes du Protocole de Montréal. Les principaux champs d'utilisation des HFC et des PFC sont la réfrigération et la climatisation, l'extinction des incendies, les aérosols, le dégraissage aux solvants, l'injection de mousse et d'autres applications (notamment la fabrication de semi-conducteurs dans le cas des PFC).

Avant que l'interdiction de produire et d'utiliser des CFC n'entre en vigueur en 1996 dans la foulée du Protocole de Montréal, on produisait et utilisait très peu de HFC. Les seuls HFC produits étaient le HFC-152a, une composante du mélange frigorigène R-500, et le HFC-23, un sous-produit de la production de HCFC-22 (voir la section précédente). Ainsi, les émissions imputables à la consommation de HFC sont jugées négligeables pour la période 1990-1994. La production de HFC-134a a débuté en 1991, et on produit aujourd'hui divers autres HFC (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Tous les HFC consommés au Canada sont importés en vrac ou sous forme de produits (comme les réfrigérateurs). Il n'y a pas de production connue de HFC au Canada.

Les PFC servent surtout d'agents réfrigérants dans des segments de marché spécialisés et dans le domaine des essais de sécurité électronique. Cependant, les émissions

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



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.

#### 4.14.1. 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>15</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 2005–2008 ont été déclarées à la Division des GES sur une base volontaire. Au cours de ce processus de déclaration, la Division des GES a envoyé des demandes de données aux principaux importateurs de HFC en vrac ainsi qu'aux entreprises qui importent ou exportent des produits contenant des HFC. Plus de 80 % des entreprises sollicitées ont été en mesure de fournir leurs données. Lorsque les données sur l'importation et l'exportation de produits contenant des HFC d'une entreprise n'étaient pas disponibles, on a supposé que les quantités non déclarées étaient restées au niveau des années les plus récentes pour lesquelles on disposait de données. Étant donné qu'un des grands importateurs de HFC en vrac n'a pas fourni de données pour les années 2007 et 2008, on a 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. De plus, pour les années

1995 et 1999 à 2003, aucune donnée n'était disponible sur les quantités de HFC dans les produits importés et exportés, à l'exception des véhicules pour lesquels les quantités de HFC des années 1999 et en 2000 ont été fournies par la SUPAC. Pour 1995, on a présumé que les quantités de HFC dans les produits importés et exportés étaient nulles. Pour 1999–2003, on a présumé qu'elles étaient restées au même niveau qu'en 1998, de même que pour les véhicules importés et exportés en 2000.

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 PIB 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 1995–2008. 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 2005–2007 auprès des grands consommateurs de PFC. Plus de 50 % des entreprises sollicitées ont fait parvenir leurs données à la division, lesquelles ont servi à estimer les émissions. En ce qui concerne les entreprises pour lesquelles on ne disposait pas de données, on a présumé que l'utilisation des PFC était demeurée inchangée par rapport aux niveaux de

<sup>15</sup> Bovet Y. and Y. Guilbault. 2004–2006. Communications personnelles (courriels de Y. Bovet et de Y. Guilbault à A. Au, DGES, de 2004 à 2006). SUPAC.

2000. De plus, les entreprises qui ont fermé leurs portes ou cessé d'utiliser des PFC ont été répertoriées tout au long du processus, et les données d'activité correspondantes utilisées pour élaborer les estimations ont été corrigées en conséquence. Pour ce qui est de l'utilisation des PFC en 2008, on a supposé que les quantités étaient restées au niveau des années les plus récentes pour lesquelles on disposait de données.

#### 4.14.1.1. 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 4-15:

$$\text{HFC (réfrig)} = \text{charge} + \text{perte de fonctionnement}$$

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 :

$$\text{HFC (réfrig.)} = \text{charge} + 0,17(\text{charge}) = 1,17(\text{charge})$$

ou

$$\text{Charge} = \frac{\text{HFC (réfrig.)}}{1,17}$$

Si l'on présume que les fuites à l'assemblage sont minimales :

$$\text{Émission} = \text{perte de fonctionnement} = 0,17(\text{charge})$$

Ainsi,

Équation 4-16:

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

##### 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.

#### 4.14.1.2. Estimations des émissions de HFC de 1996 à 2008 et de PFC de 1995 à 2008

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 1996–2008 et de PFC pour 1995–2008.

##### Assemblage des systèmes de réfrigération et de climatisation

On a utilisé l'équation ci-dessous, qui se trouve dans les lignes directrices révisées du GIEC de 1996 (GIEC/OCDE/AIE, 1997) pour estimer les émissions durant l'assemblage de systèmes de réfrigération résidentiels et commerciaux et de systèmes de climatisation fixes et mobiles :

Équation 4–17:

$$E_{\text{assemblage}, t} = \text{Charge}_t \times k$$

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 :

Équation 4–18:

$$E_{\text{fonctionnement}, t} = \text{Stock}_t \times x$$

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

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	
Aux fins de l'estimation des HFC	Valeur de $k$ (%)	Aux fins de l'estimation des PFC	Valeur de $k$ (%)
Réfrigération résidentielle	2.0	Réfrigération (y compris à températures ultrabasses)	3.5
Réfrigération commerciale	3.5	Climatiseurs stationnaires	3.5
Climatiseurs stationnaires	3.5	Climatiseurs mobiles	4.5
Climatiseurs mobiles	4.5		

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	1.0	Réfrigération (y compris à températures ultrabasses)	17.0
Réfrigération commerciale	17.0	Climatiseurs stationnaires	17.0
Climatiseurs stationnaires	17.0	Climatiseurs mobiles	30.0
Climatiseurs mobiles	15.0		

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 2008, 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.

## 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 (1996-2008) et de PFC (1995-2007) imputables à l'injection de mousse. Les mousses sont regroupées en deux grandes catégories : les mousses à alvéoles ouvertes et les mousses à alvéoles fermées.

### *Injection de mousse à alvéoles ouvertes*

Lors de la production de mousses à alvéoles ouvertes, la totalité des HFC utilisés sont rejetés (GIEC/OCDE/AIE, 1997). On ne connaît aucun cas d'utilisation de PFC dans l'injection de mousse à alvéoles ouvertes. Les catégories de mousses à alvéoles ouvertes qui rejettent des HFC sont les suivantes :

- rembourrage - automobiles;
- rembourrage - autres;
- emballage - aliments;
- emballage - autres;
- autres utilisations des mousses.

### *Injection de mousse à alvéoles fermées*

Au cours de la production de mousses à alvéoles fermées, environ 10 % des HFC et des PFC utilisés sont rejetés (GIEC/ OCDE/AIE, 1997). La quantité résiduelle est piégée dans la mousse et rejetée lentement pendant environ 20 ans.

L'équation de niveau 2 du GIEC (voir ci-dessous) a servi à calculer les émissions des mousses à alvéoles fermées :

#### Équation 4-19:

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

où :

$E_{\text{mousse}, t}$	=	Émissions <sub>t</sub> provenant des mousses à alvéoles fermées au cours de l'année
$Q_{\text{té fabrication}, t}$	=	Quantité <sub>t</sub> 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 semi-conducteurs

Les PFC font l'objet de deux grandes utilisations dans l'industrie de fabrication des semi-conducteurs : la gravure au plasma des plaquettes de silicium et le nettoyage au plasma des chambres de métallisation sous vide.

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 4-20:

$$E_{SC} = E_{FC} + E_{CF_4}$$

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 4-21 ci-dessous)
$E_{CF_4}$	=	$CF_4$ émis comme produit dérivé au cours de l'utilisation des PFC (voir l'Équation 4-22)

### Équation 4-21:

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

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 of fluorocarbon $i$ destroyed in the fraction of fluorocarbure $i$ détruite dans le procédé $p$ par les dispositifs antipollution

et où les autres termes sont définis comme ci dessus.

On trouvera au Tableau 4-9 (IPCC, 2000) des valeurs par défaut des variables utilisées dans les équations.

### Équation 4-22:

$$E_{CF_4} = (1-h) \times \sum_p [B_{i,p} \times FC_{i,p} \times (1-a_{i,p} \times d_{i,p})]$$

où:

$B_{i,p}$	=	fraction de gaz $i$ transformé en $CF_4$ pour chaque type de procédé $p$
-----------	---	--

Étant donné qu'il n'existe aucune donnée sur les dispositifs antipollution de ces procédés, on a présumé que  $a_i$ ,



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

Procédé	Fractions des émissions par défaut du GIEC			
	CF <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>
(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	ND
B Gravure au plasma	NA	0.1	ND	NA
B Chambre de métallisation sous vide	NA	0.1	0.2	NA

Notes :

1. Niveau 2b du GIEC (2000).

ND = Non disponible.

$p$  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 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 électroniques 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 4–23:

$$E_{\text{ponctuelles}, t} = (k \times Q_{t,t}) + (x \times \text{Stock}_t) + (d \times Q_{t,t})$$

où

$E_{\text{ponctuelles}, t}$	=	émissions de sources ponctuelles
$Q_{t,t}$	=	quantité $t$ de PFC vendue pour l'utilisation ou la fabrication de sources ponctuelles au cours de l'année
$\text{Stock}_t$	=	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)

### 4.14.2. 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  $\pm 50\%$ .

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  $\pm 24\%$ .

#### 4.14.3. 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). Aucun problème d'importance n'a été décelé lors de ces contrôles.

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 consommation de PFC. Aucun problème d'importance n'a été décelé.

#### 4.14.4. Recalculs par catégorie

La mise à jour des données, la correction d'une erreur de calcul et l'obtention de nouvelles données ont entraîné de nouveaux calculs aux fins d'estimation des émissions de HFC en 2007. Par rapport aux estimations de 2007, celles du dernier rapport sont à la hausse de  $10,0\%$  (ou  $0,49\text{ Mt d'éq. CO}_2$ ).

Aucun nouveau calcul n'a été effectué pour la catégorie de la consommation de PFC.

#### 4.14.5. Améliorations prévues par catégorie

Pour la préparation de l'inventaire, les entreprises ont fourni des informations sur les coefficients d'émission attribuables à l'utilisation de HFC, mais il faudra assurer un suivi auprès de celles-ci afin d'obtenir des renseignements plus détaillés afin d'établir les coefficients d'émission des HFC propres au pays fondés sur des données solides.

L'organisme responsable de l'inventaire envisage actuellement de mettre au point un outil obligatoire de collecte de données qui serait utilisé dans l'avenir pour recueillir des données sur l'utilisation des HFC et PFC. Cet outil, on l'espère, améliorera le taux de réponse et diminuera l'incertitude qui entache les émissions. Enfin, on cherchera à acquérir un plus grand nombre de données sur les technologies de récupération et de recyclage mises en place pour l'élimination de matériel contenant des HFC.

### 4.15. Production et consommation de SF<sub>6</sub> (catégories 2.E et 2.F du CUPR)

#### 4.15.1. 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).

#### 4.15.2. Questions de méthodologie

Pour les émissions de SF<sub>6</sub> des équipements électriques :

Pour estimer les émissions de SF<sub>6</sub> imputables aux équipements électriques des services publics, on a eu recours à une méthode descendante, en présumant que tout le SF<sub>6</sub> acheté auprès des distributeurs de gaz remplaçait le SF<sub>6</sub> perdu par fuite.

Dans une étude menée par Cheminfo Services (2002) en vue d'examiner et d'évaluer les sources possibles d'émissions de SF<sub>6</sub> au Canada, plusieurs compagnies de services publics canadiennes ont déclaré que les nouveaux

équipements sont généralement livrés avec quelques bonbonnes de SF<sub>6</sub> fournies par le fabricant pour le chargement. La quantité de SF<sub>6</sub> achetée auprès des fabricants peut donc être faible par rapport à la quantité achetée auprès des distributeurs de gaz. C'est pourquoi on présume que la totalité du SF<sub>6</sub> vendu par ces derniers aux compagnies de services publics sert à remplir les équipements qui fuient et que le SF<sub>6</sub> fourni par les fabricants s'ajoute au nouveau stock et n'est pas rejeté.

Il s'agit d'une méthode de niveau 1 modifiée, car elle suit la logique de la méthode de niveau 1 en présumant que la totalité du SF<sub>6</sub> acheté aux distributeurs de gaz sert à remplacer le SF<sub>6</sub> perdu par fuite. Elle est dite « modifiée » parce qu'elle ne porte que sur les ventes de SF<sub>6</sub> des distributeurs de gaz (Cheminfo Services, 2005a).

La Division des GES a demandé aux distributeurs de gaz de présenter leurs données annuelles sur les ventes de SF<sub>6</sub> par segment de marché pour pouvoir appliquer cette méthode modifiée de niveau 1. Toutefois, on n'a recueilli des ensembles complets de données sur les ventes des grands distributeurs de gaz que pour la période de 1995 à 2000 inclusivement. D'autres méthodes ont été utilisées pour estimer les ventes de SF<sub>6</sub> au cours des autres années de la série chronologique pour lesquelles un grand distributeur n'a pas fourni de données. Par exemple, on a supposé que les estimations des ventes pour la période 1990-1994 étaient les mêmes qu'en 1995, comme l'a recommandé l'équipe d'examen composée d'experts pendant l'examen pancanadien de 2007. L'estimation des ventes pour la période de 2001 à 2008 est fondée sur les écarts entre les importations de SF<sub>6</sub> (données tirées de la base de données sur le commerce international de marchandises de Statistique Canada : [http://www.statcan.gc.ca/trade/scripts/trade\\_search.cgi](http://www.statcan.gc.ca/trade/scripts/trade_search.cgi)) et l'utilisation de SF<sub>6</sub> dans d'autres secteurs, tels que la production primaire et le moulage de magnésium, ainsi que les laboratoires et la production d'aluminium.

La Division des GES a recueilli des données sur les ventes de 2004 à 2008 auprès de certains des principaux distributeurs de gaz; elles ont servi à déterminer la répartition des ventes de SF<sub>6</sub> (en pourcentage) par segment de marché. On a ensuite multiplié les pourcentages de répartition par la valeur des importations totales afin d'estimer le montant des ventes aux petits utilisateurs de SF<sub>6</sub> de qui il était impossible de recueillir des données.

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 4-22 est inutile. Par conséquent,

#### Équation 4-24:

$$\text{Émissions de SF}_6 = (1 - h) \times [FC \times (1 - C) \times (1 - a \times d)]$$

où:

h	=	fraction de SF <sub>6</sub> qui reste dans le contenant d'expédition (talon) après usage (%)
FC	=	quantité 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 % (courriels de H. Rahal et A. Tardif, 2006).<sup>16</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 (Cheminfo Services, 2005a), on a présumé que la quantité vendue chaque année entre 1990 et 1994 était la même qu'en 1995. On a aussi présumé que les ventes annuelles entre 2001 et 2003 représentaient la valeur moyenne enregistrée entre 1995 et 2000. Pour estimer les quantités totales de SF<sub>6</sub> vendues aux fabricants de semi-conducteurs entre 2004 et 2008, on a multiplié les quantités de SF<sub>6</sub> importées (données tirées de la base de données sur le

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

commerce international de marchandises de Statistique Canada : [http://cansim2.statcan.gc.ca/cgi-win/cnsmcgi.pgm?Lang=F&CIMT\\_Action=Sections&ResultTemplate=CII\\_CIMT5](http://cansim2.statcan.gc.ca/cgi-win/cnsmcgi.pgm?Lang=F&CIMT_Action=Sections&ResultTemplate=CII_CIMT5) par le pourcentage de répartition des ventes aux fabricants de semi conducteur. 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.

### 4.15.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Une évaluation de l'incertitude de niveau 1 a été réalisée pour la catégorie des équipements électriques qui, il faut le souligner, ne portait que sur une année de la série chronologique (2007). Par conséquent, l'estimation des émissions des plus récentes années présenterait un degré d'incertitude similaire, tandis que les estimations qui remontent à une date plus éloignée afficheraient un degré d'incertitude différent. Dans son ensemble, l'incertitude pour cette catégorie a été estimée à  $\pm 32,0$  %.

On a également effectué une évaluation de niveau 1 de l'incertitude pour la catégorie de la fabrication de semi-conducteurs. Bien que l'évaluation ait tenu compte des incertitudes associées aux paramètres de l'Équation 4-1, 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.

Les sources des données et la méthodologie employée (à la fois pour les équipements électriques et la fabrication des semi-conducteurs) sont cohérentes tout au long de la série chronologique.

### 4.15.4. 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.

### 4.15.5. Recalculs par catégorie

La mise à jour des données d'activité a entraîné de nouveaux calculs aux fins d'estimation des émissions de SF<sub>6</sub> en 2007. Par rapport aux résultats présentés dans le rapport de 2007, l'estimation est plus élevée de 5,8 % (ou 0,07 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>).

L'estimation des émissions de SF<sub>6</sub> dues à la fabrication de semi-conducteurs en 2007 a fait l'objet de nouveaux calculs en raison d'une correction importante apportée aux données des ventes de SF<sub>6</sub> déclarées par un distributeur de SF<sub>6</sub>. En comparaison avec les résultats présentés dans le rapport de 2007, l'estimation affiche une baisse de 95,3 % (ou 0,031 Mt d'éq. CO<sub>2</sub>).

### 4.15.6. Améliorations prévues par catégorie

Le recueil des estimations relatives aux émissions de SF<sub>6</sub> directement des services publics afin de les inclure aux futurs inventaires de GES est une amélioration prévue à la catégorie des émissions de SF<sub>6</sub> attribuables à l'équipement électrique. Les estimations seront préparées par les services publics et soumises à la Division des GES conformément au protocole d'estimation et de déclaration des émissions de SF<sub>6</sub> récemment mis au point par la Division des GES et l'ACÉ. Elles seront incluses dans le prochain rapport. On effectuera également, en collaboration avec les services publics canadiens, une évaluation de l'incertitude relative aux nouvelles données d'émission.

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

### 4.16.1. 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 matières premières 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>.

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.

### 4.16.2. 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).

On trouvera à l'annexe 3 d'autres précisions sur la méthode de calcul utilisée.

### 4.16.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

On a également effectué une évaluation de niveau 1 de l'incertitude pour la catégorie des autres procédés et procédés indifférenciés, en prenant en compte les incertitudes associées aux données d'activité et aux coefficients d'émissions (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 provenance des données et la méthodologie utilisée sont cohérentes sur toute la série chronologique

### 4.16.4. 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.

### 4.16.5. Recalculs par catégorie

On a effectué un nouveau calcul des émissions de 2007 à la suite d'une mise à jour des données d'activité. Les émissions montrent une légère baisse de 2,3 % ou 0,30 Mt

d’éq. CO<sub>2</sub>) par rapport à l’estimation des émissions de l’inventaire précédent.

4

#### **4.16.6. Améliorations prévues par catégorie**

On prévoit d’allouer les émissions des produits pétroliers utilisés comme charge d’alimentation dans l’industrie pétrochimique à une nouvelle catégorie, la production pétrochimique, qui fera partie du sous-secteur des produits chimiques.



# Chapitre 5

## Utilisation de solvants et autres produits (secteur 3 du CUPR)

### 5.1. Aperçu

Bien que les Lignes directrices révisées du GIEC de 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 (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 0,33 Mt d'éq.-CO<sub>2</sub> dans l'inventaire national des GES de 2008, comparativement à 0,18 Mt d'éq.-CO<sub>2</sub> en 1990. Ces émissions représentaient 0,05 % du total des émissions canadiennes de GES en 2008.7. Les tendances des émissions, que ce soit à long terme (entre 1990 et 2007) ou à court terme (entre 2006 et 2007), étaient surtout 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).

Pour assurer l'exactitude des estimations, on a soumis ce secteur à des contrôles de qualité de niveau 1. 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, séché et liquéfié en vue de l'entreposage et de la distribution. La société Nitrous Oxide of Canada, établie à Maitland (Ontario), seul producteur connu de N<sub>2</sub>O comprimé pour la vente commerciale au Canada, fournit du N<sub>2</sub>O 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<sub>2</sub>O à un nombre relativement

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	2005	2006	2007	2008
Utilisation de solvants et autres produits (TOTAL)	170	180	320	320	330
Utilisation de N <sub>2</sub> O comme anesthésique	150	150	270	270	280
Utilisation de N <sub>2</sub> O comme propulseur	28	28	51	51	52



important de sous-distributeurs. On estime qu'il pourrait y avoir au Canada entre 9000 et 12 000 clients utilisateurs finaux de N<sub>2</sub>O, qui sont notamment des cabinets dentaires, des cliniques, des hôpitaux et des laboratoires (Cheminfo Services, 2006).

Le N<sub>2</sub>O 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<sub>2</sub>O 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 semiconducteurs. Selon les distributeurs interrogés au cours de la récente étude, environ 82 % de leur volume de ventes de N<sub>2</sub>O 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<sub>2</sub>O, seules les deux plus importantes sont des sources d'émissions. Quand le N<sub>2</sub>O sert d'anesthésique, environ 97,5 % du gaz n'est pas métabolisé et 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<sub>2</sub>O sert d'agent propulseur, on estime seulement les émissions dues à son emploi dans les contenants de crème fouettée, car les quantités de N<sub>2</sub>O 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<sub>2</sub>O est entièrement rejeté dans l'atmosphère (Cheminfo Services, 2006).

### 5.1.2. Questions de méthodologie

Les estimations des émissions de N<sub>2</sub>O 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 de 1996 (GIEC/OCDE/

AIE, 1997). Comme il était pratiquement impossible de recueillir des données auprès de tous les utilisateurs finaux de N<sub>2</sub>O, 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<sub>2</sub>O 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. De plus, un questionnaire portant sur les volumes des ventes par segment de marché a été envoyé à chacun des distributeurs de N<sub>2</sub>O, mais ces sociétés n'ont pas fourni l'ensemble des données antérieures demandées. En ce qui a trait aux données de 2006-2008, les demandes ont été directement soumises par la Division à la NOC et aux distributeurs de ce gaz, afin que ceux-ci lui fournissent les données pertinentes.

Faute de séries complètes de données couvrant la période de 1990 à 2008, on a utilisé les données sur les ventes intérieures de la production canadienne, fournies par la NOC, et les données sur les importations de N<sub>2</sub>O, achetées de la base de données de Statistique Canada sur le commerce des denrées<sup>2</sup>, pour estimer le volume total des ventes intérieures (ou la consommation) de N<sub>2</sub>O 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 2006-2008 a été le même que pour 2005, ce qui a été confirmé en 2006 (Cheminfo 2006). Pour calculer les quantités de N<sub>2</sub>O vendues pour servir comme anesthésique et comme agent propulseur, on a multiplié le total des ventes intérieures par le pourcentage de chacune de ces applications d'après le profil des ventes.

Pour estimer les émissions attribuables à l'emploi du N<sub>2</sub>O comme anesthésique au niveau national, on a multiplié la quantité de N<sub>2</sub>O vendue à cette fin par un coefficient de 97,5 %, décision justifiée, comme il est mentionné dans la description de la catégorie de source, par le fait qu'environ 97,5 % du N<sub>2</sub>O n'est pas métabolisé et est émis

<sup>1</sup> Le N<sub>2</sub>O 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.

<sup>2</sup> Disponible à l'adresse : [http://www.statcan.gc.ca/trade/scripts/trade\\_search.cgi/f\\_](http://www.statcan.gc.ca/trade/scripts/trade_search.cgi/f_)

dans l'air exhalé par le patient. Veuillez noter que ce même coefficient a été employé par l'Agence de protection de l'environnement (APE) des États-Unis.

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 proviennent des publications n 91-213 et n 91-215 de Statistique Canada, dans le cas des périodes de 1990 à 2000, et de 2001 à 2008 respectivement.

Les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques (GIEC, 2000) n'abordent pas l'estimation des émissions de N<sub>2</sub>O.

### 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 +/- 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, surtout au cours des dernières années, puisque les sources de données et les méthodes utilisées sont demeurées les mêmes.

### 5.1.4. AQ/CQ et vérification

Le secteur visé par cette étude 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

Les estimations des émissions pour ce secteur n'ont pas fait l'objet de nouveaux calculs.

### 5.1.6. Améliorations prévues

La première amélioration consistera à utiliser les données antérieures sur la production de N<sub>2</sub>O qui nous ont été fournies récemment au cours de l'exécution du prochain inventaire. De plus, on pourrait appliquer la valeur par défaut du taux d'émission de 100 %, tel que recommandé dans les Lignes directrices du GIEC de 2006, dans le cas de l'utilisation du N<sub>2</sub>O comme anesthésique. Finalement, on examinera le profil d'utilisation du N<sub>2</sub>O en se servant des données et des intrants qui seront fournis par les distributeurs de gaz.

# Chapitre 6

## Agriculture (secteur 4 du CUPR)

### 6.1. Aperçu

Parmi les sources d'émission de l'agriculture figurent les émissions de méthane ( $\text{CH}_4$ ) et d'oxyde de diazote ( $\text{N}_2\text{O}$ ) imputables à l'élevage des animaux – à savoir la fermentation entérique ( $\text{CH}_4$ ) et la gestion des fumiers ( $\text{N}_2\text{O}$  et  $\text{CH}_4$ ) – et le  $\text{N}_2\text{O}$  libéré par les sols agricoles. Les émissions et les absorptions de  $\text{CO}_2$  par les terres agricoles sont déclarées dans le secteur ATCATF, dans la catégorie des terres cultivées (voir le chapitre 7).

Les émissions totales de GES du secteur agricole canadien se sont chiffrées à 48 Mt d'éq.  $\text{CO}_2$  en 1990, et à 62 Mt d'éq.  $\text{CO}_2$  en 2008 (Tableau 6-1). Il s'agit d'une augmentation de 29 % entre 1990 et 2008, engendrée principalement par l'expansion des populations de porcs et de bovins de boucherie depuis 1990 (29 % et 25 %, respectivement) et par l'augmentation de l'utilisation d'engrais azotés synthétiques (60 %).

Depuis 2005, on n'a observé aucune augmentation ou diminution significative du total des émissions, puisque l'augmentation des émissions liées à l'utilisation d'engrais azotés est compensée par une réduction des émissions liées à l'élevage d'animaux (fermentation entérique et gestion des fumiers, tableau 6-1).

Dans ce rapport, les modifications au secteur de l'agriculture sont constituées de mises à jour relatives à la consommation d'engrais azotés synthétiques pour 2007. Ces modifications ont entraîné un nouveau calcul global à la hausse des émissions d'environ 1,6 Mt d'éq.  $\text{CO}_2$  ou 2,6 % pour 2007 pour le secteur de l'agriculture.

La fixation de l'azote biologique ( $\text{N}_2$ ) par l'association légumineuses-rhizobium est considérée comme inexistante. Cette décision est étayée par la conclusion de Rochette et

Janzen (2005) (qui se reflète dans les Lignes directrices du GIEC de 2006) selon laquelle rien ne prouve que des quantités mesurables de  $\text{N}_2\text{O}$  soient émises durant le processus de fixation de l'azote. Les émissions de méthane issues de la riziculture, quant à elles, sont inexistantes au Canada. L'incinération des résidus agricoles dans les champs n'a pas encore été estimée pour ce rapport, mais cette donnée sera incluse dans le prochain rapport annuel. Le brûlage dirigé des savanes n'est pas une pratique au Canada. Enfin, les émissions de GES imputables à la combustion de combustibles à la ferme sont incluses dans le secteur de l'énergie (chapitre 3).

Pour chaque catégorie de source d'émission, ce rapport donne une brève 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 la section A3.3.

Le comité d'examen a soulevé certaines questions au cours de l'examen du rapport 2009 du Canada. Le Tableau 1-2 donne de l'information sur les mesures prises pour répondre aux préoccupations des examinateurs.

### 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 canadien, 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. 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 produisant du  $\text{CH}_4$  par fermentation entérique sont également élevés, tels que les buffles, les chèvres, les chevaux, les lamas/alpagas et les moutons; cependant, les populations de ces animaux sont générale-

Tableau 6-1 Évolution à court et à long terme des GES dans le secteur de l'agriculture<sup>1</sup>

Catégorie de source de GES		Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )				
		1990	2005	2006	2007	2008
<b>Agriculture - TOTAL</b>		<b>48 000</b>	<b>62 000</b>	<b>61 000</b>	<b>61 000</b>	<b>62 000</b>
Fermentation entérique		17 000	24 000	23 000	23 000	22 000
—CH <sub>4</sub>	Bovins laitiers	2 700	2 500	2 500	2 400	2 600
	Bovins de boucherie <sup>2</sup>	14 000	20 000	20 000	19 000	19 000
	Autres <sup>3</sup>	610	1 100	1 100	1 000	1 000
Gestion des fumiers		6 000	8 100	8 000	7 800	7 500
—CH <sub>4</sub>	Bovins laitiers	570	530	520	510	550
	Bovins de boucherie <sup>2</sup>	700	890	860	840	830
	Porcs	1 100	1 600	1 600	1 500	1 300
	Volailles	72	92	92	92	92
	Autres <sup>4</sup>	23	37	37	37	37
—N <sub>2</sub> O	Tous les types d'animaux	3 500	5 000	4 900	4 800	4 700
Sols agricoles (N <sub>2</sub> O)		26 000	30 000	30 000	31 000	32 000
Sources directes		14 000	15 000	15 000	16 000	17 000
	Engrais azotés synthétiques	5 900	7 000	7 100	8 100	8 500
	Fumier épandu comme engrais	1 900	2 300	2 300	2 200	2 200
	Décomposition des résidus de récolte	4 800	5 200	5 400	5 200	6 200
	Travail des sols organiques	63	63	63	63	63
	Méthodes conservatrices <sup>5</sup>	-300	-900	-860	-950	-1 200
	Jachère	1 300	800	700	690	740
	Irrigation	280	350	340	350	390
Fumiers des pâturages, grands parcours et enclos		2 600	4 100	4 000	3 900	3 800
Sources indirectes		9 100	11 000	11 000	11 000	12 000

## Notes :

1. Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.
2. « Bovins de boucherie » inclus les génisses laitières.
3. « Autres », fermentation entérique, comprend : buffles, chèvres, chevaux, agneaux, lamas/alpagas, moutons et porcs.
4. « Autres », gestion des fumiers, comprend : buffles, 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 conservatrices de travail des sols.

Tableau 6-2 Propositions d'amélioration du comité d'examen pour le rapport 2009 du Canada et mesures prises dans le rapport 2010.

Proposition du comité d'examen pour le rapport 2009	Mesures prises dans le rapport 2010
Signaler les émissions de CH <sub>4</sub> provenant des mules et des ânes.	Le Canada déclare que les émissions liées aux mules, aux ânes et aux chameaux n'existent pas, ce qui confirme que les mules et les ânes ne sont pas élevés à des fins commerciales au Canada.
Examiner et expliquer les raisons justifiant les faibles valeurs moyennes de l'apport énergétique brut pour les bovins non laitiers qui sont estimées par le Canada	La méthode utilisée pour calculer l'apport énergétique brut dans le CUPR a été révisée et les corrections apportées aux calculs ont été intégrées dans la base de données. Les valeurs de l'apport énergétique brut sont déclarées correctement cette année.
Fournir une description détaillée sur la façon dont les SGF sont répartis par régions	Le tableau A3-11 de l'annexe 3.3 offre une description plus détaillée des différences régionales sur le plan des systèmes de gestion des fumiers (SGF).
Mettre à jour l'analyse de l'incertitude à l'aide des plus récentes données d'inventaire.	Une analyse de l'incertitude mise à jour a été intégrée dans le processus d'amélioration planifié du Canada, et elle sera incluse dans le rapport 2011.

ment 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. Une étude nationale de Boadi et al. (2004) a caractérisé la population de bovins du Canada selon le type d'animal, l'état physiologique, l'âge, le sexe, le poids, le taux de gain de poids, le niveau d'activité et l'environnement de production. Ces données ont été obtenues par consultation de spécialistes des bovins de boucherie et des bovins laitiers dans tout le pays. Les améliorations apportées aux troupeaux qui ont mené à des augmentations de la production laitière et de la teneur en matière grasse chez les bovins laitiers au cours de la période 1990-2008 se reflètent dans les estimations de niveau 2 de la consommation énergétique brute et entraînent une augmentation graduelle des coefficients d'émissions de CH<sub>4</sub> pour cette catégorie d'animaux. Chez les bovins de boucherie, les améliorations apportées aux troupeaux ont mené à une augmentation du poids corporel à la maturité; ces améliorations ont aussi eu une incidence sur la consommation énergétique brute et elles ont entraîné une augmentation des coefficients d'émissions pour la série chronologique 1990-2008 (voir le tableau A1 6, annexe 3.3).

Pour les espèces non animales, les émissions de CH<sub>4</sub>

Tableau 6–3 Catégories animales et sources de données sur les cheptels

Catégories	Sources/notes
Bovins —Bovins laitiers —Bovins non laitiers	Données téléchargées du tableau 003 0032 de CANSIM <sup>1</sup> en octobre 2009 Vaches laitières Tous les autres bovins
Buffles	Statistique Canada. 2008. Espèces alternatives de bétail sur les fermes au Canada Canada et les provinces 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006 #23 502 X
Moutons et agneaux	Données téléchargées du tableau 003 0034 de CANSIM en octobre 2009
Chèvres et chevaux	Statistique Canada. 2008. Espèces alternatives de bétail sur les fermes au Canada Canada et les provinces 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006 #23 502 X
Lamas et alpagas	Statistique Canada. 2008. Espèces alternatives de bétail sur les fermes au Canada Canada et les provinces 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006 #23 502 X
Mules et ânes	Non élevés à des fins commerciales au Canada
Porcs	Tous les porcs Données téléchargées du tableau 003 0034 de CANSIM en octobre 2009
Volailles	Données sur les exploitations et les exploitants agricoles (section 6.5, numéro de publication 95 629 de Statistique Canada [Statistique Canada 2007a]) Données historiques choisies du Recensement de l'agriculture sur le Canada et les provinces : années de recensement de 1976 à 2006 (tableau 2.16 et section 4.6 de la publication n° 95 632 de Statistique Canada) (Statistique Canada 2007b)

<sup>1</sup> CANSIM est la base de données en ligne de Statistique Canada contenant les statistiques canadiennes les plus à jour.



imputables à la fermentation entérique continuent d'être estimées à l'aide de la méthode de niveau 1 du GIEC. Les volailles sont exclues des estimations de la fermentation entérique, étant donné qu'il n'y a pas de coefficients d'émission disponibles.

Les données d'activité, qui consistent en populations d'animaux pour chaque catégorie et sous-catégorie, par province, ont été obtenues de Statistique Canada (Tableau 6-3). 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 catégories importantes d'animaux.

### 6.2.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Pour déterminer le degré d'incertitude dû aux émissions de CH<sub>4</sub> imputables à la fermentation entérique, on a utilisé la technique de Monte Carlo en s'appuyant sur la méthode de niveau 2 du GIEC (Hutchinson et al., 2007). Le degré d'incertitude dû aux cheptels est considéré comme relativement faible, puisqu'il est de l'ordre de  $\pm 1$  % pour les volailles,  $\pm 2$  % pour les moutons et les agneaux,  $\pm 3$  % pour les bovins laitiers,  $\pm 5$  % pour les bovins non laitiers,  $\pm 10$  % pour les porcs et  $\pm 15$  % pour les chevaux et les chèvres. Le degré d'incertitude lié aux coefficients d'émission de niveau 2 du GIEC pour les bovins va de  $\pm 5$  % pour les vaches laitières à  $\pm 17$  % pour les bouvillons (Boadi et al., 2004). Les degrés d'incertitude liés aux coefficients d'émission tirés des méthodes par défaut de niveau 1 du GIEC pour les catégories d'espèces non bovines ont été estimés à  $\pm 20$  % (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

Deux problèmes ayant une incidence sur les calculs de la série chronologique ont été soulevés dans la base de données du secteur de l'agriculture mais n'ont pas été corrigés à temps pour le rapport 2010.

Tout d'abord, sur le plan des données chronologiques pour le gras du lait au Québec, le pourcentage (%) de gras a été utilisé comme entrée dans l'équation 4.5a des *Recommandations du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux*, alors que l'unité pour ce calcul devrait être des kg jour<sup>-1</sup>. Cette erreur entraîne une sous-estimation des émissions du Québec d'environ 10 à 15 % pour la période de 1990 à 1998

et de 2 à 3 % pour les émissions nationales. Cette erreur modifie la tendance en diminuant les émissions de 1990 à 1998 provenant de l'agriculture par rapport aux émissions de 2008.

Ensuite, des incohérences ont été notées dans la mise en œuvre des équations 4.3a et 4.4b des *Recommandations du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux* utilisées pour calculer la mobilisation énergétique nette (NE<sub>mob</sub>, voir l'équation A3-2 à l'annexe 3.3) en raison de la perte de poids durant la lactation. Ces incohérences ont entraîné une diminution approximative de la consommation énergétique brute de 5 à 15 % pour la série chronologique 1990-2007 (voir les équations A3-2 et A3-3 de l'annexe 3.3), ce qui a mené à une réduction du coefficient d'émission pour les bovins en lactation. Des enquêtes préliminaires suggèrent que les émissions imputables à la fermentation entérique et à la gestion des fumiers pourraient avoir été sous-estimées de 1 à 4 % de 1990 à 2007, mais cela n'a aucune incidence sur la tendance. Ces incohérences ont été corrigées pour le calcul des estimations d'émissions pour 2008, mais elles n'ont pas été corrigées pour la série chronologique 1990-2007.

### 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 au guide 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).

Une recherche portant sur la mesure directe à la ferme des émissions de CH<sub>4</sub> imputables à la fermentation entérique est actuellement en cours au Canada. Les chercheurs canadiens ont adopté une technique des traceurs pour mesurer les émissions de CH<sub>4</sub> imputables aux bovins en pacage en utilisant le SF<sub>6</sub> (McCaughy et al. 1997, 1999; Boadi et Wittenberg 2002; Boadi et al. 2002a, 2002b; McGinn et al. 2004, 2006; Beauchemin et McGinn 2005). Ces études seront compilées et comparées par rapport aux coefficients d'émission de niveau 2 propres au pays.



### 6.2.5. Recalculs

Toutes les sources de données étaient cohérentes comparativement au rapport 2009. Aucun nouveau calcul n'a été fait pour la série chronologique 1990-2007.

### 6.2.6. Améliorations prévues

Les calculs de la contribution de l'énergie nette à l'équilibre de l'énergie brute, en raison de la perte de poids durant la lactation chez les bovins de boucherie et les bovins laitiers, seront corrigés pour la série chronologique 1990-2007. Des consultations sont en cours avec des experts nationaux afin de passer en revue les données actuellement utilisées dans le modèle canadien de niveau 2 pour le poids vif, la perte de poids et le gain de poids qui doivent être pris en compte au moment de calculer la mobilisation énergétique nette ( $NE_{mob}$ ) en raison de la perte de poids. Une fois ces consultations terminées, la série chronologique sera corrigée à l'aide des données et méthodes appropriées.

Les analyses de l'incertitude de niveau 2 seront mises à jour en tenant compte des méthodes améliorées et des nouvelles sources de données.

Tel que noté dans le rapport 2009, selon la méthodologie actuelle, l'énergie digestible par espèce animale reste stable dans le temps et correspond aux rations alimentaires de 2001. Des consultations sont en cours avec des experts nationaux en élevage d'animaux afin d'évaluer la possibilité d'élaborer une série chronologique qui tienne compte des changements de la digestibilité des rations alimentaires. Si possible, cette amélioration sera incorporée à moyen ou à long terme.

## 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 les systèmes liquides, le stockage du fumier solide et du fumier sec, les pâturages et enclos, ainsi que certains autres systèmes comme les composteurs et les biodigesteurs. Aucun fumier n'est brûlé comme combustible.

L'élevage d'animaux varie d'une région à l'autre, tout comme les pratiques de gestion des fumiers. 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 buffles, les chèvres, les chevaux, les lamas/alpagas et les moutons consistent généralement en des installations de moyenne densité produisant principalement du fumier solide.

Du  $CH_4$  et du  $N_2O$  sont libérés pendant la manutention et l'entreposage des fumiers. L'ampleur des émissions dépend de la quantité de fumier manipulée, de ses propriétés et du type de SGF utilisé. En général, les SGF à faible aération émettent beaucoup de  $CH_4$  mais relativement peu de  $N_2O$ , alors que les systèmes bien aérés émettent beaucoup de  $N_2O$  et relativement peu de  $CH_4$ .

### 6.3.1. Émissions de $CH_4$ imputables à la gestion des fumiers (catégorie 4.B (a) du CUPR)

#### 6.3.1.1. Description de la catégorie de source

Le processus de décomposition du fumier commence peu après son excrétion. Dans des conditions bien aérées, la décomposition est un procédé d'oxydation produisant du  $CO_2$ ; cependant, s'il y a peu d'oxygène, le carbone est réduit, ce qui entraîne la production de  $CH_4$ . La quantité de  $CH_4$  produit varie en fonction des caractéristiques du fumier et du type de SGF. Les caractéristiques du fumier sont quant à elles liées aux types d'animaux et à leur alimentation.

#### 6.3.1.2. Questions de méthodologie

On calcule les émissions de méthane imputables à la gestion des fumiers pour chaque catégorie et sous-catégorie d'animaux en multipliant la population par le coefficient d'émission correspondant (pour plus de détails sur la méthodologie, voir l'annexe 3.3). Les données sur les cheptels sont les mêmes que celles qui ont été utilisées pour estimer les émissions imputables à la fermentation entérique (section 6.2.2). Une moyenne nationale a été utilisée pour quantifier la distribution des différents types de SGF pour

chaque catégorie d'animaux, et cette moyenne provient de Marinier et al. (2004) pour toutes les provinces sauf la Colombie-Britannique. La distribution des SGF provient de Marinier et al. (2005) puisque les experts provinciaux ont considéré que ces données reflètent mieux leurs systèmes d'élevage et leur climat. La section A3.1.4.4 de l'annexe 3.3 présente une description plus approfondie du calcul du facteur de distribution pour les SGF.

Les coefficients d'émission de méthane imputables à la gestion des fumiers sont estimés à l'aide de la méthode de niveau 2 du GIEC. Ils sont tirés d'une étude de Marinier et al. (2004), avec des mises à jour concernant le potentiel de production de CH<sub>4</sub> (B<sub>0</sub>) et les facteurs de conversion du CH<sub>4</sub> (FCM), suivant les lignes directrices de 2006 du GIEC. Pour les bovins laitiers et de boucherie, les solides volatils ont été estimés à l'aide de l'équation 4.16 des *Recommandations en matière de bonnes pratiques*. Les mêmes caractéristiques bovines que celles utilisées dans la méthode de niveau 2 pour la fermentation entérique élaborée par Boadi et al. (2004) ont été utilisées pour calculer la consommation énergétique brute. L'énergie digestible (ED) et le contenu en cendres proviennent de Marinier et al. (2004) qui ont compilé des données provenant de consultations auprès d'experts. L'augmentation des coefficients d'émissions dans le temps 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 d'une augmentation du poids vif. Pour les espèces non bovines, les solides volatils ont été calculés à partir de consultations auprès d'experts (Marinier et al. 2004).

### 6.3.1.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Pour déterminer le degré d'incertitude dû aux émissions de CH<sub>4</sub> imputables à la gestion des fumiers, on a utilisé une technique de Monte Carlo en s'appuyant sur la méthode de niveau 2 du GIEC (Hutchinson et al., 2007).

Le degré d'incertitude lié aux cheptels est considéré comme étant identique à la catégorie de la fermentation entérique, puisqu'il est de l'ordre de  $\pm 1$  % pour les volailles,  $\pm 2$  % pour les moutons et les agneaux,  $\pm 3$  % pour les bovins laitiers,  $\pm 5$  % pour les bovins non laitiers,  $\pm 10$  % pour les porcs et  $\pm 15$  % pour les chevaux, les chèvres et les lamas. Le degré d'incertitude dû à l'incorporation de l'énergie brute pour les bovins va de  $\pm 5$  % pour les vaches laitières à  $\pm 17$  % pour les bouvillons (Boadi et al., 2004). Les incertitudes associées au FCM et au B<sub>0</sub> pour différen-

tes catégories d'animaux correspondent aux valeurs par défaut du GIEC (2006), et l'incertitude reliée aux systèmes de distribution du fumier a été calculée par Marinier et al. (2004). Les incertitudes associées aux coefficients d'émission de niveau 2 du GIEC variaient de  $\pm 26$  % pour les vaches de boucherie à  $\pm 50$  % pour la volaille (Marinier et al., 2004). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des émissions de 1990 à 2007 ont été estimés respectivement à  $\pm 29$  % et  $\pm 23$  % (Hutchinson et al., 2007).

Tel que noté dans la section sur la fermentation entérique (section 1.2.3), des problèmes ont été décelés dans la mise en œuvre des équations 4.3a et 4.4b des *Recommandations du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux*. Le calcul de la consommation énergétique brute modifie directement le calcul des solides volatils, ce qui en retour a une incidence sur le coefficient d'émission de CH<sub>4</sub> pour la gestion du fumier de certaines sous-catégories de bovins. Ainsi, on estime que les émissions pour la période de 1990 à 2007 sont surestimées d'environ 0,5 à 2 %. Comme c'était le cas dans la catégorie de la fermentation entérique, ces incohérences ont été corrigées pour le calcul des estimations pour 2008, mais elles n'ont pas été corrigées pour la série chronologique 1990-2007.

### 6.3.1.4. AQ/CQ et vérification

Les émissions de CH<sub>4</sub> 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 les détails et les références à 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 (N. Patni et R. Desjardins, Agriculture et Agroalimentaire Canada). Ces documents ont été archivés sur supports papier et électronique.

### 6.3.1.5. Recalculs

Toutes les sources de données étaient cohérentes comparativement au rapport 2009. Aucun nouveau calcul n'a été fait pour la série chronologique 1990-2007.

### 6.3.1.6. Améliorations prévues

Tel que noté à la section 1.2.6, les incohérences établies dans les équations pour calculer la consommation énergétique brute seront corrigées dans la série chronologique 1990-2007.

Une moyenne canadienne pondérée est actuellement utilisée pour la distribution des SGF (pour chaque type et catégorie d'animal). Marinier et al. (2005) ont fourni des estimations pour la distribution des SGF pour les régions canadiennes. Afin d'améliorer la description des systèmes régionaux de gestion du fumier, ces renseignements seront intégrés dans la base de données du secteur de l'agriculture.

Les analyses de l'incertitude de niveau 2 seront mises à jour en tenant compte des méthodes améliorées et des nouvelles sources de données.

Tel qu'indiqué à la section 1.2.6, la possibilité d'incorporer une série chronologique pour l'énergie digestible utilisée dans le calcul des solides volatils est considérée à moyen ou à long terme.

## 6.3.2. Émissions de N<sub>2</sub>O 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<sub>2</sub>O 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<sub>4</sub><sup>+</sup>) en nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), et la dénitrification est la réduction de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en N<sub>2</sub>O ou en N<sub>2</sub>. En général, la quantité de N<sub>2</sub>O produite augmente avec le degré d'aération des fumiers. 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<sub>2</sub>O. Les émissions d'oxyde de diazote imputables au fumier produit sur les pâturages et les grands parcours par les animaux au pâturage et dans les enclos sont déclarées dans une catégorie distincte (voir Fumier produit sur les pâturages, dans les grands parcours et dans les enclos, section 6.4.2).

### 6.3.2.2. Questions de méthodologie

Très peu de données ont été publiées sur les émissions de N<sub>2</sub>O imputables aux SGF au Canada. Pour estimer les émissions de N<sub>2</sub>O imputables à la gestion des fumiers, on utilise la méthode de niveau 1 du GIEC. Les émissions sont calculées, pour chaque catégorie d'animal, en multipliant la population d'une catégorie donnée par son taux d'excrétion d'azote et par le coefficient d'émission associé au 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<sub>4</sub> 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 du fumier perdue par lixiviation et volatilisation de NH<sub>3</sub> et de NO<sub>x</sub> est rajustée 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<sub>2</sub>O 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<sub>2</sub>O pour chaque type de SGF.

### 6.3.2.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les incertitudes dues aux estimations des émissions de N<sub>2</sub>O imputables à la gestion des fumiers découlent des incertitudes entachant les estimations des cheptels provenant du *Recensement de l'agriculture*, et elles sont de l'ordre de ±1 % à environ ±15 %, comme on l'a vu dans les sections 6.2.3 et 6.3.1.3. Les incertitudes liées aux taux d'excrétion d'azote sont de ±20 % (GIEC, 2006), aux types de SGF, de ±20 % (Marinier et al., 2004), et aux coefficients d'émission, de ±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 ±25 % et ±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 (1990-2008).

#### 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 les détails et les références à 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.

#### 6.3.2.5. Recalculs

Toutes les sources de données étaient cohérentes comparativement au rapport 2009. Aucun nouveau calcul n'a été fait pour la série chronologique 1990-2007.

#### 6.3.2.6. Améliorations prévues

Au Canada, il existe peu de données sur les mesures directes des émissions de  $N_2O$  dues à la gestion des fumiers. Grâce aux récents progrès des techniques analytiques, on peut mesurer directement les émissions de  $N_2O$  de sources ponctuelles. Toutefois, il faudra sans doute plusieurs années avant que les émissions de  $N_2O$  des divers SGF au Canada puissent être mesurées et vérifiées de façon fiable.

### 6.4. Émissions de $N_2O$ des sols agricoles (catégorie 4.D du CUPR)

Les émissions de  $N_2O$  des sols agricoles englobent les émissions directes et indirectes de même que les émissions imputables au fumier déposé sur les pâturages, dans les grands parcs et dans les enclos. Les émissions de  $N_2O$  imputables aux apports anthropiques d'azote proviennent directement des sols auxquels l'azote est ajouté et, indirectement : (i) de la volatilisation de l'azote des engrais synthétiques et du fumier en  $NH_3$  et  $NO_x$  et son dépôt subséquent en dehors des sites; (ii) du lessivage et du ruissellement d'engrais synthétique, de fumier et de résidus de récoltes renfermant de l'azote. Les changements de pratiques de gestion et de rotation des cultures, comme la jachère, le travail du sol et l'irrigation, peuvent également avoir une incidence sur les émissions directes de  $N_2O$  en modifiant le processus de décomposition de la matière organique, ainsi que la minéralisation subséquente d'azote organique, qui peut ensuite subir la nitrification et la dénitrification.

### 6.4.1. Émissions directes de $N_2O$ des sols (catégorie 4.D.1 du CUPR)

Les sources directes de  $N_2O$  dans les sols sont les engrais azotés synthétiques, le fumier utilisé comme engrais, les résidus de récolte en décomposition et la matière organique du sol en décomposition, selon les pratiques de travail du sol, de jachère, d'irrigation et de culture d'histosols.

#### 6.4.1.1. Engrais azotés synthétiques

##### 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 émettent du  $N_2O$ . Les coefficients d'émissions dus à l'épandage d'engrais dépendent de nombreux facteurs, comme les types de cultures, les types de sols, le climat et d'autres conditions ambiantes (Gregorich et al. 2005; Rochette et al. 2008b).

##### Questions de méthodologie

Comme on l'explique en détail à la section A3.3, le Canada a conçu une méthode de niveau 2 propre au pays pour estimer les émissions de  $N_2O$  imputables à l'épandage d'engrais azotés synthétiques sur les sols agricoles, laquelle tient compte des régimes d'humidité et des conditions topographiques. Les émissions de  $N_2O$  sont estimées par écodistrict, puis résumées aux niveaux provincial et national. 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. Depuis 2007, les données sur l'azote des engrais sont compilées et publiées par Statistique Canada. 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.

##### Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les incertitudes associées à l'estimation des émissions de  $N_2O$  imputables à l'utilisation d'engrais azotés synthétiques proviennent de l'incertitude associée à l'estimation des ventes d'engrais azotés ( $\pm 20\%$ ), de  $CE_{BASE}$  ( $\pm 25\%$ ), un coefficient d'émission de  $N_2O$  basé sur l'écodistrict, et de  $CE_{TEXTURE}$ , un coefficient d'ajustement de  $CE_{BASE}$  pour la



texture du sol ( $\pm 30\%$ ). Ces termes et calculs des émissions sont expliqués dans la section sur la méthodologie (A3.3). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2008 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 (1990–2008).

### 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 les détails et les références à 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 d'engrais azotés synthétiques, la Division des gaz à effet de serre 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  $N_2O$  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).

### Recalculs

Dans ce rapport, l'utilisation d'engrais azotés synthétiques pour 2007 a été mise à jour au moyen des plus récentes données publiées par Statistique Canada. Cette mise à jour a entraîné un ajustement à la hausse des émissions de  $1\text{ Mt d'éq. CO}_2$  ou  $14\%$  pour 2007, et elle a eu un impact significatif sur la tendance à long terme.

### Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions au sujet de cette source.

## 6.4.1.2. Fumier épandu comme engrais

### 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  $N_2O$  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 1.4.2, Fumier produit sur les pâturages, dans les grands parcs et dans les enclos.

### Questions de méthodologie

Comme dans le cas des émissions dues aux engrais azotés synthétiques, la méthode qui sert à estimer les émissions de  $N_2O$  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 les précipitations mensuelles 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 1.4.2).

### Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les incertitudes dues aux estimations des émissions de  $N_2O$  imputables au fumier animal épandu comme engrais découlent des incertitudes entourant les estimations de l'azote du fumier, qui dépendent des types de cheptel ( $\pm 1\%$  à environ  $15\%$ ), du taux moyen d'excrétion d'azote du fumier animal ( $\pm 20\%$ ), des déperditions d'azote du fumier ( $\pm 20\%$ ), du  $CE_{\text{TEXTURE}}$  ( $\pm 30\%$ ) et du  $CE_{\text{BASE}}$  ( $+25\%$ ). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2008 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 (1990–2008).



## 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 les détails et les références à 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.

## Recalculs

Aucun nouveau calcul n'a été effectué aux fins des estimations de cette source d'émission.

## 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

#### 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'émission de  $N_2O$  par le Canada. La décision d'exclure cette catégorie en tant que source d'émission 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 1.4.1.4).

### 6.4.1.4. Décomposition des résidus de récolte (catégorie 4.D.4 du CUPR)

#### 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  $N_2O$ .

#### 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.

## Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les incertitudes dues aux estimations des émissions de  $N_2O$  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  $CE_{\text{BASE}}$  ( $+25\%$ ). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2008 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 (1990-2008).

## 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 les détails et les références à 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.

## Recalculs

Aucun nouveau calcul n'a été effectué aux fins des estimations de cette source d'émission depuis deux ans.

## Améliorations prévues

Les seules données d'activité disponibles sur le brûlage des résidus de récolte proviennent des relevés sur la gestion environnementale des fermes, recueillis par Statistique Canada en 2001 et 2006. On essaie de combler le manque de données depuis 1990 en consultant des experts. Les émissions de gaz autres que le  $CO_2$  ( $N_2O$ )

et CH<sub>4</sub>) imputables au brûlage des résidus de récolte au moyen des coefficients d'émission par défaut du GIEC sont estimées à 0,2 Mt pour 1990 et à 0,03 Mt pour 2007, et ces émissions seront déclarées séparément dans le prochain rapport annuel, mais on soustraira la quantité d'azote libérée par le brûlage des résidus de récolte de celle imputable à la décomposition des résidus.

#### 6.4.1.5. Culture des sols organiques (histosols)

##### Description de la catégorie de source

Le travail des sols organiques (histosols) pour les cultures agricoles fait généralement intervenir le drainage et l'abaissement de la nappe phréatique et l'augmentation de l'aération, ce qui accélère la décomposition de la matière organique et la minéralisation de l'azote. L'amélioration de la décomposition avec la culture d'histosols peut entraîner une augmentation de la dénitrification et de la nitrification, et ainsi augmenter la production de N<sub>2</sub>O (Mosier et al. 1998).

##### Questions de méthodologie

On a utilisé la méthode de niveau 1 du GIEC 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 1990–2008 (Liang et al., 2004a).

##### 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 (±50 %) et les coefficients d'émission (±50 %). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2008 ont été estimés respectivement à ±67 % et ±65 % (Hutchinson et al., 2007).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coef-

ficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990–2008).

#### 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 les détails et les références à 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.

#### Recalculs

Aucun nouveau calcul n'a été effectué aux fins des estimations de cette source d'émission depuis deux ans.

#### 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

##### 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).

##### 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 (d'où l'utilisation du signe négatif dans le

Tableau 6–1).

Les changements dans les émissions de  $N_2O$  dus à l'adoption des méthodes conservatrices de travail des sols sont estimés 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 (Tableau 6–1). Un coefficient empirique dérivé du travail du sol, que l'on définit comme le rapport entre les flux moyens de  $N_2O$  dans le cas du travail réduit du sol ou la culture sans labour (CSL) et les flux moyens de  $N_2O$  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  $N_2O$  ( $F_{TRAVAIL}$ ) (annexe A3.3).

### Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les incertitudes dues aux changements des estimations des émissions de  $N_2O$  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 2008 n'ont pas été évalués.

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990-2008).

### 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 les détails et les références à 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.

### Recalculs

Aucun changement n'a été apporté aux pratiques de travail du sol, mais des recalculs ont été effectués dans

cette catégorie en raison de la mise à jour des données sur l'utilisation d'engrais azotés synthétiques pour 2007, tel qu'indiqué à la section 6.3.2. Ces recalculs ont entraîné une hausse de l'absorption de 0,07 Mt d'éq.  $CO_2$  ou 8 % pour 2007, et cette donnée a eu un impact modeste sur la tendance à long terme.

### Améliorations prévues

On n'envisage pas pour l'instant d'améliorer les estimations des émissions imputables à cette source.

#### 6.4.1.7. Émissions de $N_2O$ imputables aux jachères

##### 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  $N_2O$ . 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  $N_2O$  par rapport à une situation de culture, comme la teneur plus élevée en humidité, la température et la disponibilité généralement supérieure du carbone et de l'azote (Campbell et al., 1990; Campbell et al., 2005).

##### Questions de méthodologie

Des études expérimentales ont révélé que les émissions de  $N_2O$  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  $N_2O$ , parce qu'il n'y a ni culture ni application d'engrais, pourrait mener à une sous-estimation du total des émissions de  $N_2O$ . 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 A3.3. 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.

Suivant les recommandations du comité d'examen en 2007, le Canada a détaillé les explications pour la méthode d'estimation à l'annexe A3.3.

### Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les incertitudes dues aux estimations des émissions de  $N_2O$  résultant des jachères proviennent des incertitudes associées aux estimations de la superficie en jachère dans le *Recensement de l'agriculture* (superficie de terres cultivées : 1,25 % à environ 10 %;  $Frac_{JACHÈRE}$  : 1,25 % à environ 10 %) et au  $CE_{BASE}$  ( $\pm 25$  %). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2008 ont été estimés respectivement à  $\pm 24$  % 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 (1990-2008).

### 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 les détails et les références à 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.

### Recalculs

Aucun changement n'a été apporté pour la jachère, mais des recalculs ont été effectués dans cette catégorie en raison de la mise à jour des données sur l'utilisation d'engrais azotés synthétiques pour 2007, tel qu'indiqué à la section 6.3.2. Ces recalculs ont entraîné une hausse de l'absorption de 0,05 Mt d'éq.  $CO_2$  ou 7 % pour 2007, et cette donnée a eu un impact modeste sur la tendance à long terme.

### 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 $N_2O$ attribuables à l'irrigation

### 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  $N_2O$  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.

### 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  $P/EP = 1$  ( $CE_{BASE} = 0,017 N_2O-N \text{ kg}^{-1} N$ ) pour les zones irriguées d'un écodistrict donné.

### 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* (1,25 % 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'émission 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 (1990-2008).

### 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 les détails et les références à 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.

## Recalculs

Aucun changement n'a été apporté pour l'irrigation, mais des recalculs ont été effectués dans cette catégorie en raison de la mise à jour des données sur l'utilisation d'engrais azotés synthétiques pour 2007, tel qu'indiqué à la section 6.3.2. Les nouveaux calculs se sont traduits par une augmentation des émissions de 0,02 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> ou 6 % pour 2007, et ils ont eu un impact modeste sur la tendance à long terme.

## 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 parcs 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<sub>2</sub>O.

#### 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 l'effectif du cheptel par le taux approprié d'excrétion d'azote et par la fraction d'azote du fumier disponible pour la conversion en N<sub>2</sub>O.

Les données sur les cheptels sont les mêmes que celles qui ont été utilisées pour estimer les émissions imputables à la fermentation entérique (section 6.2). 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<sub>2</sub>O est calculée comme pourcentage de l'azote total produit sur les pâturages, dans les grands parcs et dans les enclos, multipliée par les valeurs par défaut du GIEC, qui sont de 0,02 kg N<sub>2</sub>O -N/kg N pour les bovins, les volailles et les porcs et de 0,01 kg N<sub>2</sub>O -N/kg N pour les moutons/agneaux, les chèvres et les chevaux (GIEC, 2006), ce qui représente la fraction d'azote libérée par le fumier qui est convertie en N<sub>2</sub>O.

#### 6.4.2.3. 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 produit sur les pâturages, dans les grands parcs et dans les enclos proviennent de l'incertitude quant aux populations et catégories animales (de ±1 % à ±15 %), au taux d'excrétion de l'azote du fumier (±20 %), à la proportion d'azote dans le fumier produit sur les pâturages, dans les grands parcs et dans les enclos (±20 %) et aux coefficients d'émission (-25 % ~ +150 %). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2008 ont été estimés respectivement à ±19 % 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 (1990-2008).

#### 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<sub>2</sub>O 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

Aucun nouveau calcul n'a été effectué quant à l'estimation de cette source d'émission.



#### 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 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 parcours 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.

#### 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 dans le fumier épandus sur les sols agricoles est transportée hors site par volatilisation et redépôt 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  $N_2O$ . L'azote qui quitte ainsi les sols agricoles n'est sans doute pas disponible pour les processus de nitrification et de dénitrification pendant des années, en particulier lorsqu'il s'infiltre dans la nappe phréatique.

##### 6.4.3.1. Volatilisation et redépôt d'azote

##### 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.

##### Questions de méthodologie

Peu de données scientifiques publiées permettent de déterminer réellement les émissions de  $N_2O$  attribuables à

la volatilisation et au redépôt de l'ammoniac et du  $NO_x$  au Canada. 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 redépôt d'azote résultant de l'épandage d'engrais synthétiques et de fumier. 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 excrétées par les animaux (voir l'annexe A3.3). On pose l'hypothèse que la quantité d'azote volatilisé est égale à 10 % de la quantité totale d'engrais synthétique appliquée et à 20 % de l'azote de fumier appliqué aux terres cultivées (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).

##### 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 degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2008 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 (1990-2008).

## 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 les détails et les références à 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

Cette catégorie a fait l'objet de nouveaux calculs en raison de la mise à jour des données sur l'utilisation d'engrais azotés synthétiques pour 2007, tel qu'indiqué à la section 6.3.2. Les nouveaux calculs se sont traduits par une augmentation des émissions de 0,1 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> ou 3 % pour 2007, et ils ont eu un impact modeste sur la tendance à long terme.

## 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

#### Description de la catégorie de source

Lorsque des engrais azotés synthétiques ou du fumier sont épandus sur des terres cultivées, une partie de l'azote 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.

#### 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 redépôt de l'ammoniac 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 culture 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 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 ( $Frac_{LESSIVAGE}$ ) dans les Lignes directrices de 1996 est de 0,3. La  $Frac_{LESSIVAGE}$  peut atteindre 0,05 dans les régions où les précipitations sont nettement inférieures à l'évapotranspiration potentielle (GIEC, 2006), comme dans les Prairies du Canada. C'est ainsi qu'on présume que la  $Frac_{LESSIVAGE}$  varie selon l'écodistrict entre un minimum de 0,05 et un maximum de 0,3. Pour les écodistricts sans déficit hydrique pendant la période de croissance (de mai à octobre), on a utilisé la valeur maximale de  $Frac_{LESSIVAGE}$  recommandée dans les lignes directrices de 2006 du GIEC, soit 0,3. On utilise la valeur minimale de  $Frac_{LESSIVAGE}$  de 0,05 pour les écodistricts avec le déficit hydrique le plus important. Pour les autres écodistricts, on estime la valeur de  $Frac_{LESSIVAGE}$  à l'aide d'une extrapolation linéaire fondée sur la plage de valeurs mentionnée ci-dessus.

#### Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Les incertitudes dues aux estimations des émissions de N<sub>2</sub>O imputables au lessivage, à l'érosion et au ruissellement d'azote provenant d'engrais synthétiques, de fumier ou de résidus de récolte proviennent des incertitudes associées aux estimations de la consommation de l'azote des engrais synthétiques ( $\pm 20\%$ ), du taux d'excrétion d'azote du fumier ( $\pm 20\%$ ), des populations animales ( $\pm 1\% \sim \pm 15\%$ ), de l'azote des résidus de récolte ( $\pm 15\%$ ), de  $Frac_{LESSIVAGE}$  ( $\pm 50\%$ ) et du coefficient d'émission par lessivage/ruissellement  $CE_{LESSIVAGE}$  ( $-48\% \sim +200\%$ ). Les degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations des émissions de 1990 à 2008 ont été estimés respectivement à  $\pm 32\%$  et  $\pm 29\%$  (Hutchinson et al., 2007).

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique (1990-2008).

## **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 les détails et les références à 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.

## **Recalculs**

Cette catégorie a fait l’objet de nouveaux calculs en raison de la mise à jour des données sur l’utilisation d’engrais azotés synthétiques pour 2007, tel qu’indiqué à la section 6.3.2. Les nouveaux calculs se sont traduits par une augmentation des émissions de 0,5 Mt d’éq. CO<sub>2</sub> ou 6 % pour 2007, et ils ont eu un impact modeste sur la tendance à long terme.

## **Améliorations prévues**

On n’envisage pas pour l’instant d’améliorer les estimations des émissions imputables à cette source.

# 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 incendies de forêt 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 2008, 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 absorptions de 13 Mt. Si l'on incluait ces chiffres dans les totaux nationaux, cela aurait pour effet de diminuer de 2 % environ les émissions totales de GES du Canada. Le Tableau 7-1 donne les estimations des flux nets pour 1990 et les années récentes dans les principales catégories et sous-catégories du secteur ATCATF.

Compte tenu de la forte variabilité interannuelle affichée par certaines catégories et de l'effet sur les tendances sectorielles, il est déconseillé au lecteur d'interpréter les chiffres du Tableau 7-1 comme des tendances. La série chronologique complète des estimations du secteur AT-

CATF 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 10 des 19 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 incendies importants de grandes superficies de forêts aménagées. La variabilité interannuelle est donc élevée, avec des totaux nets pour la catégorie fluctuant entre -100 Mt (1992) et 180 Mt (1995). 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, avec une absorption de 4,4 Mt depuis 2003. La baisse de 50 % 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 17 Mt des émissions nettes pour la période 1990-2008.

Au cours de la période de 1990 à 2008, les flux nets pour la catégorie des terres humides (tourbières gérées et terres inondées) varient entre 2,0 Mt et 5,0 Mt. Les émissions provenant de terres converties en terres humides baissent d'un peu moins de 4 Mt à 0,6 Mt pendant la période. Les émissions provenant des terres inondées représentent 50 % de toutes les émissions de la catégorie des terres humides comparativement à 83 % en 1990.

Avec ce rapport, le Canada poursuit un projet échelonné sur plusieurs années visant à améliorer nettement ses estimations pour le secteur ATCATF<sup>2</sup>. C'est dans le cadre pluridisciplinaire national du Système de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports (SSCPR) des émissions et des absorptions dans les terres aménagées que s'inscrit la contribution des meilleurs experts canadiens à cet inventaire et au précédent. Le cadre SSCPR est un moyen de coordonner, de planifier et d'intégrer les activités de nombreux groupes de scientifiques et d'experts de plusieurs ordres de gouvernement et d'établissements de recherche.

1 À moins d'être indiquées autrement, toutes les émissions et absorptions sont en équivalents CO<sub>2</sub>.

2 Décrit pour la première fois dans le RIN de 2004 et mis en oeuvre pour la déclaration de 2006.

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	2005	2006	2007	2008
Affectation des terres, changement d'affectation des terres et for- esterie – TOTAL <sup>1</sup>	-52 000	41 000	41 000	45 000	-13 000
<b>a. Terres forestières</b>	<b>-79 000</b>	<b>32 000</b>	<b>33 000</b>	<b>38 000</b>	<b>-18 000</b>
Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	-78 000	33 000	34 000	39 000	-17 000
Terres converties en terres forestières	-1 000	-1 000	-1 000	-1 000	-1 000
<b>b. Terres cultivées</b>	<b>13 000</b>	<b>-2 100</b>	<b>-2 300</b>	<b>-3 400</b>	<b>-4 400</b>
Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	-1 400	-9 700	-10 000	-11 000	-12 000
Terres converties en terres cultivées	14 000	7 700	8 000	7 500	7 200
<b>c. Prairies</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>
Prairies dont la vocation n'a pas changé	NE	NE	NE	NE	NE
Terres converties en prairies	NE	NE	NE	NE	NE
<b>d. Terres humides</b>	<b>5 000</b>	<b>3 000</b>	<b>3 000</b>	<b>3 000</b>	<b>2 000</b>
Terres humides dont la vocation n'a pas changé	1 000	2 000	2 000	2 000	2 000
Terres converties en terres humides	4 000	1 000	900	800	600
<b>e. Zones de peuplement</b>	<b>10 000</b>	<b>8 000</b>	<b>8 000</b>	<b>8 000</b>	<b>7 000</b>
Zones de peuplement dont la vocation n'a pas changé	-100	-200	-200	-200	-200
Terres converties en zones de peuplement	10 000	8 000	8 000	8 000	8 000
Conversion de terres forestières (poste pour mémoire) <sup>2</sup>	27 000	21 000	20 000	20 000	19 000
Conversion de prairies (poste pour mémoire) <sup>2,3</sup>	300	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 post-20 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.

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.

Il s'agit de la première année de déclaration des estimations pour le secteur ATCATF aux termes de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et le Protocole de Kyoto. Les mêmes définitions et approches s'appliquent aux estimations pour ce secteur; aucune section distincte dans le présent chapitre ne porte donc sur les estimations déclarées en vertu du Protocole de Kyoto. L'annexe 11 décrit les écarts entre les estimations présentées au titre de la Convention et du Protocole de

Kyoto.

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 intercatégories de la conversion des terres forestières à d'autres affectations.

Les membres de l'équipe d'examen composée d'experts qui ont examiné le rapport d'inventaire de 2009 du Canada ont recommandé que le présent rapport contienne des renseignements additionnels. Le Tableau 7–2 précise les recommandations de ces experts et les sections du rapport qui traitent des renseignements visés.



Tableau 7-2 Recommandations de l'équipe d'examen externe et mesures prises par le Canada

Recommandations de l'équipe d'examen externe et mesures prises par le Canada	Section du rapport
Affiner l'explication de la variabilité interannuelle élevée des absorptions pour le secteur ATCATF	Chapitre 7, section 7.3.1.1 Questions de méthodologie
Fournir une explication plus transparente des nouveaux calculs du rapport d'inventaire de 2009 pour les terres forestières en raison de la modification des données sur la récolte fondées non plus sur la superficie mais sur le volume	Chapitre 7, section 7.3.1.4 Recalculs
Élaboration d'autres estimations de l'incertitude pour les terres forestières	Chapitre 7, section 7.3.1.2 Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique
Améliorer la transparence dans les rapports de l'explication de la comptabilisation du carbone organique dans le sol pour la conversion des terres dans l'Ouest canadien	Annexe 3.4, section A3.1.3.3 Ouest du Canada

## 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 et du Protocole de Kyoto.

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. Un inventaire national des terres humides est en cours de préparation (Fournier *et al.*, 2007). 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 encore les terres submergées (GIEC, 2003).

Tableau 7-3 Superficies des terres aménagées (kha) dans le système de comptabilité du secteur ATCATF<sup>1</sup> en 2008

Affectation finale des terres	Terres forestières					
	Terres cultivées	Terres cultivées	Prairies	Terres humides	Zones de peuplement	Autres
Terres cultivées	229 400	574	NO	65	415	NO
Terres cultivées	107	47 100	NO	NE	NE	NO
Prairies	NO	3	NE	NE	1	NO
Terres humides	NO	NE	NO	402 <sup>2</sup>	NE	NE
Zones de peuplement	NO	NE	NO	NO	NE	NO
Autres	NO	NO	NO	38	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.

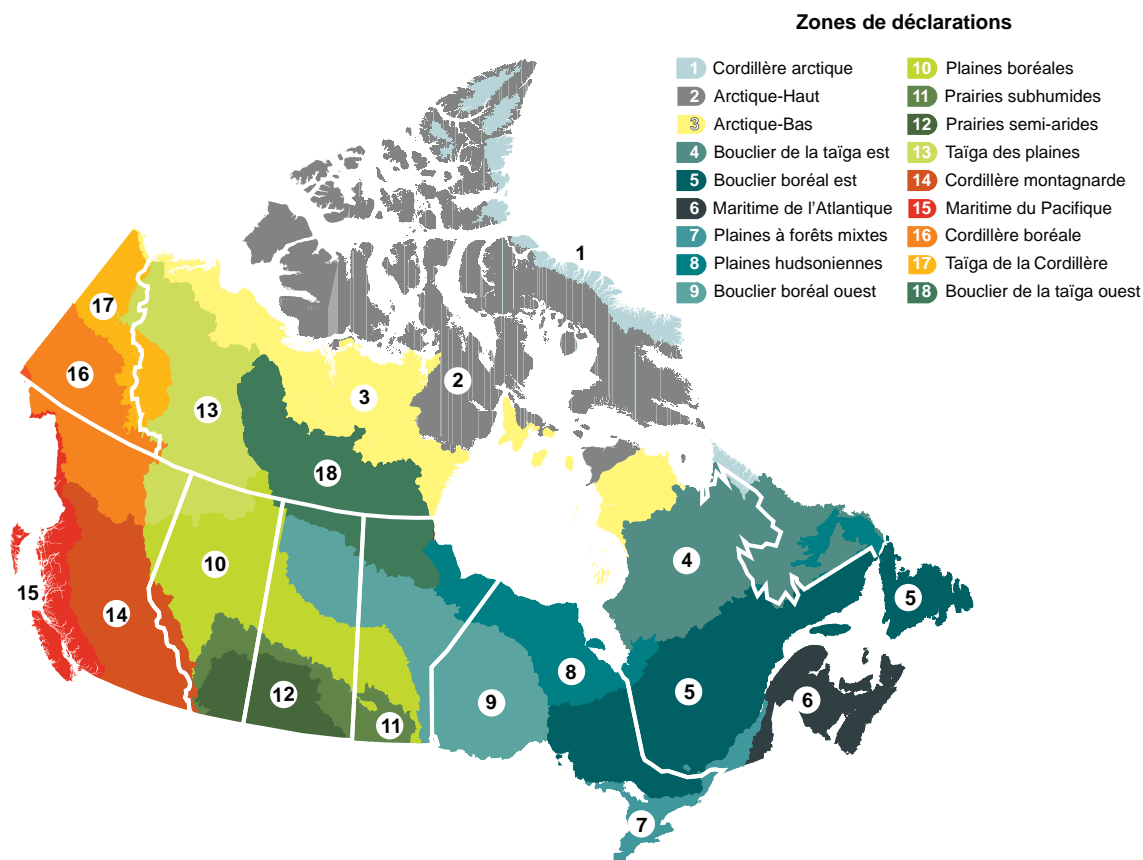
NE = non estimé.

I = Inexistant.

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; toute-

Figure 7-1 Zones de déclarations aux fins des estimations du secteur ATCATF



fois, ces terres font souvent l'objet d'une conversion, et l'impact de la conversion des terres forestières en zones de peuplement est évalué dans l'inventaire des GES.

D'autres terres comprennent des secteurs de roche, de glace ou de sol nu et toutes les superficies terrestres qui n'entrent dans aucune des cinq autres catégories. À l'heure actuelle, seules les émissions découlant de la conversion d'autres terres en réservoirs 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 2008. 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 du Bouclier de la taïga 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 sont présentées pour 17 des 18 zones de déclaration, 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 ce secteur. On trouvera à l'annexe A3.4 d'autres précisions sur le cadre spatial d'estimation et de déclaration.

Les superficies déclarées dans les tableaux du CUPR sont celles qui servent à établir les estimations annuelles, mais pas toujours la superficie totale d'une catégorie ou d'une sous-catégorie de terres au cours d'une année d'inventaire donnée. Les superficies de terres converties en terres humides (réservoirs) représentent donc une fraction de la superficie totale des réservoirs (ceux qui sont en eau depuis 10 ans ou moins), et non la superficie totale des réservoirs du Canada.

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 402 Mha du territoire canadien; à elles seules, les terres forestières occupent 310 Mha (RNCAN 2001). Les forêts aménagées, c'est-à-dire celles qui subissent l'influence directe de l'homme, couvrent 229 Mha, soit 74 % 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).

Tableau 7–4 Bilan des GES des forêts aménagées par zone de déclaration, 2007<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	Bouclier de la taïga-est	1 100	1.3
5	Bouclier boréal-est	55 600	-32
6	Maritime de l'Atlantique	15 500	-0.7
7	Plaines à forêts mixtes	2 700	-7.8
8	Plaines hudsoniennes	302	-0.5
9	Bouclier boréal-ouest	28 800	0.6
10	Plaines boréales	36 100	-5.2
11	Prairies subhumides	1 820	-1.9
12	Prairies semi-arides	18	~0
13	Plaines de la taïga	20 000	-24
14	Cordillère montagnarde	35 400	65
15	Maritime du Pacifique	13 200	16
16	Cordillère boréale	16 600	-29
17	Cordillère de la taïga	412	-0.1
18	Bouclier de la taïga-ouest	1 830	-1.2

Notes :

1. Les signes négatifs indiquent une élimination de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère.

SO = sans objet.

En 2008, le bilan net des GES des terres forestières aménagées correspondait à des absorptions de 18 Mt (Tableau 7–1 ci-dessus et tableau 5 du CUPR). La présente 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 kha, absorptions nettes de 17 Mt) et terres converties en forêts (0,11 kha, absorptions nettes de 1,0 Mt) en 2008.

Les flux de GES émis et absorbés par les forêts aménagées ne sont pas homogènes dans l'espace. En 2008, les forêts aménagées de la zone maritime du Pacifique et de la cordillère montagnarde sont deux grandes sources nettes de GES, et celles des plaines de la taïga, du bouclier boréal-est et de la cordillère boréale sont trois 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.

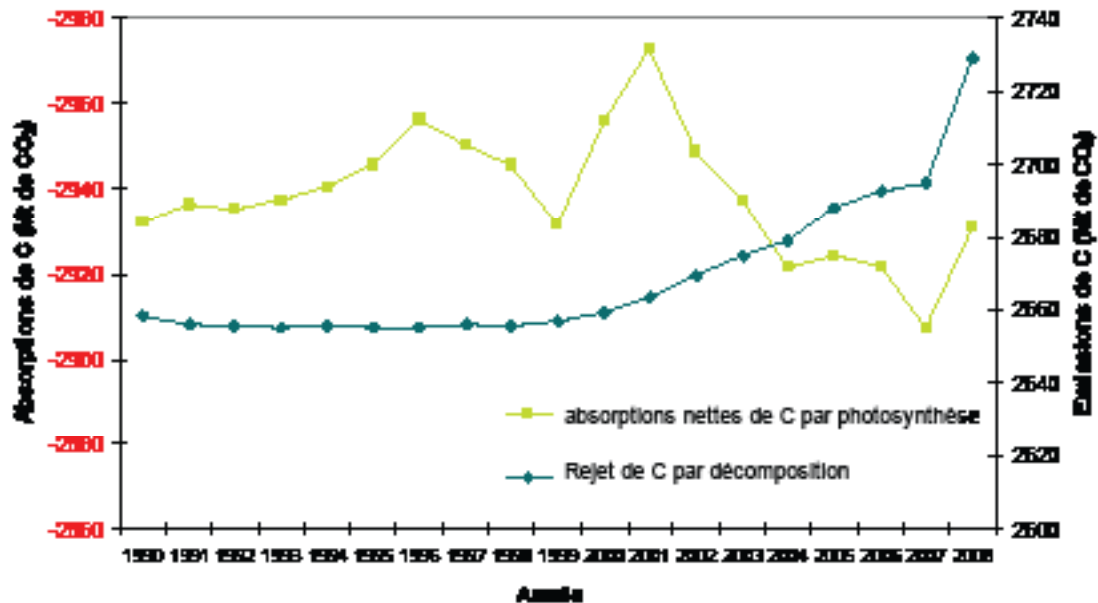
### 7.3.1. Terres forestières dont la vocation n'a pas changé

#### 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.

L'interaction de l'homme avec la terre peut modifier di-

Figure 7-2 Grands flux annuels de carbone entre l'atmosphère et les forêts aménagées, 1990-2008 : Absorption nette (ou production primaire nette) de carbone et rejet par la décomposition (respiration hétérotrophe)



rectement l'ampleur et la vitesse de ces échanges naturels de GES, dans l'immédiat et à long terme. Les changements et les méthodes d'affectation des terres du passé continuent d'influer sur les flux actuels de GES émis et absorbés par la biosphère terrestre. Cet effet à long terme est une caractéristique propre au secteur ATCATF, qui le rend très distinct des autres secteurs, comme celui de l'énergie.

Tout en s'intéressant aux incidences de l'activité humaine sur le bilan des GES, on admet que le fait de séparer les effets anthropiques des effets naturels dans le secteur ATCATF présente des difficultés exceptionnelles. L'homme manipule les processus biologiques de mille façons et avec des intensités variables. Ce que nous observons est en général le résultat de ces diverses manipulations et de leurs interactions combinées avec un milieu biophysique tout aussi varié. L'éclaircissement des divers rapports de cause à effet à court et à long terme fait toujours l'objet d'études scientifiques complexes.

Le Canada 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 (SNSCP-CF, Kurz et Apps 2006) s'articule autour d'une approche fondée sur un modèle (modèle de bilan de carbone du Service canadien des forêts, CBM-CFS3, CBM-CFS3, Kull *et al.* 2006, 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) et aux perturbations naturelles (feu irrégulier, infestations d'insectes). 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. Ces fluctuations des stocks de carbone tiennent compte non seulement des échanges de GES avec l'atmosphère, mais aussi des transferts de carbone entre bassins, par exemple le transfert entre la biomasse vivante et la nécromasse lors de la mort du 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



Tableau 7-5 Estimations des flux nets annuels de CO<sub>2</sub> des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990–2007, 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 (Gg)	97,5 <sup>e</sup> percentile (Gg)
1990	-83 000	-160 000	-67 000
1991	-65 000	-140 000	-32 000
1992	-100 000	-180 000	-82 000
1993	-35 000	-110 000	-2 800
1994	-33 000	-100 000	-6 600
1995	150 000	98 000	200 000
1996	-72 000	-120 000	-8 800
1997	-100 000	-170 000	-49 000
1998	78 000	25 000	120 000
1999	-6 200	-71 000	29 000
2000	-95 000	-150 000	-33 000
2001	-99 000	-141 000	-28 000
2002	55 000	1 000	106 000
2003	31 000	-31 000	68 000
2004	90 000	36 000	128 000
2005	24 000	-14 000	75 000
2006	24 000	-720	76 000
2007	30 000	-14 000	69 000

Tableau 7-7 Estimations des émissions annuelles de N<sub>2</sub>O des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990–2007, délimitées par les 2,5<sup>e</sup> et 97,5<sup>e</sup> percentiles

Année d'inventaire	Flux nets de CH <sub>4</sub> (Gg d'éq. CO <sub>2</sub> )	2,5 <sup>e</sup> percentile (Gg)	97,5 <sup>e</sup> percentile (Gg)
1990	2 100	1 600	2 300
1991	3 300	2 700	4 100
1992	1 000	750	1 100
1993	4 200	3 000	5 000
1994	4 100	3 000	4 700
1995	13 000	10 000	15 000
1996	3 000	2 400	3 600
1997	1 000	800	1 200
1998	9 800	8 300	12 000
1999	4 200	3 600	5 100
2000	840	690	1 000
2001	1 900	1 500	2 300
2002	7 400	6 000	9 300
2003	6 100	5 000	7 000
2004	6 800	5 100	8 000
2005	3 600	2 900	4 100
2006	3 900	3 200	4 800
2007	3 700	3 000	4 100

Tableau 7-6 Estimations des émissions annuelles de CH<sub>4</sub> des terres forestières dont la vocation n'a pas changé, 1990–2007, délimitées par les 2,5<sup>e</sup> et 97,5<sup>e</sup> percentiles

Année d'inventaire	Flux nets de CH <sub>4</sub> (Gg d'éq. CO <sub>2</sub> )	2,5 <sup>e</sup> percentile (Gg)	97,5 <sup>e</sup> percentile (Gg)
1990	3 400	2 500	3 700
1991	5 300	4 300	6 700
1992	1 700	1 200	1 900
1993	6 800	4 900	8 100
1994	6 500	4 900	7 500
1995	21 000	17 000	24 000
1996	4 800	3 900	5 800
1997	1 700	1 300	2 000
1998	16 000	13 000	19 000
1999	6 700	5 700	8 100
2000	1 400	1 100	1 500
2001	3 100	2 400	3 700
2002	12 000	9 600	15 000
2003	9 800	8 100	11 000
2004	11 000	8 300	13 000
2005	5 700	4 600	6 600
2006	6 300	5 100	7 700
2007	5 900	4 800	6 600

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 du carbone par les arbres en croissance et de son émission lors de la décomposition des matières organiques (respectivement –2 900 et 2 700 Mt en 2008 – Figure 7-2). La tendance à la hausse de la décomposition de matière organique morte (MOM) reflète 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 trois dernières années, les infestations ont détruit au total plus de 19<sup>3</sup> Mha de forêts aménagées, dont 96 % dans la zone de déclaration de la cordillère montagnarde en raison de l'infestation du dendroctone du pin ponderosa. Une bonne part de la variabilité interannuelle du bilan des GES des forêts aménagées dépend de l'occurrence et de la gravité des incendies. Durant la période 1990-2008, les émissions annuelles dues aux incendies de forêt ont fluctué entre 11 et 291 Mt. Pendant les incendies, les émissions immé-

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 19 Mha.

ates dues à la combustion de matière organique morte ont représenté 79 %; 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 les formes de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et CO attribuables à la combustion de la biomasse, qui sont déclarées au tableau 5(V). Les émissions et les absorptions sont automatiquement calculées au tableau 5 du CUPR.

Conformément à la méthodologie par défaut du GIEC (2003), les émissions de CO<sub>2</sub> des activités d'aménagement forestier englobent la totalité du carbone du CO<sub>2</sub> que contiennent le bois rond récolté et les résidus d'exploitation. Tout le carbone qui sort des forêts aménagées sous forme de produits ligneux est réputé être une émission immédiate. Avec cette approche, en 2008, le transfert de carbone des forêts aux produits ligneux récoltés (PLR) par les activités de gestion forestière a représenté des émissions annuelles moyennes de 128 Mt, soit une baisse de 13 % comparativement à 1990. Trois méthodes de rechange - les flux atmosphériques, la production et les fluctuations des stocks - ont été évaluées à titre préliminaire au Canada pour tenter de rendre compte avec exactitude des émissions différées attribuables au stockage du carbone à long terme dans les produits ligneux récoltés. Ces méthodes comptabilisent le carbone stocké dans les PLR et les émissions résultant de la décomposition des produits récoltés, importés (fluctuations des stocks, flux atmosphériques), ou exportés (production) l'année courante et les années précédentes; elles sont donc plus réalistes sur le plan spatiotemporel que la méthode actuelle par défaut, qui ne tient pas compte des émissions des PLR, là où elles se produisent effectivement. Elles diffèrent également sous le rapport de leur affectation aux émissions et aux absorptions. On trouvera à l'annexe A3.4 une ventilation et une brève analyse de chacune des méthodes de comptabilisation, ainsi que de leurs répercussions pour le Canada.

### 7.3.1.2. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

#### Estimations de l'incertitude

Il reste extrêmement difficile d'effectuer une analyse de l'incertitude à l'aide de cadres de modélisation complexes, tels que 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.

Une méthode Monte-Carlo a servi à quantifier les incertitudes qui entachent les sorties du modèle CBM-CFS3 (Metsaranta *et al.*, 2009). On a soigneusement identifié et représenté les sources d'incertitudes dans l'analyse (voir l'annexe A3.4.2.4 pour un complément d'information). On a exécuté 100 passes du modèle à partir des données d'entrée de base dans le cadre du rapport de 2009 (série chronologique de 1990–2007) pour l'ensemble du Canada, ce qui a nécessité un temps d'exécution d'environ un mois avec 10 ordinateurs de bureau et généré approximativement un téraoctet de données de sortie. De plus, des estimations distinctes ont été établies pour chaque gaz.

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 (Tableau 7–5, tTableau 7–6 et Tableau 7–7 pour les flux de CO<sub>2</sub>, 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 50 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 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 potentielles de l'estimation des émissions anthropiques et des absorptions dans cette catégorie.

### Cohérence de la série chronologique

Toutes les estimations jusqu'à l'année d'inventaire 2007 ont été calculées de manière uniforme. Les estimations de 2008 ont fait l'objet d'améliorations qui n'ont pu être apportées au reste de la série chronologique (voir les améliorations prévues à la section 7.3.1.5).

Les estimations concernant les incendies de forêt en 2004–2008 sont basées sur des images obtenues par télédétection en temps réel du Système canadien d'information sur les feux de végétation<sup>4</sup>. Les estimations pour 1990–2003 proviennent de la base de données sur les grands incendies du SCF qui comprend des renseignements fournis par des organismes provinciaux de gestion des ressources.

En outre, les données disponibles de l'inventaire des forêts ne couvrent pas 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, mis en œuvre et documentés par le Service canadien des forêts (White and 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 T2 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

Aucun nouveau calcul n'a été effectué pour les estimations de la série chronologique de 1990 à 2007.

Les changements apportés aux calculs pour cette catégorie dans le rapport de 2008 ont été très significatifs en grande partie à cause des modifications de la modélisation des activités d'aménagement des forêts. Bien que la source de données soit demeurée la même dans ce rapport, les statistiques sur les récoltes ont été intégrées à la modélisation comme des cibles de « volume » par opposition aux cibles de « superficie ». Dans les rapports précédents, les statistiques annuelles sur les récoltes étaient directement incorporées au modèle, qui calculait ensuite le volume de bois récolté à partir des données des inventaires forestiers déjà intégrées au modèle. Le volume était ensuite converti en carbone. En d'autres mots, la modélisation faisait intervenir des peuplements forestiers qui étaient sujets à une perturbation due à la récolte, selon les instructions de « superficie » du modèle (les « cibles de superficie »). Toutefois, les sorties de volume du modèle ne correspondaient pas très bien aux statistiques de volume indépendantes. L'autre possibilité consistait à utiliser directement les données de volume – intégrer les instructions de « volume » au modèle, et simuler les superficies récoltées à partir des mêmes données des inventaires forestiers.

À la suite d'une évaluation de la qualité des données disponibles sur les superficies et les volumes récoltés, des modifications ont été apportées à l'algorithme d'entrée et au traitement subséquent qui ont permis d'utiliser directement les données de volume les plus fiables. La conversion de la superficie en volume est une étape qui ajoute beaucoup d'incertitudes, tandis que la conversion directe du volume en carbone donne des résultats plus cohérents quant à la variation de la quantité de carbone par suite de l'aménagement des forêts.

<sup>4</sup> [http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/fr/index\\_f.php](http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/fr/index_f.php)

Ce changement a entraîné un nouveau calcul important des superficies exploitées et des quantités de carbone transférées au secteur de la production forestière. Dans les premières années de la série chronologique, le calcul des émissions de carbone imputables aux produits ligneux récoltés a été surestimé de 43 % au plus en 1990 (soit plus de 12 Mt de carbone). De nouveaux calculs des superficies exploitées au début des années 1990 ont été effectués à la baisse, et à la hausse après 1999. Dans l'ensemble, la quantité de carbone qui est passée des forêts au secteur de la production forestière (que l'on considère dans l'inventaire comme des émissions immédiates découlant de l'exploitation) a augmenté considérablement, en raison surtout des nouveaux calculs du carbone récolté. La tendance qui se dégage des activités d'exploitation a également été modifiée.

De 1998 à 2007, ces activités représentent des émissions moyennes annuelles de 184 Mt, soit une hausse de 21 % par rapport aux niveaux de 1990, ce qui diffère grandement de l'estimation précédente figurant dans le rapport de 2008, qui établissait une hausse de 54 %.

Les estimations présentées dans le rapport d'inventaire national de 2009 sont fondées sur les nouveaux calculs découlant de la modification des méthodes de récolte, laquelle n'a aucune incidence sur les estimations de 2010. En fait, l'approche des cibles de volume a été appliquée de façon continue à la série chronologique de 1990-2008 figurant dans le rapport de 2010.

### 7.3.1.5. Améliorations prévues

Parmi les améliorations prévues à court terme figurent la modification des méthodes et la mise à jour des données d'activité. Seules les estimations de 2008 ont fait l'objet des changements décrits ci-dessous, qui ont entraîné des irrégularités dans la série chronologique (voir la section 7.3.1.2 Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique). Les changements seront intégrés à l'ensemble de la série chronologique depuis 1990 dans le prochain rapport annuel.

Les paramètres de transfert de carbone dans le cas des incendies seront modifiés par les améliorations continues apportées aux équations de la consommation de combustible. D'autres études sur le terrain ont généré de nouvelles données sur la consommation de combustible forestier pendant des expériences de brûlage dirigé et de feux de friches (de Groot *et al.*, 2009). Les analyses de don-

nées ont modifié les paramètres des équations servant à l'estimation des émissions des feux de friches, qui étaient auparavant fondées sur les seules données du brûlage de déchets forestiers (McRae, 1980), ou sur l'opinion d'un expert. Les premiers résultats semblent indiquer que les feux de friches brûlent une plus petite portion de la charge de combustible (présente avant le feu) que les feux dirigés, laissant une plus grande quantité de matière organique morte qui se décompose au cours des années suivant le feu. Une fois que les changements auront été apportés, on observera une baisse immédiate des émissions dues aux feux de friches, qui passeront en moyenne de 0,14 kt d'éq. CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> à 0,13 kt d'éq. CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>. Une différence de près de 10 % des émissions de GES par ha brûlé correspond à une grande différence dans les émissions immédiates des feux de friches, allant jusqu'à 28 Mt en 1995 (une année marquée par de nombreux feux de forêt). Les améliorations prévues, une fois en place, permettront d'atténuer la variabilité interannuelle due aux émissions immédiates des feux de friches (la cause la plus importante de la variabilité).

Dans le cadre du rapport de 2009, l'algorithme utilisé pour simuler la croissance de très jeunes peuplements a été modifié pour réduire les discontinuités au fur et à mesure de leur croissance jusqu'à ce qu'ils atteignent leur volume marchand et on leur a attribué des courbes de croissance standard. D'autres améliorations de l'algorithme sont prévues, dont le recours à des techniques de lissage linéaires et non linéaires.

Des mises à jour substantielles de l'information sur l'aménagement des forêts sont maintenant disponibles pour les années de 2005 à 2007, y compris les plus récentes statistiques officielles sur les récoltes des provinces et des territoires, les cartes actualisées des superficies brûlées par des feux de friches et d'autres données de surveillance des insectes.

À long terme, on prévoit améliorer la qualité des données des inventaires forestiers, affiner les paramètres de modèle et élargir leur portée. Une approche plus systématique est envisagée pour mettre en œuvre les améliorations afin de réduire la fréquence des nouveaux calculs.

## 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 les plantations forestières 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 220 kha en 1990 à 107 kha en 2008. Cette tendance reflète la baisse des taux de plantation de forêts dans l'Est du Canada et 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. Seuls 6 % de l'ensemble des terres agricoles converties en terres forestières depuis 20 ans sont situées dans les Prairies (zones de déclaration du Bouclier boréal-ouest, des plaines boréales et des prairies subhumides); 89 % se trouvent dans l'Est du Canada (zones de déclaration maritime de l'Atlantique, des plaines à forêts mixtes et du Bouclier boréal\_est).

Les absorptions nettes ont donc baissé au cours de la période, passant de 1,2 Mt en 1990 à 1,0 Mt en 2008. On observe une accumulation nette de carbone principalement dans la biomasse (203 Gg C en 2008 – 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 étant donné que les données sur les activités sont limitées aux plantations qui ont moins de 20 ans, 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

Jusqu'à tout récemment, on ne disposait pas au Canada de registres nationaux sur le boisement. 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 2003–2007 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).

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 ressources, d'estimer officiellement le degré d'incertitude à temps pour le présent inventaire. Tous les recalculs ont été appliqués à l'ensemble de la série chronologique des estimations, ce qui a assuré l'uniformité de l'approche et des méthodes employées.

Toutes les estimations jusqu'à l'année d'inventaire 2007 ont été calculées de manière uniforme. Les estimations de 2008 ont fait l'objet d'améliorations qui ne couvrent pas le reste de la série chronologique (voir les améliorations prévues à la section 7.3.2.5).

### 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, et saisies dans le



logiciel CRF Reporter du CUPR.

### 7.3.2.5. Améliorations prévues

Seules les estimations de 2008 ont fait l'objet d'améliorations comprenant une mise à jour des données d'activité et une modification des méthodes. Les améliorations seront intégrées à l'ensemble de la série chronologique dans le prochain rapport, corrigeant ainsi les incohérences actuelles dans la série chronologique (voir la section 7.3.2.3 Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique).

Les estimations de superficie des terres converties en terres forestières ont été revues, une nouvelle analyse en a été faite, les erreurs associées aux données d'activité d'avant 2002 ont été corrigées et les données d'activités de déboisement après 2002 tirées de l'Étude de faisabilité du boisement comme mode de piégeage du carbone (EFBMPC), qui n'étaient pas étayées, ont été supprimées. Le prochain rapport d'inventaire comprendra également d'autres données d'activité provenant des entreprises de bois-d'œuvre et des gouvernements provinciaux pour la période 2003–2008. Les faibles absorptions de CO<sub>2</sub> attribuables à la conversion de petites superficies de terres en terres forestières seront neutralisées en partie par des changements apportés au modèle CBM-CFS3 (voir la section 7.3.2.5 Améliorations prévues), qui se traduiront par un taux d'absorption de carbone plus élevé par hectare.

## 7.4. Terres cultivées

Les terres cultivées couvrent environ 48 Mha du territoire canadien. En 2008, le bilan net des GES de la catégorie des terres cultivées correspondait à des absorptions de 4,4 Mt (Tableau 7-1 et tableau 5 du CUPR). Pour les besoins des rapports de la Convention (CCNUCC), les terres cultivées sont subdivisées en terres cultivées dont la vocation n'a pas changé (absorptions nettes d'environ 12 Mt en 2007 et terres converties en terres cultivées, soit d'anciennes forêts (émissions nettes d'environ 7,2 Mt), soit d'anciennes prairies (émissions nettes d'environ 0,009 Mt en 2008). Les estimations concernant les terres converties en terres cultivées englobent 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>.

### 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 ne sont présentes que 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 Plainnes 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 7-8 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, l'aménagement de sols minéraux a représenté à une absorption nette de CO<sub>2</sub> d'environ 2 Mt (Tableau 7-8). Ce puits net a connu une hausse régulière depuis, atteignant environ 12 Mt en 2008, grâce aux efforts soutenus de réduction des jachères et d'augmentation des pratiques conservatrices de travail du sol (Campbell *et al.*, 1996; Janzen *et al.*, 1998; McConkey *et al.*, 2003). L'augmentation nette des absorptions (de 3,1 Mt en 1990 à 6,6 Mt en 2008) causée par la modification de la superficie des jachères est appuyée par une diminution de plus de 50 % de la superficie des jachères de 1990 à 2008. L'augmentation nette des absorptions (de 1,4 Mt en 1990 à 5,7 Mt en 2008) causée

Tableau 7-8 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 (Gg CO <sub>2</sub> ) <sup>1</sup>				
		1990	2005	2006	2007	2008
Total des terres cultivées dont la vocation n'a pas changé		-1 400	-9 700	-10 000	-11 000	-12 000
	Culture des histosols	300	300	300	300	300
	Chaulage	200	290	290	290	290
	Cultures ligneuses pérennes	50	30	20	20	10
	Total - sols minéraux	-2 000	-10 000	-11 000	-12 000	-12 000
Changement dans la gamme de cultures	Hausse des cultures pérennes	-1 200	-4 500	-4 800	-5 100	-5 500
	Hausse des cultures annuelles	3 500	3 800	3 800	3 800	3 700
Changement dans les méthodes de travail du sol	Classique à réduit	-850	-870	-840	-820	-790
	Classique à sans labour	-520	-3 600	-3 800	-3 900	-4 100
	Autres	I	-570	-640	-710	-780
Changement dans les jachères	Hausse des jachères	1 700	1 300	1 200	1 200	1 200
	Baisse des jachères	-4 800	-7 600	-7 700	-7 800	-7 800
Conversion des terres - Émissions résiduelles <sup>2</sup>		150	1700	1800	1800	1800

Notes:

1. Negative sign indicates removal of CO<sub>2</sub> from the atmosphere.2. Net residual CO<sub>2</sub> emissions from the conversion of forest land and grassland to cropland that occurred more than 20 years prior to the inventory year, including emissions from the decay of woody biomass and DOM.

NO = Not occurring.

par l'adoption de méthodes culturales de conservation du sol est corroborée par une augmentation nette totale de plus de 10 Mha des zones sans labour et en travail réduit de 1990 à 2008. L'augmentation nette des superficies en cultures pérennes (4,1 Mt) a eu un impact beaucoup plus modéré.

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 intervenue depuis 1990 dans ces émissions résiduelles est attribuable à un artefact de comptabilisation, 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). 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 annuelle des cultures 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 :

Équation 7-1:

$$\Delta C = F \times A$$

où:

$\Delta C$	= fluctuation des stocks de carbone du sol (Mg C)
$F$	= fluctuation annuelle moyenne du COS soumis à CAT (Mg C/ha)
$A$	= superficie soumise au changement (ha)

Théoriquement, on pourrait obtenir une estimation plus exacte de la variation des stocks de carbone des sols si l'on tenait compte individuellement des effets cumulatifs des antécédents de gestion à long terme de chaque parcelle de terrain ou champ cultivé. Toutefois, des limites sont imposées par la disponibilité des données sur les activités. À ce stade d'élaboration, 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 in-

Tableau 7–9 Degrés d'incertitude du niveau général et des tendances des estimations pour divers changements dans l'aménagement des terres, sols minéraux et terres cultivées dont la vocation n'a pas changé. Les signes négatifs indiquent une élimination de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère.

Pratiques d'aménagement des terres	Changement d'aménagement des terres	Niveau (2007)		Tendance (1990-2007)	
		Estimation moyenne	Degré d'incertitude	Estimation moyenne	Degré d'incertitude
Changement dans la gamme de cultures	Hausse des cultures pérennes	-5 100	±1 100	-3 900	±1 600
	Hausse des cultures annuelles	3 800	±1 500	220	±1 700
Changement dans les méthodes de travail du sol	Classique à réduit	-820	±190	30	±290
	Classique à sans labour	-3 900	±870	-3 400	±890
	Autres changements	-710	±240	-710	±270
Changement dans les jachères	Hausse des jachères	1 200	±240	-440	±460
	Baisse des jachères	-7 800	±1 200	-3 000	±1 520
Émissions résiduelles <sup>a</sup>		130	±200	90	±200
<b>Les sols minéraux total</b>		<b>-13 000</b>	<b>±2 500</b>	<b>11 000</b>	<b>±3 000</b>

Notes :

<sup>a</sup> Ces 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, excluant les émissions attribuables à la décomposition de la biomasse ligneuse et de la MOM.

verse 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 3.4 des détails sur le processus d'estimation et les incertitudes situationnelles. Les estimations des niveaux et des tendances de l'incertitude associées à différents changements dans l'aménagement des terres ont été élaborées par McConkey *et al.* (2007) et ont été mises à jour en 2009 aux fins de la présente déclaration (Tableau 7–9).

L'uniformité dans les estimations du CO<sub>2</sub> est assurée par l'emploi de la même méthodologie sur l'ensemble de la sé-

rie chronologique (1990–2008). Toutefois, des mises à jour temporaires ont été effectuées pour les terres forestières converties en terres cultivées et les terres cultivées converties en terres forestières pour l'année 2008 seulement. Ces changements influenceront quelque peu indirectement les émissions/absorptions des terres cultivées en modifiant la distribution spatiale des pratiques de travail du sol, de jachères et de cultures annuelles et vivaces de 1990 à 2007.

### 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

<sup>5</sup> T. Huffman, Agriculture et Agroalimentaire Canada, communication personnelle à Brian McConkey

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  $0,59 \text{ Mg C/ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ , ce qui se compare favorablement à la fourchette de  $0,46\text{--}0,56 \text{ Mg C/ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$  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  $0,60\text{--}1,07 \text{ Mg C/ha}$  par an avec les valeurs modélisées de  $0,74\text{--}0,77 \text{ Mg C/ha}$  par an). Pour la conversion de la rotation culture-jachère à la culture continue, le taux modélisé de stockage du carbone ( $0,33 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ ) était plus de deux fois supérieur au taux moyen ( $0,15 \pm 0,06 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ ) 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

Aucun nouveau calcul n'a été effectué pour les estimations de la série chronologique de 1990 à 2007.

## Améliorations prévues

Une étude approfondie des données sur les terres cultivées converties en terres forestières a révélé que la superficie cumulative totale pourrait être considérablement réduite (de 11 à 99 %) par rapport à ce que nous avons estimé. Des travaux ont été entrepris pour mettre à jour toutes les

données d'activité recueillies avant 1990 et après 2000 sur la conversion des forêts (voir la section 7.8.5). On a provisoirement mis à jour les données des terres forestières converties en terres cultivées et des terres cultivées converties en terres forestières pour 2008. Le Canada prévoit mettre à jour l'entière série chronologique des terres forestières converties en terres cultivées et des terres cultivées converties en terres forestières dans le prochain rapport d'inventaire annuel. Ces changements entraîneront de nouveaux calculs des émissions et des absorptions indirectes des terres cultivées en raison de la distribution spatiale des pratiques de travail du sol, des jachères et des cultures vivaces et annuelles.

On s'efforce toujours de réduire les incertitudes associées aux coefficients modélisés du carbone en améliorant et en validant les méthodologies, et en révisant les hypothèses le cas échéant. La publication de documents scientifiques revus par des pairs est également en cours. On envisage par ailleurs la possibilité d'améliorer le modèle CENTURY et d'utiliser d'autres modèles, 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 cartes de 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 minéraux et organiques 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 pour le niveau et à  $0,09 \pm 0,30$  Mt pour la tendance (McConkey *et al.*, 2007).

On a utilisé la même méthodologie pour l'ensemble de la série chronologique des estimations des émissions (1990-2007).

## 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 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 en agriculture 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 1990-2008) a été évaluée à 16 kha.

### Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

L'incertitude associée aux émissions de cette source est due aux incertitudes associées aux estimations de la superficie des histosols travaillés et du coefficient d'émission. Les limites de l'intervalle de confiance à 95 % associées à l'estimation de la superficie des histosols travaillés sont évaluées à  $\pm 50$  % (Hutchinson *et al.*, 2007). Les limites de confiance à 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 pour le niveau et  $0 \pm 0,13$  Mt 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 (1990-2008).

### 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 quant aux fluctuations de la biomasse ligneuse provenant des « terres cultivées abandonnées » sur les terres cultivées dont la vocation n'a pas changé, elles sont exclues.

#### 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 3.4 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 carbone des cultures ligneuses spécialisées ont été estimées à  $0,02 \pm 0,02$  Mt pour 2007 et à  $0,03 \pm 0,04$  Mt pour l'incertitude de la tendance (1997--007)(McConkey *et al.*, 2007).

On a utilisé la même méthodologie pour l'ensemble de la série chronologique des estimations des émissions (1990-2008).

#### 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 pour l'estimation des émissions de cette catégorie source.

## 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 14 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 1990 à 7,2 Mt d'éq. CO<sub>2</sub> en 2008. 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 la première grande cause de la conversion des forêts (représentant 54 % de la conversion de superficie de forêts en 2008). La superficie cumulative totale de terres forestières converties en terres cultivées depuis 1971 était de 1 310 kha en 1990 et la superficie cumulative convertie depuis 1989, de 574 kha en 2008. 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. Uniques au secteur ATCATF, les émissions résiduelles imputables à la décomposition de la matière organique morte et à la matière organique du sol seront présentes pendant des décennies. En 2008, les émissions immédiates issues de la conversion des terres forestières représentaient 4,4 Mt ou 61 % de l'ensemble des émissions attribuables à la conversion des terres forestières en terres cultivées (TFCTC), tandis que les émissions résiduelles découlant d'événements qui se sont produits dans les 20 dernières années correspondaient aux 40 % restants. 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 de l'annexe A3.4 une description générale détaillée du cadre de modélisation.

## Questions de méthodologie - Sols

Les émissions des sols de cette catégorie comprennent les variations nettes de carbone dues à la conversion effective, un puits net très peu important de CO<sub>2</sub> résultant des changements dans les pratiques de gestion depuis 20 ans après 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 3.4). 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

De façon générale, toutes les terres 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 3.4). 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 3.4 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 caractéristiques topographiques et climatiques (voir l'annexe 3.3).

## 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 l'Ouest du Canada, on a présumé une déperdition 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

Tableau 7-10 Éléments d'incertitude des flux totaux de CO<sub>2</sub> des terres forestières converties en terres cultivées pour l'année d'inventaire 2007

Flux	Flux net de CO <sub>2</sub> (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )	Incertitude (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )
Émissions immédiates	4 300	± 850
Émissions résiduelles du réservoir de MOM	2 800	± 540
Émissions résiduelles du réservoir de sol	270	± 160

Tableau 7-11 Incertitude associée aux émissions de gaz autre que le CO<sub>2</sub> des terres forestières converties en terres cultivées pour l'année d'inventaire 2007

Flux	Émissions (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )	Incertitude (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )
Émissions de CH <sub>4</sub>	280	± 66
Émissions de N <sub>2</sub> O	90	± 20

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); (ii) de la décomposition de la matière organique morte 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. Des émissions de gaz autre que le CO<sub>2</sub> ne sont produites que par le brûlage et, comme les émissions immédiates de CO<sub>2</sub>, elles sont associées aux



terres converties pendant l'année d'inventaire.

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 qui entache cette catégorie (Tableau 7–10 et Tableau 7–11). Dans tous les cas de figure, les valeurs de l'incertitude sont présentées comme l'intervalle de confiance de 95 % pour la valeur médiane (réservoirs de biomasse et de MOM) ou moyenne (réservoir de sol) des estimations.

Compte tenu des procédures et de la méthode d'estimation, l'incertitude a été estimée indépendamment des 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.

### Réservoirs de biomasse et de matière organique morte

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 Monte-Carlo qui a servi à élaborer les estimations de l'incertitude de la catégorie des terres forestières. Compte tenu des importantes exigences de calcul, l'analyse a été effectuée avec la série chronologique 1990-2007 du rapport de 2009, qui était facilement accessible. 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.

### Réservoir de sol

L'incertitude associée aux flux nets de CO<sub>2</sub> d'un réservoir de sol a été estimée selon la méthode analytique (McConkey, 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 (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 3.4.

### Recalculs

Ni les méthodes ni les coefficients associés aux estimations des émissions en lien avec la conversion des terres forestières en terres cultivées n'ont été modifiés.

### 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 2008, les émissions totales des sols s'élevaient à 9 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 3.4).

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 3.4 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  $N_2O$  des forêts converties en terres cultivées, les émissions de  $N_2O$  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 (CEBASE). On a déterminé le CEBASE 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, 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 prairie. 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. En 2007, on a estimé à  $0,008 \pm 0,01$  Mt la moyenne globale et l'incertitude concernant les émissions dues aux pertes de COS lors de la conversion de prairies en terres cultivées. L'incertitude associée à la tendance entre 1990 et 2007 a été estimée à  $-0,06 \pm 0,04$  Mt.

On a utilisé la même méthodologie et les mêmes coefficients d'émission pour l'ensemble de la série chronologique des estimations des émissions (1990-2008).

### 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 pour les estimations des émissions de cette catégorie.

## 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.

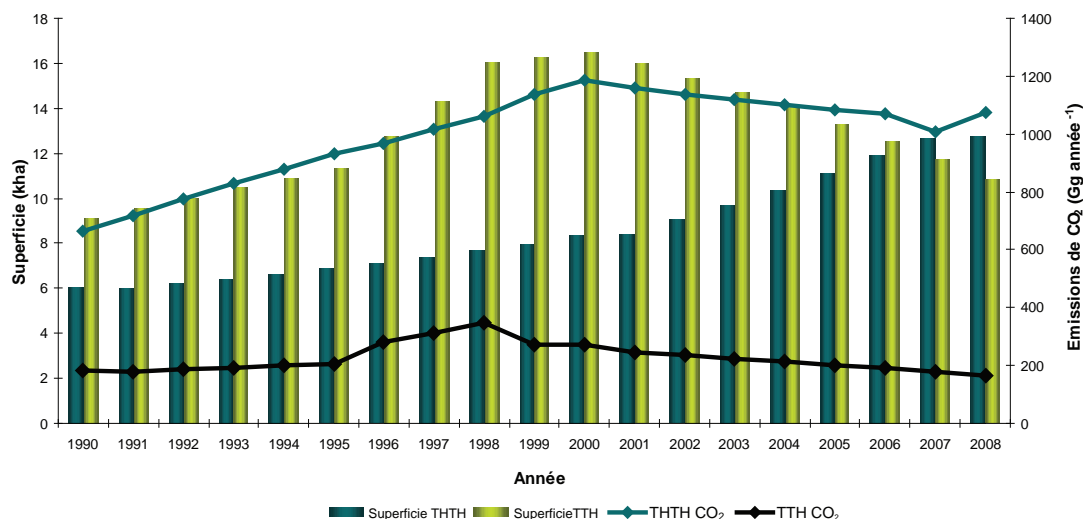
## 7.5. Prairies

Les prairies agricoles sont définies dans le cadre canadien sur le secteur ATCATF comme des pâturages ou des grands parcours qui servent exclusivement à 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 en 2008) et la Cordillère montagnarde (200 kha en 2007) et Maritime du Pacifique (4 kha en 2008). 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 qu'il n'estime pas la catégorie des prairies dont la vocation n'a pas changé. On trouvera d'autres précisions sur la raison pour laquelle on n'estime pas cette catégorie à l'annexe 3.4 La catégorie des terres converties en prairies, dans le cadre définitionnel actuel, comme on le voit à la section 7.2, est déclarée soit comme non estimée (terres humides converties en prairies), soit comme inexistante (Tableau 7-4).

## 7.6. 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 classifica-

Figure 7-3 Superficies et émissions de CO<sub>2</sub> des tourbières aménagées, 1990–2008 (TTH = terres converties en terres humides; TTHH = terres humides restant terres humides)



tion 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 24 kha sont drainés, ou l'ont été par le passé, pour l'extraction de la tourbe. Environ 13 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 dans Cleary 2003). La production de tourbe est concentrée au Nouveau-Brunswick, au Québec et en Alberta. 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

<sup>6</sup> Cette superficie inclut des tourbières qui seraient classées comme des forêts, des terres cultivées et des prairies dans la classification des terres du GIEC.

l'étape post-production. Dans les années 1990, les activités de rétablissement des tourbières ont connu un regain d'importance.

Les activités d'extraction de tourbe ont augmenté pendant la période 1990–2008, la superficie soumise à l'extraction active a crû de 56 %, passant de 9,2 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 période d'évaluation (Figure 7–3).

Les émissions des tourbières aménagées sont déclarées dans la catégorie des terres converties en terres humides au cours des 20 premières années suivant leur conversion, puis, passé ce délai, dans la catégorie des terres humides dont la vocation n'a pas changé.

### 7.6.1.2. Questions de méthodologie

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 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. 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 fait tripler les taux d'émission de CO<sub>2</sub> (Waddington et Warner 2001). Ces estimations ont été établies à l'aide d'une méthode de niveau 2, en fonction des coefficients d'émission nationaux. Elles englobent les émissions et les absorptions au cours des cinq phases. On trouvera à l'annexe A3.4 d'autres précisions sur la méthode d'estimation.

À noter que la méthodologie ne tient pas compte des déperditions de carbone résultant du transport de la tourbe hors des tourbières; si celles-ci étaient comprises, les émissions totales des tourbières aménagées augmenteraient considérablement.

### 7.6.1.3. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

Il n'y a pas eu d'évaluation formelle de l'incertitude pour les émissions et les absorptions de carbone dans les tourbières aménagées. Les sources d'incertitude les plus importantes sont analysées ci-dessous.

Les coefficients d'émission ont été établis à partir des mesures des flux prises principalement dans des tourbières abandonnées, ce qui introduit un degré d'incertitude important lorsqu'on les applique aux tourbières faisant l'objet d'un aménagement actif et aux tas de tourbe. Toutes les mesures ont été prises dans l'Est du Canada, ce qui ne fait qu'accentuer l'incertitude des estimations pour l'Ouest du Canada. 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 renseignements 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; les champs de tourbe plus anciens peuvent avoir été convertis à d'autres utilisations. C'est pourquoi l'estimation de la superficie des tourbières abandonnées est sans doute prudente.

Toutes les estimations jusqu'à l'année d'inventaire 2007 ont été calculées de manière uniforme. Les estimations de 2008 ont fait l'objet d'améliorations qui n'ont pas été apportées au reste de la série chronologique (voir les améliorations prévues à la section 7.6.1.6).

### 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

Aucun nouveau calcul n'a été effectué pour la série chronologique 1990-2007.

### 7.6.1.6. Améliorations prévues

Les améliorations prévues à la modélisation de la superficie affectée à la production de tourbe aux fins des esti-

<sup>7</sup> Gerry Hood, Association de la tourbe de sphaigne canadienne, communication personnelle à D. Blain, Environnement Canada, 2006.

mations de 2008 seront apportées à l'entière série chronologique dans le prochain rapport, corrigeant ainsi les incohérences actuelles dans la série chronologique (voir la section 7.6.1.3 Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique). Ces améliorations évitent d'effectuer de nouveaux calculs pour l'entière série chronologique lorsque des données d'activité sont incorporées pour une nouvelle année. Les données actualisées sur la production de tourbe pour 2007 tirées de l'Annuaire des minéraux du Canada seront également ajoutées.

## 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, 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 830 kha en 1990 à 92 kha en 2008. En 2008, 59 % des 92 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 4,1 Mt en 1990 à 1,5 Mt en 2007.

### 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 7.8 ci-dessous et la section 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 récente construction de plusieurs nouveaux grands réservoirs dans le Nord du Québec (Toulouste, Péribonka, Eastmain-1), dont les travaux de retenue n'étaient pas terminés en 2006 et 2007, a occasionné ce type de déboisement avant l'inondation. À noter que les émissions dues au déboisement dans les environs des futurs réservoirs (p. ex. pour l'aménagement des infrastructures) sont déclarées dans la catégorie des terres forestières converties en zones de peuplement.

La deuxième méthode s'applique à l'estimation des émissions de 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. Conformément aux bonnes pratiques, seules les émissions de CO<sub>2</sub> entrent dans l'évaluation. 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 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 2008.

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 3.4 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 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.

Toutes les estimations jusqu'à l'année d'inventaire 2007 ont été calculées de manière uniforme. Les estimations de 2008 ont fait l'objet d'améliorations qui n'ont pu être apportées au reste de la série chronologique (voir les améliorations prévues à la section 7.6.2.4)

### 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.

Pour les terres forestières converties en terres humides, voir aussi la sous-rubrique correspondante dans la section 7.9, 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 de déboisement associé aux changements dans

l'affectation des terres. De plus, dans la méthode canadienne, les émissions de la surface des réservoirs sont calculées à partir de mesures et non d'une hypothèse (décomposition de la biomasse submergée) qui n'a pas été vérifiée.

### 7.6.2.4. Améliorations prévues

La correction des paramètres de transfert de carbone lors du déboisement des forêts avant la mise en eau des réservoirs aux fins des estimations de 2008 sera apportée à l'entière série chronologique dans le prochain rapport, éliminant ainsi les incohérences actuelles dans la série chronologique (voir la section 7.6.2.2 Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique). Cette correction tient compte de manière plus précise du devenir de la matière organique immergée et non immergée après la mise en eau d'un réservoir.

Une courbe simple d'émissions temporelles remplacera les deux courbes régionales désignant les émissions de CO<sub>2</sub> de la surface des réservoirs (voir l'annexe 3.4). Ce changement découle d'une évaluation statistique qui a révélé que les paramètres de la courbe des régions boréales et tempérées n'étaient pas significativement différents les uns des autres. La combinaison des ensembles de données des deux régions donnera un plus large échantillon et améliorera le calcul des coefficients d'émissions annuels.

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.

## 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 2008, les absorptions, modestes, sont de moins de 0,2 Mt.

Pour les besoins de cet inventaire, on a estimé les émissions de deux types de terres converties en zones de peuplement : les terres forestières converties en zones de peuplement et les terres non forestières converties en zones de peuplement dans le Nord du Canada. En 2008, 420 kha de terres converties en zones de peuplement ont généré des émissions équivalant à un peu moins de 8 Mt. Les terres forestières converties en zones de peuplement représentent plus de 98 % de ces émissions. On sait que des terres cultivées sont converties en zones de peuplement au Canada, et une 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. 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.

### 7.7.2. Terres converties en zones de peuplement

#### 7.7.2.1. Description de la catégorie de source

En 2008, les émissions découlant de la conversion des terres en zones de peuplement se sont élevées à un peu moins de 8 Mt. Bien qu'il puisse y avoir plusieurs catégories de terres, y compris les 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, soit le deuxième type de conversion en importance après la conversion des forêts en terres cultivées. De 1990 à 2007, en moyenne, 22 kha de terres forestières sont converties en zones de peuplement, principalement dans les zones de déclaration des Plaines boréales, du Bouclier boréal-est, de la Cordillère montagnarde et Maritime de l'Atlantique.

La conversion des terres forestières représente environ 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 sub-arctique et dans les régions de déclaration 4 et 8. En 2008, la conversion des terres non forestières en zones de peuplement dans le Nord du Canada a généré 150 kt d'émissions. 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, 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 appliqué une procédure de détection des changements 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 due 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 3.4.

### 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 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 2008, la conversion des terres forestières en terres cultivées, en terres humides et en zones de peuplement a généré des émissions d'environ 19 Mt, contre 27 Mt en 1990. Cette baisse correspond à une réduction de 5 Mt des émissions immédiates et résiduelles dues à la conversion

des terres forestières en terres cultivées; à une réduction de 2 Mt des émissions de la surface des réservoirs, attribuées à la conversion des terres forestières en zones de peuplement et à une réduction de 1,8 Mt des émissions dues à la conversion des terres forestières en réservoirs. À noter que la présente évaluation inclut 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 déboisement (de 67 kha en 1990 et 46 kha en 2008) 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 ont précédé 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'autre utilisation des terres.

Dans le même ordre d'idée, les émissions de l'année 2008 attribuables à la conversion des terres forestières diffèrent de celles dues au déboisement déclarées en vertu du Protocole de Kyoto. Cette divergence est uniquement imputable aux différentes définitions de la catégorie, par opposition aux méthodes ou aux données. L'annexe 11 explique en détail ces différences.

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 2008, les émissions immédiates attribuables à la conversion des terres forestières (7,7 Mt) ne représentent que 51 % 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 25 kha, la conversion des forêts en terres cultivées représente la plus grande partie des pertes

de forêts vers d'autres types de terres. En 2008, la conversion en zone de peuplement (21 kha) constitue la deuxième cause de déboisement en importance, avec 46 % de la surface forestière perdue. Les travaux occasionnels de retenue des eaux des grands barrages (comme La Forge 1 en 1995) peuvent entraîner la conversion de grandes superficies de forêt en terres humides (terres submergées) et le fait qu'une grande partie des stocks de carbone d'avant la conversion soient 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 les écozones des Plaines boréales et du Bouclier boréal-est (zones de déclaration 10 et 5), qui représentent respectivement 45 et 16% de la superficie totale de forêt déboisée en 2008.

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 (Bouclier de la taïga-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 du déboisement obtenues par télédétection, établies d'après des échantillons d'images Landsat remontant à environ 1975, 1990 et 2000. 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 considérée 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 lorsqu'il n'existait pas de données ou que celles-ci étaient de piètre qualité ou encore que l'échantillonnage par télédétection était insuffisant. Les avis des experts ont également aidé à rapprocher les registres et les données de télédétection, et à réduire les écarts apparents qui existaient dans les estimations des superficies entre les périodes 1975-1990 et 1990-2000. Une description plus détaillée de la démarche et des sources de données est fournie à l'annexe 3.4. On assemble en ce moment les images postérieures à 2000 pour pouvoir les utiliser afin de prolonger l'étendue de la série chronologique.

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, 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 3.4 résume les procédures d'estimation.

### 7.8.2. Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique

D'après l'avis des experts, une incertitude globale de  $\pm 38$  % est associée aux estimations de la superficie totale de terres forestières converties chaque année au Canada (Leckie *et al.*, 2006b), la valeur vraie de cette superficie, avec

un intervalle de confiance de 95 %, se situant, pour 2007, entre 30 kha et 66 kha. Il faut prendre soin de ne pas appliquer la fourchette de 38 % à la superficie cumulative de terres forestières converties en une autre catégorie depuis moins de 20 ans (superficies déclarées dans le CUPR). L'annexe 3.4 décrit les principales sources d'incertitude des estimations de la superficie établies d'après les données de télédétection et les registres.

On continue d'améliorer la quantification du degré d'incertitude.

Toutes les estimations jusqu'à l'année d'inventaire 2007 ont été calculées de manière uniforme. Les estimations de 2008 ont fait l'objet d'améliorations qui n'ont pu être apportées au reste de la série chronologique (voir les améliorations prévues à la section 7.8.5).

### 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 (Leckie *et al.*, 2006a). Les calculs, l'utilisation des données des registres et l'avis des experts sont retracables grâce au système de compilation, et documentés. D'autres précisions se trouvent à l'annexe 3.4.

### 7.8.4. Recalculs

Aucun nouveau calcul n'a été effectué pour la série chronologique 1990-2007.

### 7.8.5. Améliorations prévues

Les améliorations prévues décrites ici ont été apportées aux estimations de 2008 seulement, et sont limitées à 15 unités de rapprochement, ce qui entraîne des incohérences dans la série chronologique (voir la section 7.8.2 Degré d'incertitude et cohérence de la série chronologique). Le Canada prévoit incorporer les changements à l'ensemble des unités de rapprochement et à l'entière série chronologique dans le prochain rapport annuel.

Comme nous l'avons décrit à la section 3.4.2.2 de

l'annexe 3, les taux annuels de conversion des forêts reposent actuellement sur l'interprétation des images des périodes de 1975-1990 et 1990-2000. La cartographie sera étendue à la période 2000-2008 pour améliorer les estimations post-2000 actuellement établies à partir d'extrapolations.

Compte tenu de la disponibilité des ressources, la mise à jour des données recueillies après 2000 fera l'objet de plusieurs améliorations. Il est possible que la cartographie des deux périodes précédentes soit révisée dans le cadre du processus de contrôle de la qualité. D'autres régions du Canada seront échantillonnées pour établir le taux de conversion de forêts et de nouveaux ensembles de données (images et autres sources). D'après les résultats des activités en cours de contrôle de la qualité et pour améliorer la précision des estimations, l'échantillonnage pourrait s'intensifier dans certaines régions choisies. S'il est possible de le faire sur le plan technique, la cartographie de types particuliers de déboisement pourrait également remplacer les registres et l'opinion d'experts pour l'entière série chronologique, en particulier lorsque les sources de données présentent des incertitudes élevées ou comportent des incohérences. Par exemple, à Terre-Neuve-et-Labrador et dans le sud du Québec où l'accès à des images à fine résolution rehausse le degré de confiance associé aux estimations établies à partir d'échantillons de télédétection, il y est plus facile de remplacer les enregistrements de données par des cartes.

Une nouvelle limite de couche cartographique a été créée autour d'un point chaud dans le nord de la Colombie-Britannique en raison de l'intensification de l'activité dans cette région, afin de réduire les erreurs d'échelle.

Une validation additionnelle sur le terrain (visites sur le terrain et observations aériennes), également dépendante de la disponibilité des ressources, sera effectuée dans des régions qui présentent des défis.

Le protocole d'interprétation du déboisement sera modifié pour inclure de nouveaux types de forêts présents avant la conversion (récents brûlages ou coupes à blanc) pour mieux tenir compte des stocks de carbone de cette période. Les catégories d'affectation des terres après la conversion seront affinées et élargies pour faciliter les analyses stratégiques pertinentes.

# Chapter 8

## Déchets (secteur 6 du CUPR)

### 8.1. Aperçu

Cette catégorie 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 CH<sub>4</sub> imputables à l'enfouissement des déchets solides dans le sol, émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O résultant du traitement des eaux usées et émissions de CO<sub>2</sub>, de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O attribuables à l'incinération des déchets.

Une grande partie des déchets traités ou éliminés provient de la biomasse. Les émissions de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> d'origine biogène ne sont pas déclarées si elles le sont ailleurs dans l'inventaire ou si les absorptions correspondantes de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> du bois et des produits ligneux ne sont pas comprises, car elles sont comptabilisées dans le secteur ATCATF au moment de l'abattage des arbres. En revanche, les émissions de CH<sub>4</sub> 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 2008, les émissions de GES du secteur des déchets ont compté pour 22 Mt dans l'inventaire national, contre 19 Mt en 1990, soit une hausse de 15 %. En comparaison, les émissions nationales totales ont augmenté de 24 % pendant le même intervalle. Les émissions de ce secteur ont représenté respectivement 3,2 % et 2,9 % des émissions canadiennes totales de GES en 1990 et en 2008.

Les émissions du sous-secteur de l'enfouissement des déchets solides dans le sol, qui englobent les émissions confondues provenant des décharges de déchets solides municipaux (DSM) et de déchets ligneux, ont totalisé 20 Mt, ou 95 %, des émissions du secteur en 2008. Le gaz qui contribue le plus aux émissions du secteur des déchets demeure le CH<sub>4</sub> émis par les décharges de DSM, à raison de 18 Mt (0,9 Mt de CH<sub>4</sub>) en 2008. Pour calculer cette valeur des émissions nettes, on soustrait le volume de CH<sub>4</sub> capté du volume estimatif total de CH<sub>4</sub> produit par la décharge selon le modèle Scholl Canyon, avant d'ajouter la quantité de CH<sub>4</sub> capté qui n'a pas été brûlée par torchage, le cas échéant. D'après les données de 2006 et de 2007 de l'enquête bisannuelle sur les décharges canadiennes, près de 28 % du CH<sub>4</sub> émis par les décharges canadiennes de DSM en 2007 a été capté et brûlé (soit pour produire de l'énergie, soit par torchage). Pour les besoins du présent

Tableau 8-1 Sommaire des émissions de GES du secteur des déchets, certaines années

Catégorie de sources de GES		Émissions de GES (kt d'éq. CO <sub>2</sub> )				
		1990	2005	2006	2007	2008
	Waste Sector TOTAL	19 000	21 000	22 000	21 000	22 000
a.	Enfouissement des déchets solides dans le sol	18 000	20 000	20 000	20 000	20 000
b.	Traitement des eaux usées	740	900	910	930	940
c.	Incinération des déchets	400	240	240	250	250

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



inventaire, on suppose que les données recueillies sur les gaz d'enfouissement sont constantes depuis 2007. Les données de 2008 seront révisées après le prochain relevé bisannuel visant les années 2008 et 2009, qui sera réalisé cette année.

Dans l'ensemble, l'augmentation du taux de production de  $\text{CH}_4$  dans les décharges de DSM dépend principalement de la croissance démographique. Celle-ci détermine ensuite le taux de production des déchets, même si d'autres facteurs (p. ex. le produit intérieur brut, l'utilisation de matériel d'emballage, l'urbanisation) peuvent également y contribuer. Cette tendance à la hausse est atténuée par les programmes de captage des gaz d'enfouissement, par les projets de détournement des déchets provinciaux et municipaux et par les exportations internationales de DSM. On prévoit qu'à mesure qu'augmentera le nombre de grandes décharges modernes dotées obligatoirement de systèmes de collecte des gaz, une plus forte proportion des gaz d'enfouissement sera captée, ce qui permettra de réduire davantage les émissions de ce secteur. À l'échelle nationale, plus de 35 millions de tonnes de déchets non dangereux (résidentiels, institutionnels, commerciaux, industriels, de construction et de démolition) ont été produites en 2006. Les projets de détournement des déchets ont vu le jour au début des années 1990. Selon les statistiques nationales de 2006, environ 22 % des déchets sont détournés des sites d'élimination (décharges ou usines d'incinération) (Statistique Canada, 2008a).

Le Tableau 8-1 donne un aperçu des contributions en GES du secteur et des sous-secteurs des déchets pour les années d'inventaire 1990, 2005, 2006, 2007 et 2008.

## 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 systèmes de collecte de  $\text{CH}_4$ , car leur taux de production de méthane est minime vu la faible teneur en matière organique du flux des déchets traités. Elles ont donc pour l'instant été exclues de l'analyse.

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  $\text{CH}_4$ , 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 B. H., 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  $\text{CH}_4$  produite 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 $\text{CH}_4$

On a utilisé le modèle Scholl Canyon pour estimer la quantité de  $\text{CH}_4$  produite. Le modèle repose sur l'équation de décomposition du premier ordre suivante (GIEC/OCDE/

AIE, 1997) :

Équation 8-1:

$$Q_{T,x} = k M_x L_0 e^{-k(T-x)}$$

Où

$Q_{T,x}$	=	quantité de CH <sub>4</sub> produite au cours de l'année considérée (T) par la M <sub>x</sub> de déchets, exprimée en kt de CH <sub>4</sub> /an
X	=	année de l'entrée des déchets
M <sub>x</sub>	=	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 an
L <sub>0</sub>	=	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> produite 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 (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

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 enfouie entre les années 1941 et 1990 a été estimée par B. H. Levelton (1991). Pour les années 1998, 2000, 2002, 2004 et 2006, 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). Pour les années impaires intermédiaires (1999, 2001, 2003 et 2005), les valeurs de

l'élimination des DSM, y compris les DSM enfouis et incinérés, ont été obtenues en faisant la moyenne des années paires correspondantes. Les quantités de déchets enfouis en 2007 et en 2008 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). Les valeurs pour l'Île-du-Prince-Édouard, les Territoires du Nord-Ouest, le Nunavut et le Yukon pour la période 1991-2008 ont été obtenues en calculant les tendances historiques des données sur les décharges en fonction de la population des provinces pour 1971-2008 (Statistique Canada, 2006, 2009).

### Décharges de déchets ligneux

Ensemble, la Colombie-Britannique, le Québec, l'Alberta et l'Ontario enfouissent 93 % de tous les déchets ligneux au Canada (RNCAN, 1997). Le volume de déchets ligneux enfouis entre 1970 et 1992 a été estimé à l'échelle nationale en fonction de la base de données nationale sur les résidus ligneux (RNCAN, 1997). Les données des années 1998 et 2004 proviennent de publications ultérieures (RNCAN, 1999, 2005). On a effectué une analyse des tendances par régression linéaire afin d'interpoler le volume de déchets ligneux enfouis au cours des années 1991-1997 et 1999-2008.

## 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 décharg-

Tableau 8–2 Estimations des valeurs de k des décharges de DSM pour chaque province et territoire

Province / Territoire	T.-N.-L.	Î.-P.-É.	N.-É.	N.-B.	Qc	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B.	T.N.-O.	Nt	Yn
Valeurs de k	0,078	0,06	0,077	0,062	0,056	0,045	0,019	0,01	0,012	0,082	0,005	0,005	0,001

es (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 insignifiant (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 B. H. Levelton a indiqué la présence de décharges importantes au cours de la période de 1941 à 1990 (Levelton B. H., 1991). À partir de ces valeurs de précipitations, on a déterminé les valeurs de k à l'aide d'une relation établie par le Research Triangle Institute (RTI) pour l'APE 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 (Environnement Canada,

1941-2007). Les valeurs de k sont liées aux précipitations, en présumant que la teneur en humidité d'une décharge est une fonction directe des précipitations annuelles. En se fondant sur les données de RTI et sur les précipitations annuelles moyennes dans les décharges canadiennes étudiées par B. H. Levelton (1991), on a calculé des valeurs k à chacun des sites d'enfouissement. On a ensuite établi une valeur k provinciale à partir d'une moyenne des valeurs k propre aux sites respectifs de chaque province (Environnement Canada, 1941-2007).

Ces valeurs sont indiquées au Tableau 8–2.

### Décharges de déchets ligneux

En se fondant sur la valeur par défaut recommandée par le National Council for Air and Stream Improvement, Inc. pour estimer les émissions de CH<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 2008, 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.

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 1990-2008. 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 1990-2004. Puisque les programmes de réacheminement des déchets étaient peu importants avant 1990, on a élaboré un autre ensemble de niveaux de COD, de façon à représenter la composition des déchets dans les décharges de 1976 à 1989, en ajoutant la valeur de RNCAN à celle contenue dans les données de 2004 de Statistique Canada sur la composition des déchets recyclés (Statistique Canada, 2007a). Afin de couvrir la période 1941-1975, on a élaboré un troisième ensemble de niveaux de COD à partir d'une étude nationale de 1967 (CRC Press, 1973). Le Tableau 8-3 présente un résumé des valeurs de  $L_0$  pour les provinces et les territoires pendant les trois périodes. Comme point de comparaison, on donne également le pourcentage de déchets organiques détournés dans l'ensemble des provinces canadiennes en 2002. À 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) (Équation 8-4) en utilisant les données provinciales sur la composition des déchets

pour calculer le carbone organique dégradable (COD) :

Équation 8-3:

$$L_0 = MCF \times COD \times COD_F \times F \times \frac{16}{12} \times \frac{1\,000 \text{ kg CH}_4}{t \text{ CH}_4}$$

Où:

$L_0$	=	potentiel de production de $\text{CH}_4$ , exprimé en kg de $\text{CH}_4$ /t de déchets
MCF	=	facteur de correction du $\text{CH}_4$ , exprimé en fraction
COD	=	carbone organique dégradable, exprimé en t de C/t de déchets
$\text{COD}_F$	=	fraction de COD dissimilé
F	=	fraction de $\text{CH}_4$ 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  $\text{CH}_4$  (F) émise par une décharge varie de 0,4 à 0,6, et on présume qu'elle est de 0,5. La valeur de  $\text{COD}_F$  utilisée (0,6) provient des *Recom-*

Tableau 8-3 Potentiel de production de  $\text{CH}_4$  ( $L_0$ ) de 1941 à aujourd'hui

Province/Territoire	2002 Déchets organiques détournés (%)	1941 à 1975		1976 à 1989		1990 à aujourd'hui	
		COD	$L_0$ (kg de $\text{CH}_4$ /t de déchets)	COD	$L_0$ (kg de $\text{CH}_4$ /t de déchets)	COD	$L_0$ (kg de $\text{CH}_4$ /t de déchets)
Terre Neuve	ND	0,28	112,62	0,18	73,28	0,18	73,35
Île-du-Prince-Édouard	ND	0,27	108,74	0,17	67,19	0,16	64,63
Nouvelle-Écosse	29,7	0,25	100,89	0,16	62,35	0,16	64,10
Nouveau-Brunswick	19,8	0,23	93,91	0,16	65,91	0,16	63,22
Québec	13,7	0,36	144,45	0,21	82,52	0,20	81,23
Ontario	16,4	0,36	143,74	0,21	82,75	0,21	83,00
Manitoba	4,9	0,33	131,37	0,19	76,82	0,19	76,59
Saskatchewan	4,3	0,36	143,92	0,22	86,39	0,22	86,75
Alberta	16,7	0,39	157,63	0,26	104,46	0,18	71,87
Colombie-Britannique	23,3	0,28	111,86	0,17	69,89	0,16	63,71
Territoires (YN, T.N.-O. et NU)	ND	0,22	87,59	0,15	58,54	0,16	65,13

Sources : Sources : Dérivé de données obtenues de RNCAN (2006), Statistique Canada (2007a) et CRC (1973) sauf pour les déchets organiques détournés de 2002 qui proviennent de Thompson *et al.* (2006).

ND = Données non disponibles pour la catégorie.



mandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux (2000), qui recommandent une valeur par défaut comprise entre 0,5 et 0,6. Cette valeur de  $COD_F$  reflète mieux les faibles concentrations de lignine dans les DSM, puisque la majorité des déchets ligneux de l’industrie des pâtes et papiers et des scieries sont jetés dans des décharges réservées aux déchets de bois.

Le calcul du COD provient de la portion biodégradable des DSM (Équation 8–4) :

Équation 8–4:

$$COD = (0,4 \times A) + (0,17 \times B) + (0,15 \times C) + (0,3 \times D)$$

où:

A	=	fraction de DSM constituée de papier et de textiles
B	=	fraction de DSM constituée de déchets de jardin ou de parc
C	=	fraction de DSM constituée de déchets alimentaires
D	=	fraction de DSM constituée de bois ou de paille

### Décharges de déchets ligneux

L’Équation 8–3 a donné une valeur de  $L_0$  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 ( $FCM = 1$ ), la fraction de  $CH_4$  dans les gaz d’enfouissement ( $F = 0,5$ ) et la fraction de COD dissimulée ( $COD_F = 0,5$ ), 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 associées 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  $CH_4$  des gaz d’enfouissement de 99,7 % pour déterminer la quantité de  $CH_4$  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 des États-Unis (APE) (EPA, 1995). Les quantités de gaz d’enfouissement recueillies entre 1983 et 1996 ont été obtenues lors d’une communication personnelle<sup>1</sup>. Entre 1997 et 2003, les données concernant la quantité de gaz d’enfouissement captés 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). Pour 2006, c’est la Division des gaz à effet de serre d’Environnement Canada qui procède à l’enquête, à partir de l’année de déclaration 2005 (Environnement Canada, 2007). Les données relatives au captage des gaz d’enfouissement sont généralement 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, dans le cadre de l’enquête de 2008, on a recueilli les données de 2006 et 2007 auprès des installations (Environnement Canada, 2009). Ces données ont été utilisées pour les estimations établies aux fins de la présentation du RIN de 2009, et on a présumé qu’elles étaient demeurées constantes pour les besoins de la présentation du RIN de 2010.

### 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

<sup>1</sup> Communication personnelle avec M.E. Perkin du Bureau national de prévention de la pollution d’Environnement Canada, 1998

de niveau 2 du degré d'incertitude emploie les valeurs de l'année d'inventaire 2001 (Environnement Canada, 2003b). Toutefois, comme les résultats de l'étude ont conduit à modifier la méthodologie, les coefficients d'émission et les sources d'information, ses résultats pourraient ne pas refléter fidèlement l'incertitude entourant les émissions de ce sous-secteur et les intrants du modèle. En l'absence d'une étude de suivi de niveau 2, les améliorations apportées devraient se traduire par une diminution du degré d'incertitude relatif à ce sous-secteur.

Les émissions de CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> imputables à cette catégorie clé en 2001 (Environnement Canada, 2003b). Les estimations du degré d'incertitude pour les émissions de CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> (L<sub>0</sub>) pour les périodes 1941-1989 et 1990-2001 et de la constante k du taux de production de CH<sub>4</sub> (k), où le degré d'incertitude des valeurs k et L<sub>0</sub> 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 CH<sub>4</sub> des décharges de DSM du fait qu'on a utilisé la valeur de la quantité totale de CH<sub>4</sub> 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 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

On a procédé à un contrôle de qualité de niveau 1 pour cette catégorie clé. Aucune anomalie importante n'a été détectée.

## 8.2.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour les émissions de CH<sub>4</sub> imputables aux décharges de DSM et aux décharges de déchets ligneux pour la série chronologique de 1990 à 2006. Une révision des données démographiques utilisées pour évaluer les émissions attribuables aux décharges de DSM a entraîné une très faible augmentation de 0,002 % par rapport aux données du dernier rapport d'inventaire, pour les émissions estimées de 2007 imputables à l'enfouissement de déchets solides dans le sol.

## 8.2.6. Améliorations prévues

Afin de pouvoir continuer à produire des rapports bisannuels sur l'état du captage et de l'utilisation des gaz d'enfouissement au Canada, la Division des gaz à effet de serre effectuera des recherches préparatoires avant l'enquête prévue pour l'été 2010 afin de recueillir des données d'activité pour 2008 et 2009. On utilisera les données sur les quantités de CH<sub>4</sub> capté, obtenues lors de l'enquête, pour préparer la déclaration de 2011. L'amélioration

prévue pour le rapport de 2010, soit l'établissement des constantes de décomposition propres à la production de méthane pour les trois mêmes périodes qui ont servi à calculer le potentiel de production de méthane (de 1941 à 1975, de 1976 à 1989 et de 1990 à 2008), a été reportée au rapport de 2011.

Une autre étude est envisagée pour examiner la quantité de déchets ligneux enfouis dans les décharges canadiennes de l'industrie du bois et des pâtes et papiers, et vérifier la méthodologie, les coefficients d'émissions et les données historiques d'activité présentement utilisés.

Une révision des données actuelles sera effectuée pour l'évaluation des émissions de CH<sub>4</sub> imputables aux décharges non aménagées. À l'heure actuelle, l'enquête bisannuelle de Statistique Canada, intitulé *Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques*, est la seule source de données relatives aux quantités de déchets enfouis dans les décharges. Les quantités de déchets envoyées dans les décharges non aménagées constituent une très petite fraction de la quantité totale de déchets éliminés au Canada. Les estimations déclarées des émissions ne seront prises en compte que si on détermine, après la révision, qu'il n'y a pas eu de double comptabilisation importante (c.-à-d. entre les déchets envoyés dans des décharges aménagées et non aménagées).

## 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 (ORTECH Corporation, 1994) afin d'établir un coefficient d'émission. 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 4,015 kg de CH<sub>4</sub>/personne par an.

Pour calculer les émissions de CH<sub>4</sub>, on multiplie les coefficients d'émission par la population de chaque province (Statistique Canada, 2006, 2009) et par la fraction des eaux usées qui fait l'objet d'un traitement anaérobie.

##### Traitement des eaux usées industrielles

En l'absence de données sur les activités, les émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à cette catégorie n'ont pas été évaluées. Bien que le traitement aérobie des eaux usées industrielles soit la technique généralement utilisée, on sait que quelques installations de traitement anaérobie ont été mises en place en 2006. On trouvera à l'annexe 3.5 une description de la méthodologie qui sera utilisée une fois que les données d'activité seront disponibles.

### 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, 2008c, 2009b). Ce rapport fournit les données des années 1991 et 1996, ainsi que pour la période de 2001 à 2008. 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. Les émissions ont été

calculées en multipliant le coefficient d'émission par la population de chaque province (Statistique Canada, 2006, 2009). Le Tableau 8-4 donne un aperçu des valeurs de ces deux paramètres pour la série chronologique.

#### 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

L'analyse qui suit sur l'incertitude des catégories de ce secteur se fonde sur les résultats déclarés dans le cadre d'une étude de quantification de l'incertitude du RIN canadien sur les GES (ICF Consulting, 2004). Cette évaluation de niveau 2 du degré d'incertitude emploie les valeurs de l'année d'inventaire 2001 (Environnement Canada, 2003b). Toutefois, comme les résultats de l'étude ont conduit à modifier la méthodologie, les coefficients d'émission et les sources d'information, ses résultats pourraient ne pas refléter fidèlement l'incertitude entourant les émissions de ce sous-secteur et les intrants du modèle. En l'absence d'une étude de suivi de niveau 2, les améliorations apportées devraient se traduire par une diminution du degré d'incertitude relatif à ce sous-secteur.

On estime que l'incertitude globale associée au sous-secteur du traitement des eaux usées se situe entre -40 % et +55 %. La plage d'incertitude qui figure dans l'étude d'ICF Consulting (2004) est inférieure à la fourchette de ±60 % estimée avec un intervalle de confiance de 90 % dans une étude antérieure fondée sur une méthode de niveau 1 reposant sur les données de 1990 (McCann, 1994). Il s'agit d'une amélioration au chapitre de l'incertitude estimée pour cette catégorie, étant donné que la plage d'incertitude mentionnée par ICF Consulting (2004) pour un intervalle de confiance de 95 % devrait normalement afficher une valeur supérieure à celle qui est assortie d'un intervalle de confiance de 90 %. D'après les données de 2001, l'incertitude des tendances liée aux émissions totales de GES (y compris le CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O) imputables aux systèmes de traitement des eaux usées

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 de 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>b</sup>	25,90	0,065
2006 <sup>b</sup>	25,90	0,065
2007 <sup>c</sup>	26,14	0,066
2008 <sup>c</sup>	25,85	0,065

Sources : <sup>a</sup>Statistique Canada (2007b), <sup>b</sup>Statistique Canada (2008c) et <sup>c</sup>Statistique Canada (2009b). 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.



est comprise entre + 12 % et + 13 %. C'est avec prudence qu'il faut extrapoler à l'inventaire de 2008 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.

### 8.3.4. AQ/CQ et vérification

On a procédé à un contrôle de qualité de niveau 1 pour cette catégorie clé. Aucune anomalie importante n'a été détectée. Une erreur lors de l'entrée des données a été trouvée et corrigée concernant la division cellulaire de l'azote dans le sous-secteur 6.B.2.2 des eaux usées humaines du CUPR de 2006 et 2007. Une valeur de 1.16 avait été mise au lieu de 0.16. Cette erreur n'affectait que le coefficient d'émissions impliqué dans le CUPR. Les émissions de N<sub>2</sub>O des rapports précédents n'ont jamais été affectées. Aucune anomalie importante n'a été signalée.

### 8.3.5. Recalculs

Aucun recalcul n'a été effectué pour la série chronologique de 1990 à 2006. Les émissions de N<sub>2</sub>O attribuables au traitement des eaux usées municipales ont changé pour 2007 à cause de la révision des données sur la consommation de protéines, qui a entraîné une très légère hausse de 0,1 % des émissions par rapport à la dernière déclaration. Les émissions de CH<sub>4</sub> attribuables à la même source que celle indiquée pour 2007 ont légèrement été modifiées par la mise à jour des données démographiques.

### 8.3.6. Améliorations prévues

On effectue une étude, qui sera terminée au printemps 2010, pour, entre autres, obtenir des coefficients d'émission de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O plus précis, calculer les incertitudes qui entachent les données d'activité, établir des coefficients d'émission et les quantités d'émissions de GES, et concevoir un modèle amélioré sur les eaux usées.

Des recherches, dont les résultats seront publiés dans les prochains rapports, seront réalisées pour estimer les émissions de CH<sub>4</sub> attribuables au sous-secteur du traitement des eaux usées industrielles.

## 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 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> qui y sont comprises résultent des déchets de carbone provenant des combustibles fossiles, comme les plastiques et le caoutchouc.

Les émissions de CH<sub>4</sub> résultant de l'incinération des DSM sont censées être négligeables et ne sont pas calculées faute de recherches sur les émissions sous-jacentes.

#### 8.4.1.2. 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 inci-



nées. 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>

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 ap-

plicables.

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. Les émissions de CH<sub>4</sub> des incinérateurs de DSM sont censées être négligeables.

#### Incinération des boues d'épuration

Les émissions produites par l'incinération des boues d'épuration dépendent de la quantité de solides séchés incinérée. Pour calculer les émissions de CH<sub>4</sub>, 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 lors d'une communication personnelle avec 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 2002-2008, on a procédé à une analyse de régression en utilisant les valeurs d'incinération des DSM de Chandler et de Compass Environmental Inc.

Les émissions de CH<sub>4</sub> ont été estimées en prenant pour base des coefficients d'émission extraits d'une publication de l'APE 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 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 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 2008 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

La catégorie importante des émissions de  $\text{CO}_2$  attribuables à l'incinération des DSM a fait l'objet d'une évaluation de la qualité de niveau 1. Aucune anomalie importante n'a été détectée.

### 8.4.5. Recalculs

Les nouveaux calculs effectués cette année n'ont pas entraîné de changement pour la série chronologique de 1990 à 2006. En 2007, il y a cependant eu une réduction des valeurs des émissions de l'ordre de 1 % par rapport à la déclaration précédente à cause de la révision des statistiques nationales relatives à la démographie.

### 8.4.6. Améliorations prévues

On envisage de mener une étude de suivi d'une enquête sur les activités d'incinération réalisée en 2008 pour améliorer les données recueillies sur les activités d'incinération au Canada de 1990 à 2009 et en recueillir davantage. Cette étude comportera une analyse des données sur les activités d'incinération municipale (composition des déchets, productivité annuelle de chaque usine, etc.), un examen des coefficients d'émission de GES et, dans la mesure du possible, l'établissement de coefficients d'émission de GES propres au pays ou fondés sur la technologie et une révision de l'inventaire actuel des incinérateurs canadiens de DSM. On envisage la possibilité d'intégrer ces données au modèle du secteur des déchets et aux méthodes du secteur de l'énergie (pour les installations dotées de systèmes de récupération de l'énergie).

On effectuera un examen des données actuelles en vue de pour calculer les émissions de  $\text{CH}_4$  imputables à l'incinération des déchets solides municipaux et les résultats seront présentés dans les prochains rapports.

On envisage également de mener une étude de quantification de l'incertitude afin de réviser les valeurs d'incertitude des données sur les activités, les paramètres de modélisation et les coefficients d'émission utilisés pour estimer les émissions du secteur des déchets. Les valeurs révisées devraient servir à établir des estimations de l'incertitude de niveau 1 et 2 des émissions sectorielles et nationales.

# 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 depuis la déclaration de 2009. On trouve à la section 9.2 une description des mesures d'amélioration prévues pour les prochains inventaires.

### 9.1. Explication et justification des recalculs

Aux termes de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, les Parties inscrites à l'Annexe 1 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. 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. Ce travail se fait dans le cadre de l'amélioration continue visant à intégrer des données ou des méthodes raffinées, à incorporer de nouvelles données ou des sources et des puits complémentaires, à donner suite aux nouvelles recommandations et à corriger les erreurs et les omissions.

Il n'y a pas eu, pour le présent inventaire, de recalculs pour les années 1990 à 2006. Les recalculs pour l'inventaire de 2007 s'appuient surtout sur les révisions des données d'activités transmises par Statistique Canada qui touchent les secteurs de l'énergie, des procédés industriels et de l'agriculture. Il n'y a pas eu de recalculs dans les secteurs ATCATF, tandis que dans celui des déchets il y a eu, en 2007, un recalcul des effets négligeables à partir de la révision des données démographiques. Par ailleurs, le Canada a signalé des mesures d'amélioration qui, une

Tableau 9-1 Sommaire des recalculs<sup>1</sup>

	Émissions de GES par année														
	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Total national<sup>2</sup></b>															
Actuel (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	592	641	659	672	678	691	717	711	717	741	741	731	718	750	734
RIN 2009 (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	592	641	659	672	678	691	717	711	717	741	741	731	718	747	-
Changement (%)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.44%	-
<b>ATCATF</b>															
Actuel (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	-52	198	-48	-84	118	18	-80	-84	85	56	117	41	41	45	-13
RIN 2009 (Mt d'éq. CO <sub>2</sub> )	-52	198	-48	-84	118	18	-80	-84	85	56	117	41	41	45	-
Changement (%)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-

fois appliquées, auront une incidence sur la série chronologique des inventaires à partir de 1990. Pour plus de détails, consulter la section 9.2 de même que les sections consacrées aux améliorations prévues des chapitres 3 à 8.

### 9.1.1. Répercussions sur les niveaux d'émissions

Dans l'ensemble, les émissions totales de GES (à l'exclusion du secteur ATCATF) ont été révisées à la hausse de 0,44 % en 2007. Pour plus de détails, consulter le Tableau 9–1.

### 9.1.2. Répercussions sur les tendances des émissions

Dans l'ensemble, le recalcul des prévisions totales des émissions de GES (à l'exclusion du secteur ATCATF) a également rehaussé la tendance observée entre 1990 et 2007, laquelle correspond maintenant à un accroissement de 26,8 % des émissions totales de GES depuis 1990 au lieu de l'accroissement de 26,2 % auparavant observé.

Tableau 9–2 Principales améliorations prévues

Secteur du CUPR	Catégorie	Description	Raison
1.A	Combustion fixe	Revoir les facteurs d'émission du charbon à partir d'une analyse détaillée des données sur l'extraction du charbon au Canada.	Les nouvelles données et le soutien de la Commission géologique du Canada pourraient accroître la précision des facteurs d'émission du charbon.
1.A.3.a	Aviation civile	Concevoir un modèle de niveau 3a pour évaluer les émissions des aéronefs à partir des données sur l'origine et la destination des aéronefs et des facteurs d'émission particuliers à ceux-ci.	Le modèle N3a permettra une désagrégation plus précise des émissions entre l'aviation civile (transport aérien intérieur) et les soutes d'aviation (transport aérien international).
1.A.3.d	Transport maritime	Concevoir un modèle amélioré de prévision des émissions du transport maritime.	Fait suite à la recommandation d'une équipe d'examen composée d'experts.
2	Procédés industriels	Étudier les catégories actuellement inscrites comme « EN » dans le CUPR (p. ex., production de caprolactam et de carburant).	Fait suite à la recommandation d'une équipe d'examen composée d'experts.
2.B.1	Procédés industriels – Production d'ammoniac	Déterminer les volumes de gaz naturel utilisé comme matière première et carburant et mettre à jour les FE.	Activités d'AQ et de CQ.
2.C.1	Procédés industriels – Sidérurgie	Revoir les hypothèses concernant l'agent réducteur utilisé pour réduire le minerai de fer et utiliser les valeurs de teneur de fonte brute et de carbone propres aux pays.	On sait que l'industrie de la sidérurgie utilise des agents réducteurs autres que le coke métallurgique (hypothèse actuelle). En outre, l'utilisation des valeurs de teneur en carbone propres aux pays au lieu des valeurs implicites du GIEC accroîtra la précision des prévisions des émissions.
2.F	Procédés industriels – Consommation d'halocarbures et de SF <sub>6</sub>	Mettre à jour les facteurs d'émission de HFC et obtenir de l'information sur les technologies de récupération et de recyclage des HFC.	HFC : fait suite à la recommandation d'une équipe d'examen composée d'experts et pour améliorer la méthode de prévision actuelle.
4.A/4B	Fermentation entérique / usage du fumier	Les recalculs des contributions de l'énergie nette (NE) au solde d'énergie brute (EB) dues à la perte de poids durant la lactation des bovins de boucherie et des bovins laitiers seront révisés pour la série des inventaires de 1990 à 2007.	Bonne pratique : maintenir l'uniformité des calculs des séries d'inventaires.

Table 9-2 Principales améliorations prévues (à suivre)

Secteur du CUPR	Catégorie	Description	Raison
4.B	Usage du fumier	Améliorer la description des systèmes régionaux d'usage du fumier.	Recommandation d'une équipe d'examen composée d'experts.
4A/4B/4D	Fermentation entérique, usage du fumier et sols agricoles	Les analyses d'incertitude de niveau 2 seront mises à jour en fonction des méthodes améliorées et de la gestion intégrée des données.	Recommandation d'une équipe d'examen composée d'experts.
4.D/4.F	Brûlage et décomposition des résidus de récolte	Faire état de toute la série de prévisions chronologiques relatives au brûlage des résidus de récolte en s'assurant qu'il n'y a pas double comptage des émissions d'azote des deux catégories.	Recommandation d'une équipe d'examen composée d'experts et bonne pratique pour éviter la surévaluation des émissions d'azote grâce à la gestion intégrée des données.
5.A/B	Terres forestières, terres cultivées	Corriger les irrégularités de la série d'inventaires.	Bonne pratique.
5.A/B/D/E Point d'information et tableaux CUPR 5(KP-1)A	Conversion des forêts	Mettre à jour les prévisions postérieures à 2000.	Les prévisions postérieures à 2000 utilisent une projection des taux de conversion.
5.A	Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	Modifier les paramètres du tableau des perturbations dues aux feux de forêt.	Nouvelle recherche donnant lieu à une amélioration des équations de la consommation de carburant.
5. A.2 et tableaux CUPR 5(KP-1)A	Terres reboisées	Revoir les prévisions des superficies de terres cultivées qui ont été reboisées.	Activités d'AQ et de CQ.
5.B.2.1 et tableaux CUPR 5(KP-1)A	Terres forestières transformées en terres cultivables	Modifier la méthode de transformation des terres boisées en terres cultivables dans les Prairies.	Fait suite à la révision du rapport d'examen annuel de 2009 effectué par l'équipe d'examen composée d'experts de la CCNUCC.
5.D	Zones humides -réservoirs	Utiliser une seule courbe pour les émissions superficielles des réservoirs.	Fait suite à une évaluation statistique des paramètres des courbes d'émissions.
5. D/E	Zone humides et peuplements	Terminer les évaluations de l'incertitude.	Fait suite à une recommandation d'une équipe d'examen composée d'experts.
6.A.2	Déchets – Enfouissement des déchets urbains sur les terres Sites d'enfouissement des déchets non gérés	On effectuera une étude afin de déterminer les quantités approximatives de déchets qui ont abouti dans des sites sans gestion au Canada entre 1941 et 2009.	Ce sous-secteur d'émissions ne fait l'objet d'aucune évaluation selon le rapport d'examen annuel de l'équipe composée d'experts de la CCNUCC qui a examiné le RIN de 2009.
6.B.1	Déchets – Traitement des eaux usées industrielles	On effectuera une étude afin de déterminer les émissions approximatives de gaz à effet de serre du traitement des eaux usées industrielles au Canada entre 1990 et 2009.	Ce sous-secteur d'émissions ne fait l'objet d'aucune évaluation selon le rapport d'examen annuel de l'équipe composée d'experts de la CCNUCC qui a examiné le RIN de 2009.
6.B.2	Déchets – Traitement des eaux usées résidentielles et commerciales	On effectue actuellement une étude sur les facteurs d'émission de CH <sub>4</sub> et de N <sub>2</sub> O et on les mettra à jour s'il y a lieu.	Cette question doit être examinée selon le rapport d'examen annuel de l'équipe composée d'experts de la CCNUCC qui a examiné le RIN de 2009.
6.C	Déchets – Incinération	On effectuera une étude interne dans le but de recueillir des données sur les activités actuelles des installations d'incinération des déchets au Canada et les évaluer.	Fournir des données afin de produire des prévisions plus précises des émissions au cours des dernières années et établir la proportion adéquate des émissions générées à la suite de la récupération d'énergie dans les installations d'incinération, à transférer au secteur de l'énergie.



## 9.2. Améliorations prévues

On trouvera ci-dessous la liste des mesures d’amélioration prévues qui 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. Le Tableau 9–2- présente une description des mesures améliorations prévues et les raisons qui les justifient.

# Références

## Sommaire

CCNUCC. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. 2008. GHG Data, Time Series, Annexe 1 1990–2006. Disponible en ligne à : [http://unfccc.int/ghg\\_data/ghg\\_data\\_unfccc/time\\_series\\_annex\\_i/items/3841.php](http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/time_series_annex_i/items/3841.php)

Environnement Canada. 2008. Updated Fossil Fuel Import and Export Models. Rapport non publié. Environnement Canada.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux, 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. 2003. Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf\\_languages.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_languages.html)

GIEC/OCDE/AIE. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Organisation de coopération et de développement économiques et Agence internationale de l'énergie. 1997. Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée 1996. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/french.htm>

Neitzert, F., K. Olsen et P. Collas. 1999. Inventaire canadien des gaz à effet de serre, émissions et absorptions de 1997 et tendances. Ottawa. Environnement Canada.

Nyboer, J. et Tu K. 2006. GHG Emission Trend Analysis in the Fossil Fuel Production Industries. Ébauche. Burnaby (Colombie-Britannique), Canadian Industrial Energy End-Use Data and Analysis Centre, Université Simon Fraser.

Nyboer, J. et Tu K. 2008. GHG Emission Trend Analysis in the Fossil Fuel Production Industries. Mise à jour de 2008. Burnaby (Colombie-Britannique), Canadian Industrial Energy End-Use Data and Analysis Centre, Université Simon Fraser.

RNCan. Ressources naturelles du Canada. 2005. Évolution de l'efficacité énergétique au Canada, 1990 à 2003, Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles du Canada, Ottawa, n° M141-1/2003.

Statistique Canada. 2008. L'observateur économique canadien. Décembre 2008. N° 11-010-XIB au catalogue.

Statistique Canada, 2009. Statistiques démographiques annuelles. N° 91-213-XIB au catalogue.

Statistique Canada. 2009. Produit intérieur brut par industrie. Octobre 2009. N° 15-001-XIB au catalogue.

Statistique Canada. Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada, 1991-2008. N° 57-003-XIB au catalogue.

## Chapitre 1, Introduction

CCNUCC. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. 2009a. Données présentées dans les inventaires nationaux de gaz à effet de serre pour la période 1990-2007. Octobre, FCCC/SBI/2006/26. Disponible en ligne : [http://unfccc.int/ghg\\_data/ghg\\_data\\_unfccc/time\\_series\\_annex\\_i/items/3841.php](http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/time_series_annex_i/items/3841.php).

CCNUCC. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. 2008b. 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>.

Environnement Canada. 2003. Inventaire canadien des gaz à effet de serre, 1990-2001. Division des gaz à effet de serre.

Environnement Canada. 2005. *Une introduction au changement climatique – Une perspective canadienne*. H. Hengeveld, Whitewood, B. et Fergusson, A. Environnement Canada. Disponible en ligne : [http://www.msc.ec.gc.ca/education/scienceofclimatechange/publications/reports\\_papers/index\\_f.html?](http://www.msc.ec.gc.ca/education/scienceofclimatechange/publications/reports_papers/index_f.html?)

Environnement Canada. 2009. *Bulletin des tendances et des variations climatiques : Température et précipitations dans une perspective historique, Annuelle 2007/8*, Environnement Canada. 2008 Disponible en ligne : [http://www.msc-smc.ec.gc.ca/ccrm/bulletin/annual07/national\\_f.cfm?](http://www.msc-smc.ec.gc.ca/ccrm/bulletin/annual07/national_f.cfm?)

Environnement Canada. GES, sSite Internet de divulgation diffusion de l'information sur les GES. Disponible en ligne : [http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/ghg\\_home\\_f.cfm](http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/ghg_home_f.cfm)

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 1995. Climate Change 1995 : The Science of Climate Change. Contribution du Groupe de travail 1 au Deuxième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, p. 22. Cambridge University Press. Cambridge, Royaume-Uni. (Le rapport principal n'est pas disponible en français.)

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur

l'évolution du climat. 2000. Recommandations en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum\\_fr.htm/](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.htm/).

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2003. Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation d'utilisation des terres et foresterie, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf\\_languages.htm](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_languages.htm).

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2007a. Climate Change 2007: Synthesis Report Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [groupe de rédacteurs principaux, Pachauri, R.K et Reisinger, A.(dir.)]. Genève, Suisse. Disponible en ligne : [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.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 and 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. Disponible en ligne : [http://www.ec.gc.ca/registrelcpe/the\\_act/default.cfm](http://www.ec.gc.ca/registrelcpe/the_act/default.cfm).

ICF Consulting. 2004. Quantitative Assessment of Uncertainty in Canada's National GHG Inventory Estimates

for 2001. Rapport non publié. Contrat n° K-2362-3-0060. Présenté à Environnement Canada.

ICF Consulting. 2005. Quantitative Assessment of Uncertainty in Canada's National GHG Inventory Estimates for 2001—Supplementary Analysis. Rapport final. Mars.

OMM. Organisation météorologique mondiale. 2009. Bulletin de l'OMM sur les gaz à effet de serre en 2008 - Concentration record des principaux gaz à effet de serre atteignent les niveaux les plus élevés depuis l'époque préindustrielle, novembre 2009, communiqué de presse n° 868. Disponible en ligne : [http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press\\_releases/pr\\_868\\_fr.html](http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_868_fr.html). <ftp://ftp.wmo.int/Documents/PublicWeb/arep/gaw/ghg-bulletin-4-final-english.pdf>.

## Chapitre 2, Tendances des émissions de gaz à effet de serre, 1990–2008

### Partie A

Environnement Canada. 2009. *An Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada 2007*. Rapport préparé par la Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2003. *Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf\\_languages.htm](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_languages.htm).

[RNCAN] Ressources naturelles Canada. 2009. Base de données complète sur la consommation d'énergie, de 1990 à 2007. Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles du Canada, Ottawa. [Révisé en août 2009; consulté le 16 février 2010]. Disponible en ligne : [http://oe.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/tableaux\\_complets/index.cfm?fuseaction=Selector.showTree&attr=0](http://oe.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/tableaux_complets/index.cfm?fuseaction=Selector.showTree&attr=0).

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>.

[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/cmy-amc/com-fra.htm>

[RNCAN] Ressources naturelles Canada. 2009. Base de données complète sur la consommation d'énergie, de 1990 à 2007. Ottawa : Office de l'efficacité énergétique. [Revue en août 2009. Consultée le 16 février 2010]. Disponible à l'adresse : [http://oe.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/tableaux\\_complets/index.cfm?fuseaction=Selector.showTree&attr=0](http://oe.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/tableaux_complets/index.cfm?fuseaction=Selector.showTree&attr=0)

[RNCAN] Ressources naturelles Canada. 2010. Les forêts du Canada – Produits des pâtes et papiers. Disponible en ligne : <http://www.canadaforests.nrcan.gc.ca/article/pulp-paperproducts>

Statistique Canada. 1991-2008. *Produits chimiques industriels et résines synthétiques*, n° au catalogue 46-002-XWF.

Statistique Canada. 2000, 2003, 2004, 2007, 2008. *Enquête de l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques*, Système de la comptabilité nationale, Statistique Canada, n° 16F0023XIF. Disponible en ligne : <http://www.statcan.ca/bsolc/francais/bsolc?catno=16F0023X&CHROPG=1>.

Statistique Canada. 2001. Indice des prix des produits agricoles. N° 1-007-XIB au catalogue. Disponible en ligne : <http://www.statcan.gc.ca/pub/21-007-x/21-007-x2001010-eng.pdf>

Statistique Canada. 2007. Recensement de 2006, diffusion n° 3, 12 septembre 2007 – *Logement et coûts d'habitation* (incluant les caractéristiques du logement). Disponible en ligne : <http://www12.statcan.ca/census-recensement/2006/rt-td/hs-log-fra.cfm>

Statistique Canada. 2009. Indice des prix des produits agricoles. N° 21-007-XIB. Disponible en ligne : <http://www.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=21-007-X&lang=eng>.

Statistique Canada. 2009. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (rapport annuel)*, n° 57-003-XIB au catalogue.

Statistique Canada. *Guide statistique de l'énergie*, n° 57-601-XIF.

## Partie B

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2009a. Statistical Handbook for Canada's Upstream Petroleum Industry. Table 3.2a Canadian Synthetic and Bitumen Production 1967–2008. [Mis à jour en novembre 2009; consulté en février 2010]. Disponible à l'adresse : <http://www.capp.ca/library/statistics/handbook>.

[ACPP]. Association canadienne des producteurs pétroliers. 2009b. Statistical Handbook for Canada's Upstream Petroleum Industry. Table 5.5f Reference Crude Oil Prices and Foreign Exchange Rates. [Mis à jour en novembre 2009;

consulté en février 2010]. Disponible à l'adresse : <http://www.capp.ca/library/statistics/handbook>.

[CIEEDAC]. Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie. 2008. A Review of Energy Consumption and Related Data: Canadian Iron and Steel and Ferro-Alloy Manufacturing Industries 1990 to 2006. Mars 2008.

[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 Iron and Steel and Ferro-Alloy Manufacturing Industries 1990 to 2008. Mars 2010.

[EIA] Energy Information Agency. 2004. World Energy Use and Carbon Dioxide Emissions, 1980–2001. Energy Information Agency, Washington, D.C., États-Unis.

Informetrica Inc. 2009. Industrial Sector Real Gross Domestic Product (GDP) by North American Industry Classification (NAIC). Décembre 2009.

[NHTSA] National Highway Traffic Safety Administration. 2007. New Passenger Car and Truck Fleet Characteristics. National Highway Traffic Safety Administration, Washington, D.C., États-Unis.

Nyboer, J. et 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. [Mis à jour en juin 2006; consulté en mars 2010]. Disponible à l'adresse : <http://www.neb.gc.ca/clf-nsi/rnrgynfmetn/nrgyrprt/lnd/lnd-fra.html>.

[RNCAN] Ressources naturelles Canada. 2009. Base de données complète sur la consommation d'énergie. Ottawa : Office de l'efficacité énergétique. [Revue en août 2009; consultée le 16 février 2010]. Disponible à l'adresse : [http://oe.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/tableaux\\_complets/index.cfm?fuseaction=Selector.showTree&attr=0](http://oe.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/tableaux_complets/index.cfm?fuseaction=Selector.showTree&attr=0).

[RNCAN] Ressources naturelles Canada. 2010. *Perspectives des émissions du Canada : une mise à jour*. Ressources naturelles Canada, Ottawa (Ontario), Canada.

Saskatchewan Bureau of Statistics. 2009. Economic Review 2008, Regina (Saskatchewan).

Statistique Canada. 2001. Indice des prix des produits agricoles. N° 21-007-XIB au catalogue. Ottawa (Ontario). Disponible à l'adresse : <http://www.statcan.gc.ca/pub/21-007-x/21-007-x2001010-eng.pdf>.

Statistique Canada. 2009a. Estimations démographiques annuelle : Canada, provinces et territoires. N° 91-215-XIF au



catalogue. Ottawa (Ontario). Disponible à l'adresse : <http://www.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=91-215-XIF&lang=fra>.

Statistique Canada. 2009b. Aviation civile, statistiques d'exploitation et financières trimestrielles, transporteurs aériens canadiens, niveaux I et II. N° 51-004-X au catalogue. Ottawa (Ontario). Disponible à l'adresse : [http://dsp-psd.tpsgc.gc.ca/collection\\_2009/statcan/51-004-X/51-004-x2009006-fra.pdf](http://dsp-psd.tpsgc.gc.ca/collection_2009/statcan/51-004-X/51-004-x2009006-fra.pdf).

Statistique Canada. 2009c. Guide statistique de l'énergie. N° 57-601-XWF au catalogue, tableau 8.7-1. Ottawa (Ontario). Disponible à l'adresse : <http://www.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=57-601-X&lang=fra>.

Statistique Canada. 2009d. Indice des prix des produits agricoles. N° 21-007-XWF au catalogue. Ottawa (Ontario). Disponible à l'adresse : <http://www.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=21-007-X&lang=fra>.

Statistique Canada. 2009e. Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (annuel). N° 57-003-XIB au catalogue. Ottawa, Ontario.

Statistique Canada. 2009. Produit intérieur brut par industrie. N° 15-001-X au catalogue.

Statistique Canada. Non daté. Tableau 051-0001 : Estimations de la population, selon le groupe d'âge et le sexe, Canada, provinces et territoires (annuel). CANSIM (base de données).

Statistique Canada. Non daté. Tableau 051-00341 : Population totale, divisions de recensement et régions métropolitaines de recensement, frontières du recensement de 2001, annuel (personnes). CANSIM (base de données).

Statistique Canada. Non daté. Tableau 282-0008 : Enquête sur la population active (EPA), selon le système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SIAN) et le niveau de scolarité atteint, le sexe et le groupe d'âge, données annuelles (personnes sauf indication contraire CANSIM (base de données).

Statistique Canada. Non daté. Tableau 303-0060 : Production, livraisons et inventaires de ciment, mensuel (tonnes métriques). CANSIM (base de données).

Statistique Canada. Non daté. Tableau 303-0061 : Destination des livraisons de ciment, mensuel (tonnes métriques). CANSIM (base de données).

Statistique Canada. Non daté. Tableau 384-0002 : Produit intérieur brut (PIB), en termes de dépenses, comptes économiques provinciaux, annuel (dollars x 1 000 000). CANSIM (base de données).

Statistique Canada. Non daté. Tableau 404-0016: Enquête sur le transport ferroviaire, sommaire des statistiques sur

le transport de marchandises et de voyageurs, (annuel) (tableau). CANSIM (base de données).

TFIS Inc. 2008. Canadian Liquid Transportation Biofuels Production and Consumption Information. Rapport inédit préparé par TFIS Inc pour la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

## 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, Québec, BioMer. Rapport final.

Canadian Facts. 1997. Residential Fuelwood Combustion in Canada, Canadian Facts. Rapport présenté pour le National Emission Inventory and Project Task Group. Toronto (Ontario), Canada. Avril.

CAPP. 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.

CAPP. 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.

CAPP. 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.

CAPP. 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.

[CGA] Canadian Gas Association. 1997. 1995 Air Inventory of the Canadian Natural Gas Industry. Calgary (AB): 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. 1999. CAC Division 1995 Criteria Contaminants Emissions Inventory Guidebook, Version 1, Section 2.4. Ottawa (Ontario) : Groupe de travail sur les



- émissions et les projections, Environnement Canada. Mars.
- Environnement Canada. 2007. Bitumen-Oil Sands Extrapolation Model – Rev 3. Calgary (Alberta) : Clearstone Engineering Ltd.
- Environnement Canada. 2008. Updated Fossil Fuel Import and Export Models. Rapport non publié. Environnement Canada.
- ERCB. Energy Resources Conservation Board. 2008. Mineable Alberta Oil Sands, Annual Statistics for 2007: ST43-2008. Disponible en ligne : [http://www.ercb.ca/portal/server.pt/gateway/PTARGS\\_0\\_0\\_308\\_265\\_0\\_43/http%3BercbContent/publishedcontent/publish/ercb\\_home/publications\\_catalogue/publications\\_available/serial\\_publications/st43.aspx](http://www.ercb.ca/portal/server.pt/gateway/PTARGS_0_0_308_265_0_43/http%3BercbContent/publishedcontent/publish/ercb_home/publications_catalogue/publications_available/serial_publications/st43.aspx)
- 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>
- 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.
- 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 n° SPE5/AP/4.
- 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.
- Mourits F. 2010. CO<sub>2</sub> Injected for Weyburn and Midale Operation email, IEA GHG Weyburn-Midale CO<sub>2</sub> Monitoring and Storage Project, Natural Resources Canada. January 2010.
- Office national de l'énergie. Production estimative de pétrole brut et d'équivalents au Canada. 1998-2008. Disponible en ligne : <http://www.neb.gc.ca/clf-nsi/rnrgynfmrtn/sttstc/crdlndp-trlmpdct/stmtdprdcn-eng.html>
- ORTECH Corporation. 1994. Inventory Methods Manual for Estimating Canadian Emissions of Greenhouse Gases. Rapport non publié préparé pour la Direction générale des affaires réglementaires et de l'intégration des programmes, Conservation et protection, Environnement Canada, rapport no 93-T61-P7013-FG.
- PTRC. Petroleum Technology Research Centre. 2004. IEA GHG Weyburn CO<sub>2</sub> Monitoring & Storage Project Summary Report 2000-2004. Regina (Saskatchewan). [http://www.ptrc.ca/siteimages/Summary\\_Report\\_2000\\_2004.pdf](http://www.ptrc.ca/siteimages/Summary_Report_2000_2004.pdf)
- Radke, L.F., D.A. Hegg, P.V. Hobbs, J.D. Nance, J.H. Lyons, K.K. Laursen, R.E. Weiss, P.J. Riggan et D.E. Ward. 1991. Particulate and trace gas emissions from large biomass fires in North America, in J.S. Levine (dir.) Global Biomass Burning: Atmospheric Climatic and Biospheric Implications. Cambridge (MA) : Massachusetts Institute of Technology, États-Unis.
- Rosland, A., et M. Steen. 1990. Klimgass-Regnshap for Norge, Statens Forurensningstilsyn, Oslo, Norvège.
- 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.
- Statistique Canada. Production, transport et distribution d'électricité (annuel). N° 57-202-XWF au catalogue.
- Statistique Canada. Transport et distribution du gaz naturel. N° 57-205-XIB au catalogue.
- Statistique Canada. Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada, (annuel). N° 57-003-XIB au catalogue.
- Statistique Canada. 1995. Équipement ménager. Divi-

sion du revenu et des dépenses des consommateurs. Statistique Canada. N° 64-202 au catalogue (publication révisée).

Statistique Canada. 2009. Tableau 131-0001 – Approvisionnements et utilisations du gaz naturel, mensuel (mètres cubes). CANSIM. Disponible en ligne : <http://cansim2.statcan.ca/>

TFIS, inc. 2008. Canadian Liquid Transportation 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. Environmental Protection Agency. 1995a. Compilation of Air Pollutant Emission Factors—Vol. I: Stationary Point and Area Sources, AP 42, 5th Edition, Washington, D.C. : U.S. Environmental Protection Agency, États-Unis, disponible auprès des National Technical Information Services, Springfield, Virginia, 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 n° EPA-453-/R-95-017.

U.S. EPA. Environmental Protection Agency. 1996. Compilation of Air Pollutant Emission Factors—Vol. I: Stationary Point and Area Sources, AP 42, 5th Edition, Supplement B. Washington, D.C. : U.S. Environmental Protection Agency. Janvier.

## 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 obtenue 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> Emis-

sions 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.

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. 2007. A Review of Energy Consumption and Related Data: Canadian Cement Manufacturing Industry, 1990 to 2004. Université Simon Fraser, Burnaby (Colombie-Britannique). Janvier.

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 1<sup>er</sup> octobre 2007; données pour 2007 extraites le 12 novembre 2008. 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 à : <http://www.world-aluminium.org/?pg=/Downloads/Publications/Full%20Publication&path=344>.
- 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'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières. 2006. MINIFILE Mineral Inventory, gouvernement de la Colombie-Britannique. Disponible en ligne : <http://www.em.gov.bc.ca/Mining/Geolsurv/Minfile/>.
- 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 Section des ressources en agrégats, de la Direction de la gestion des terres, du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario.
- ORTECH Corporation. 1994. Inventory Methods Manual for Estimating Canadian Emissions of Greenhouse Gases. Rapport non publié préparé pour la Direction générale des affaires réglementaires et de l'intégration des programmes, Conservation et protection, Environnement Canada, rapport n° 93-T61-P7013-FG.
- 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. Base de données sur le commerce international canadien de marchandises. Disponible en ligne : [http://www.statcan.gc.ca/trade/scripts/trade\\_search.cgi/f\\_](http://www.statcan.gc.ca/trade/scripts/trade_search.cgi/f_).
- Statistique Canada. Ciment, 1990–2004 (mensuel), n° 44-001-XIB au catalogue.
- Statistique Canada. Produits chimiques industriels et résines synthétiques, 1990–2008 (mensuel). n° 46-002-XIF au catalogue.
- Statistique Canada. Industries des produits minéraux non métalliques (annuel), n° 44-250-XIF 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, 1990-2007 (annuel). n° 57-003-XIB au catalogue.
- Statistique Canada. Acier, produits tubulaires et fil d'acier, 2004–2008 (mensuel), n° 41–019-XIF au catalogue.
- Statistique Canada, Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada, 1990-2008 (rapport annuel), n° 57-003-XIB au catalogue.
- Statistique Canada. 2009. Base de données CANSIM. Tableau 303-0060 : Production, livraisons et inventaires de ciment, mensuel (tonnes métriques) 2007. Disponible en ligne : <http://cansim2.statcan.ca/>.
- 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 final. Markham (Ont.): 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/AEI] 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. 2009. Commerce international canadien de marchandises Base de données. Disponible en ligne : [http://www.statcan.gc.ca/trade/scripts/trade\\_search.cgi/f\\_](http://www.statcan.gc.ca/trade/scripts/trade_search.cgi/f_)

Statistique Canada. Statistiques démographiques. 1990–2000 (annuelles). N° 91-213-XIB.

Statistique Canada. Estimations démographiques. 2001–2007 (annuelles). N° 91-215-X.

## Chapitre 6, Agriculture

Beauchemin, K.A., et S.M. McGinn. 2005. Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets, *Journal of Animal Science*, 83(3) : 653–661.

Boadi, D.A., et K.M. Wittenberg. 2002. Methane production from dairy and beef heifers fed forages differing in nutri-

ent density using the sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) tracer gas technique, *Canadian Journal of Animal Science*, 82 : 201–206.

Boadi, D.A., K.M. Wittenberg et A.D. Kennedy. 2002a. Variation of the sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) tracer gas technique for measurement of methane and carbon dioxide production by cattle, *Canadian Journal of Animal Science*, 82 : 125–131.

Boadi, D.A., K.M. Wittenberg et W.P. McCaughey. 2002b. Effects of grain supplementation on methane production of grazing steers using the sulphur (SF<sub>6</sub>) tracer gas technique, *Canadian Journal of Animal Science*, 82 : 151–157.

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, CA, Janzen HH, Paustian K, Gregorich EG, Sherrod L, Liang BC, Zentner RP. 2005. Carbon storage in soils of the North American Great Plains: effect of cropping frequency. *Agronomy Journal*, 97 : 349–363.

CANSIM. Système canadien d'information socio-économique [base de données dans Internet]. Statistique Canada. [mis à jour quotidiennement; consulté le 10 janvier 2008]. Disponible en ligne : <http://cansim2.statcan.ca/>

[CANSIM] Système canadien d'information socio-économique [base de données dans Internet]. Statistique Canada. [mis à jour quotidiennement]. Tableau 003-0032 - Nombre de bovins, selon la classe et le type d'exploitation agricole, annuel, téléchargé en oct. 2009.

[CANSIM] Système canadien d'information socio-économique [base de données dans Internet]. Statistique Canada. [mis à jour quotidiennement]. Tableau 003-0031 - Moutons et agneaux, nombre dans les fermes, annuel, téléchargé en oct. 2009.

[CANSIM] Système canadien d'information socio-économique [base de données dans Internet]. Statistique Canada. [mis à jour quotidiennement]. Tableau 003-0004 - Nombre de porcs dans les fermes à la fin du trimestre, trimestriel, téléchargé en oct. 2009.

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.
- Liang, B.C., B.G. McConkey, C.A. Campbell, D. Curtin, G.P. Lafond, S.A. Brandt et A.P. Lafond. 2004. 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 BC, Padbury G, Patterson G. 2004a. Cultivated organic soils in Canada. Greenhouse Gas Division of Environment Canada, Fontaine Building, 200 Sacré-Coeur, Gatin-eau, Québec.
- Malhi, SS, Lemke R. 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, Clark K, Wagner-Riddle C. 2005. Determining manure management practices for major domestic animals in Canada. Final report submitted to the Greenhouse Gas Division, Environment Canada, by the Department of Land Resource Science, University de Guelph, Guelph (Ontario), Canada.
- McAllister TA, Basarab J. 2004. A review of the report “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”. Report submitted to the Greenhouse Gas Division, Environment Canada, by Agriculture and Agri-Food Canada, Lethbridge (AB) and Alberta Agriculture, Lacombe (AB).
- McCaughey, W.P., K. Wittenberg et D. Corrigan. 1997. Methane production by steers on pasture, *Canadian Journal of Animal Science*, 77 : 519–524.
- McCaughey, W.P., K. Wittenberg et D. Corrigan. 1999. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows, *Canadian Journal of Animal Science*, 79 : 221–226.
- 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.
- McGinn, S.M., K.A. Beauchemin, T. Coates et D. Colombatto. 2004. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid, *Journal of Animal Science*, 82(11) : 3346–3356.
- McGinn, S.M., T.K. Flesch, L.A. Harper et K.A. Beauchemin. 2006. An approach for measuring methane emissions from whole farms, *Journal of Environmental Quality*, 35(1) : 14–20.
- Mosier A, Kroeze C, Nevison C, Oenema O, Seitzinger S, van Cleemput O. 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, Desjardins R. 2004. Comments on "Determining Manure Management Practices for Major Domestic Animals in Canada" by Marinier et al. (2004). Report submitted to the Greenhouse Gas Division, Environment Canada, by Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa (Ont.).

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, Angers DA, Chantigny MH, Bertrand N. 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 2007a. Recensement de l'agriculture de 2006. N° 95-629 au catalogue. Disponible en ligne : <http://www.statcan.gc.ca/ca-ra2006/index-fra.htm>

Statistique Canada 2007b. Certaines données chronologiques du Recensement de l'agriculture. N° 95-632 au catalogue. Disponible en ligne : <http://www.statcan.gc.ca/pub/95-632-x/2007000/t/4129745-fra.htm>

Statistique Canada. 2008. Espèces alternatives de bétail sur les fermes au Canada — Années de recensement 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006, n° 23-502 au catalogue.

## Chapitre 7, Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie

[AAC]. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Le système canadien de classification des sols, 3<sup>e</sup> édition, Groupe de travail sur la classification des sols, publication 1646. Presses du Conseil national de recherche du Canada, 1998.

Bruce, J. P., M. Frome, E. Haites, H. Janzen, R. Lal et K. Paustian. 1999. Carbon sequestration in soils, *Journal of Soil Water Conservation*, 54:382–389.

Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, F. Selles et D. Curtin. 1996. Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan, *Canadian Journal of Soil Science*, 76:395–401.

Cleary, J. 2003. Greenhouse Gas Emissions from Peat Extraction in Canada: A Life Cycle Perspective. Mémoire de maîtrise, Université McGill, Montréal (Québec), Canada, rapport C2GCR n° 2003-1.

de Groot WJ, J. M. Pritchard et T. J. Lynham. 2009. Forest floor fuel consumption and carbon emissions in Canadian boreal forest fires. *Canadian Journal Forestry Research* 39:367–382.

Dymond C. 2008. Overview QAQC Procedures for NIR 2009. Rapport interne. Ressources naturelles Canada – Service canadien des forêts. Victoria (Colombie-Britannique).

Environnement Canada. 2003. Les terres humides au Canada. Disponible en ligne : [http://www.ec.gc.ca/water/fr/nature/wetlan/f\\_canada.htm](http://www.ec.gc.ca/water/fr/nature/wetlan/f_canada.htm).

Fournier R. A., M. Grenier, A. Lavoie et R. Hélie. 2007. Towards a strategy to implement the Canadian Wetland Inventory using satellite remote sensing. *Canadian Journal of Remote Sensing* 33(1):S1-S16.

[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/gpglulucf\\_languages.htm](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_languages.htm).

[GIEC]. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Vol. 4, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.htm>.

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, I 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.
- Kull, S.J., W.A. Kurz, G.J. Rampley, G.E. Banfield, R.K. Schivatcheva, M.J. Apps. 2006. Modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien (MBC-SFC3) à l'échelle des opérations, Version 1.0 : 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, J. Metsaranta, M.J. Apps 2009 CBM-CFS3: A model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards. *Ecological Modelling* 220:480–504.
- Leckie, D., D. Paradine, W. Burt, D. Hardman, F. Eichel, S. Tinis et D. Tammadge. 2006a. NIR 2007 Deforestation Area Estimation: Methods Summary, Digital Remote Sensing, Deforestation Monitoring Group, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Victoria (Colombie-Britannique).
- Leckie, D., D. Paradine, D. Hardman et S. Tinis. 2006b. NIR 2006 Deforestation Area Estimation: Methods Summary. Rapport interne, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Victoria (Colombie-Britannique). 13 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, immeuble Fontaine, 200 Sacré-Coeur, 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/ecostat/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.
- McRae D.J. 1980. Preliminary fuel consumption guidelines for prescribed burning in Ontario slash fuel complexes. Service canadien des forêts. Sault Ste. Marie, Ont., Inf. Rep. O-X-316.
- Metsaranta J., G. Stinson, G. J. Rampley, C. Smyth, E. Neilson, W. A. Kurz. 2009. Uncertainty Estimates: National Forest GHG Inventory Reporting for the 2010 National Inventory Report. Manuscript 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.rncan.gc.ca/subsite/afforestation/forest2020pda>.
- [RNCAN] Ressources naturelles Canada. 2007. Inventaire forestier : Canada. Ressources naturelles Canada. Disponible en ligne : <http://foretscanada.rncan.gc.ca/profil-stats/inventaire/ca?sid=lqdmih5m1jsfplle0u7m6b3dklh8vu>.
- 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. Benthams 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

- Bingemer, H.G., et P.J. Crutzen. 1987. The production of methane from solid wastes, *Journal of Geophysical Research*, 92: 2181–2187.
- 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 pour 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 2007. Rapport 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 en ligne : [http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climate-Data/canada\\_f.html](http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climate-Data/canada_f.html)?

EPA Environment Protection Agency. 1995. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Vol. I, Stationary Point and Area Sources, Chapter 2: Solid Waste Disposal, 5<sup>e</sup> 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 internatio-

nale 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.

ORTECH Corporation. 1994. Inventory Methods Manual for Estimating Canadian Emissions of Greenhouse Gases. Rapport non publié préparé pour la Direction générale des affaires réglementaires et de l'intégration des programmes, Conservation et protection, Environnement Canada, rapport n° 93-T61-P7013-FG.

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 (2004) Documentation for Changes to the Methodology for the Inventory of Methane Emissions from Landfills. Septembre 2004.

Statistique Canada. 2000, 2003, 2004, 2007a, 2008a. Enquête de l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques, Système de comptabilité national, Statistique Canada. N° 16F0023XIF au catalogue.

Statistique Canada. 2006. Statistiques démographiques annuelles. N° 91-213-XIB au catalogue.

Statistique Canada. 2007b, 2008c, 2009b Statistiques sur les aliments. N° 21-020-XIF au catalogue.

Statistique Canada. 2009. Estimations démographiques annuelles, Canada, provinces et territoires. N° 91-215-X au catalogue

Tchobanoglous, G.H., et S. Vigil Theisen. 1993. Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues, McGraw Hill, New York, N.Y., États-Unis.

Thompson, S., J. Sawyer, R.K. Bonam et S. Smith. 2006. Recommendations for Improving the Canadian Methane Generation Model for Landfills, Natural Resources Institute, Université du Manitoba, Winnipeg (Manitoba), Canada.

Thompson, S., et S. Tanapat. 2005. Waste management options for greenhouse gas reduction, Journal of Environmental Informatics, 6(1): 16–24.