



Environment
Canada

Environnement
Canada



Rapport d'inventaire national

1990-2008

Partie 2

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

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives 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

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 ₂ O ₃	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 ₀	potentiel de production maximale de méthane
BDEEC	Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada
C	carbone
C ₂ F ₆	hexafluorure de carbone
CA	climatisation de l'air
CaCO ₃	carbonate de calcium; calcaire
CaMg(CO ₃) ₂	dolomite (appelé également CaCO ₃ ·MgCO ₃)
CANSIM	principale base de données socioéconomique de Statistique Canada
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
CDléger	camion léger à moteur diesel
CDlourd	camion lourd à moteur diesel
C ₂ F ₆	hexafluorure de carbone
CE	coefficient d'émission
CE _{BASE}	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 ₄	tétrafluorure de carbone
CFC	chlorofluorocarbure
CGT	changements dans la gestion des terres
CH ₃ OH	méthanol
CH ₄	méthane
CIEEDAC	Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie
CO	monoxyde de carbone
CO ₂	dioxyde de carbone
COB	carbone organique biodégradable
COD	carbone organique dégradable
COD _F	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 ₅	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 ₂	équivalent CO ₂
ER	émissions des récoltes
ERCB	Energy Resources Conservation Board
EVC	Enquête sur les véhicules au Canada
F _{TRAVAIL}	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 ₂	hydrogène
H ₂ O	eau
ha	hectare

HCFC	hydrochlorofluorocarbure
HCl	acide chlorhydrique
HFC	hydrofluorocarbure
HNO ₃	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 ₂ CO ₃	carbonate de potassium
kg	kilogramme
kha	millier d'hectares
kPa	kilopascal
kt	kilotonne
kWh	kilowattheure
L	litre
L ₀	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 ³	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 ₃	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 ₂	azote gazeux
N ₂ O	oxyde de diazote
Na ₂ CO ₃	carbonate de sodium
Na ₃ AlF ₆	cryolite

N/D	non disponible
NE	non estimé
NH ₃	ammoniac
NH ₄ ⁺	ammonium
NH ₄ NO ₃	nitrate d’ammonium
NO	monoxyde d’azote
NO ₂	dioxyde d’azote
NO ₃ ⁻	nitrate
NO _x	oxydes d’azote
NOC	Nitrous Oxide of Canada
O ₂	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 ₆	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 ₂	dioxyde de soufre
SO _x	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

Acronymes, abréviations et unités	4
Annexe 1 Catégories clés	18
A1.1. Catégories clés— méthodologie	18
A1.2. Tableaux des catégories clés	22
Annexe 2 Méthodologie et données employées pour estimer les émissions dues à la combustion de combustibles fossiles	29
A2.1. Méthodologie	29
A2.2. Données sur les activités – Statistique Canada	30
A2.3. Coefficients d'émission des modèles de combustion	31
A2.4. Méthodologie pour la combustion fixe et le transport	32
Annexe 3 Autres méthodologies	55
A3.1. Méthodologie pour les émissions fugitives attribuables à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles	55
A3.2. Méthodologie pour les procédés industriels	68
A3.3. Méthodologie pour le secteur agricole	72
A3.4. Méthodologie relative à l'affectation des terres, au changement d'affectation des terres et à la foresterie	100
A3.5. Méthodologie pour les déchets	151
Annexe 4 Comparaison entre la méthode sectorielle et la méthode de référence	177
A4.1. Comparaison entre la méthode de référence et la méthode sectorielle	177
A4.2. Méthode de référence	180
A4.3. Bilan énergétique national	180
A4.4. Catégorisation des combustibles d'après le GIEC	182
Annexe 5 Évaluation de l'exhaustivité de l'inventaire	189
A5.1. Énergie	189
A5.2. Procédés industriels	189
A5.3. Utilisation des solvants et d'autres produits	190
A5.4. Agriculture	191
A5.5. Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie	191
A5.6. Déchets	192
Annexe 6 Assurance et contrôle de la qualité	194
A6.1. Caractéristiques du plan d'AC/de CQ de l'inventaire national	194
A6.2. Processus de production de l'inventaire annuel	194
A6.3. Procédures de CQ	195
A6.4. Procédures d'AQ	196
A6.5. Vérification	196
Annexe 7 Degré d'incertitude	197
A7.1. Introduction	197
A7.2. Évaluation de l'incertitude associée à l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre pour 2008	197
A7.3. Améliorations prévues	198
Annexe 8 Coefficients d'émission	205

A8.1. Combustion des combustibles	205
A8.2. Procédés industriels	212
A8.3. Utilisation des solvants et d’autres produits	217
A8.4. Agriculture	217
A8.5. Combustion de la biomasse	219
Annexe 9 Protocole d’arrondissement.....	222
Annexe 10 Ozone et précurseurs d’aérosols.....	224
Annexe 11 Informations supplémentaires requises en vertu de l’article 7.1 du Protocole de Kyoto.....	227
A11.1. Informations supplémentaires requises en vertu des articles 3.3 et 3.4	227
A11.2. Renseignements sur la comptabilisation des unités de Kyoto	231
A11.3. Informations sur les modifications apportées au Système national du Canada	232
A11.4. Modifications apportées au Registre national du Canada	232
A11.5. Réduction au minimum des conséquences néfastes, conformément à l’article 3.14.	234
Références	236

List of Tables

Tableau A1-1	Sommaire de l'analyse des catégories clés. Inventaire de 2008	19
Tableau A1-2	Catégories clés de 1990 selon l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF	22
Tableau A1-3	Catégories clés de 2008 selon l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF	24
Tableau A1-4	Catégories clés selon l'évaluation de la tendance avec et sans l'ATCATF	26
Tableau A2-1	Méthodologie pour estimer les GES attribuables à la combustion fixe	32
Tableau A2-2	Catégories générales de combustibles reliées à la méthode de calcul des émissions de combustion des sources fixes	45
Tableau A2-3	Références des données sur les activités utilisées pour le modèle	46
Tableau A2-4	Pénétration de la technologie antipollution -- Véhicules lourds à essence, véhicules lourds à moteur diesel, véhicules et camions légers à moteur diesel et motos	50
Tableau A3-1	Coefficients d'émissions fugitives pour les mines de charbon	55
Tableau A3-2	Répartition des émissions de l'inventaire PGA selon les catégories d'émissions fugitives du CUPR	56
Tableau A3-3	Données d'activités et sources	59
Tableau A3-4	Données d'activité utilisées pour ventiler les émissions et leurs sources	60
Tableau A3-5	Coefficients d'émission pour le transport du gaz naturel de 1997 à aujourd'hui	61
Tableau A3-6	Données d'activité des raffineries et sources	63
Tableau A3-7	Coefficients pour les émissions fugitives de CH ₄ attribuables à la distribution du gaz	63
Tableau A3-8	Sources et zones d'opérations utilisées dans le rapport sur le bitume (ACPP, 2006)	65
Tableau A3-9	Données d'activité utilisées pour le modèle de bitume	66
Tableau A3-10	Calcul du coefficient d'émission pour la production d'ammoniac	67
Tableau A3-11	Coefficients d'émission de CO ₂ pour les liquides de gaz naturel	69
Tableau A3-12	Coefficients d'émission de CO ₂ pour les produits pétroliers non énergétiques	70
Tableau A3-13	Sources de données sur les populations animales	71
Tableau A3-14	Caractéristiques de la production laitière au Canada en 2001	72
Tableau A3-15	Production laitière moyenne de 1990 à 2008 à l'échelon provincial	73
Tableau A3-16	Caractéristiques de la production bovine au Canada en 2001	74
Tableau A3-17	Poids des carcasses utilisé comme indicateur de changement du poids vif des bovins non laitiers	75
Tableau A3-18	Coefficients d'émission de CH ₄ pour la fermentation entérique - vaches laitières - de 1990 à 2008	78
Tableau A3-19	Énergie digestible approximative (ED) pour certaines sous-catégories d'animaux d'élevage et sources de données	80
Tableau A3-20	Matière sèche ingérée par certains animaux d'élevage	80
Tableau A3-21	Teneur en cendres des fumiers pour certains animaux d'élevage et sources de données	81
Tableau A3-22	Valeur moyenne des solides volatils présents dans le fumier des catégories d'animaux autres que les bovins et intervalle de confiance de 95 % exprimé en pourcentage de la moyennent	81
Tableau A3-23	Pourcentage de fumier traité par les systèmes de gestion des fumiers (SGF) pour le Canada (Marinier <i>et al.</i> 2004). Les valeurs utilisées pour la Colombie-Britannique (Marinier <i>et al.</i> , 2005) sont indiquées entre parenthèses quand elles diffèrent des moyennes nationales	82
Tableau A3-24	Coefficients d'émission de CH ₄ pour la gestion des fumiers des bovins laitiers et non laitiers de 1990 à 2007	83
Tableau A3-25	Coefficients d'émission de CH ₄ pour la gestion des fumiers d'animaux autres que les bovins	84

Tableau A3–26	Taux d'excrétion de l'azote par le fumier pour les espèces non bovines	85
Tableau A3–27	Série chronologique des taux d'excrétion d'azote provenant du fumier pour les espèces bovines (kg N/animal/année) ¹	85
Tableau A3–28	Pertes totales d'azote, de NH ₃ - et de NO _x -N, pour divers animaux d'élevage et systèmes de gestion des fumiers ¹	90
Tableau A3–29	Unités analytiques spatiales des forêts aménagées	99
Tableau A3–30	Estimations de la superficie des terres, des plans d'eau, des forêts aménagées et des terres agricoles en 2007	100
Tableau A3–31	Réservoirs de carbone forestier selon le GIEC et le MBC-SFC3	101
Tableau A3–32	Principales sources d'informations et de données sur les forêts aménagées	106
Tableau A3–33	Émissions/absorptions de GES des forêts aménagées, 2008	114
Tableau A3–34	Liste des paramètres de modèle pouvant varier et valeurs des paramètres pour leur répartition triangulaire. Toutes les unités sont exprimées en taux par an ⁻¹ . Source : White et al. 2008; Metsaranta et al. 2009	115
Tableau A3–35	Valeurs généralisées des paramètres relatifs à $F_{CAT}(t) = \Delta C_{CATmax} \times [1 - \exp(-k \times t)]$ pour prévoir les fluctuations résultant du changement d'affectation des terres (CAT) et les coefficients linéaires efficaces de fluctuation du COS	124
Tableau A3–36	COS dans les terres forestières et agricoles de l'Est et de l'Ouest du Canada selon le Système d'information sur les sols du Canada (profondeur de sol de 0 à 30 cm)	134
Tableau A3–38	Coefficients polynomiaux de régression linéaire multiple utilisés pour estimer la quantité de DSM enfouis de 1991 à 1997 et en 2005	152
Tableau A3–39	DSM enfouis de 1990 à 2008 ⁴	153
Tableau A3–40	Wood Waste Generated and Landfilled in Canada for 1990–2008	154
Tableau A3–41	Estimation des valeurs k relatives aux précipitations annuelles moyennes et aux décharges de DSM pour les décharges provinciales	155
Tableau A3–42	Estimations des valeurs de k des décharges de DSM pour chaque province	156
Tableau A3–43	Facteurs de correction du CH ₄ présent dans les décharges de déchets solides	156
Tableau A3–44	Valeurs provinciales et territoriales de potentiel de production de CH ₄ (L ₀)	157
Tableau A3–45	Provincial and Territorial CH ₄ Generation Potential (L ₀) Values	159
Tableau A3–46	Quantité estimative de CH ₄ produit par les DSM captée, éliminée par torchage et libérée de 1990 à 2008	163
Tableau A3–47	Pourcentage des eaux usées traitées par voie anaérobie (par province et territoire)	165
Tableau A3–48	Coefficients polynomiaux établis par régression linéaire multiple et utilisés pour estimer la quantité des eaux usées industrielles traitées pour 1987 1990 et 1992 1995	166
Tableau A3–49	Volume d'eaux usées traitées par type d'industrie de 1986 à 2008	167
Tableau A3–50	Valeurs de DCO utilisées dans l'estimation des émissions de CH ₄ , par type d'industrie	168
Tableau A3–51	Canadian Protein Consumption	169
Tableau A3–52	Estimation des DSM incinérés (par province) de 1990 à 2008	170
Tableau A3–53	Composition organique estimative des DSM	171
Tableau A3–54	Estimation de la quantité de boues d'épuration incinérées de 1990 à 2008	174
Tableau A4–1	Comparaison entre la méthode de référence rajustée et la méthode sectorielle pour le Canada	176
Tableau A4–3	Facteurs de conversion de l'énergie et coefficients d'émission applicables au Canada selon l'approche de référence	178
Tableau A4–4	Catégories de combustibles reliées à la méthode de calcul des émissions de combustion de source fixe	182
Tableau A4–5	Industries énergétiques – Coefficients d'émission implicites de CO ₂	183

Tableau A4-6	Industries manufacturières et construction – Coefficients d’émission implicites de CO ₂	184
Tableau A4-7	Autres secteurs –Coefficients d’émission implicites de CO ₂	186
Tableau A4-8	Exemples de comparabilité améliorée des coefficients d’émission implicites de CO ₂ basés sur la catégorisation physique	187
Tableau A7-1	Évaluation du degré d’incertitude et des tendances de l’incertitude, sans le secteur ATCATF	198
Tableau A7-2	Évaluation du degré d’incertitude incluant le secteur ATCATF	202
Tableau A8-1	Coefficients d’émission de CO ₂ pour le gaz naturel	205
Tableau A8-2	Coefficients d’émission de CH ₄ et de N ₂ O pour le gaz naturel	205
Tableau A8-3	Coefficients d’émission pour les liquides du gaz naturel	205
Tableau A8-4	Coefficients d’émission des produits pétroliers raffinés	206
Tableau A8-5	Coefficients d’émission de CO ₂ pour le coke de pétrole et le gaz de distillation	207
Tableau A8-6	Coefficients d’émission de N ₂ O pour le coke de pétrole	207
Tableau A8-7	Coefficients d’émission de CO ₂ pour le charbon	208
Tableau A8-8	Coefficients d’émission de CO ₂ pour les produits du charbon ¹	209
Tableau A8-9	Coefficients d’émission de CH ₄ et de N ₂ O pour le charbon ¹	209
Tableau A8-10	Coefficients d’émission pour les combustibles de remplacement	209
Tableau A8-11	Coefficients d’émission pour les sources de combustion mobiles du secteur de l’énergie	210
Tableau A8-12	Coefficients d’émission de dioxyde de carbone (CO ₂) pour les produits minéraux	212
Tableau A8-13	Coefficients d’émission pour la production d’ammoniac et d’acide adipique	212
Tableau A8-14	Coefficients d’émission de N ₂ O pour la production d’acide nitrique	212
Tableau A8-15	Coefficients d’émission de niveau 1 pour la production d’aluminium	213
Tableau A8-16	Coefficients d’émission de CO ₂ pour l’industrie de la sidérurgie	213
Tableau A8-17	Coefficients d’émission pour la consommation de HFC en 1995	214
Tableau A8-18	Taux d’émission pour la consommation de HFC et de PFC ¹	214
Tableau A8-19	Coefficients d’émission de CO ₂ pour l’utilisation des liquides du gaz naturel et de produits pétroliers à des fins non énergétiques	216
Tableau A8-20	Coefficients d’émission pour l’utilisation de solvants et d’autres produits	216
Tableau A8-21	Coefficients d’émission du méthane pour la fermentation entérique chez les espèces animales non bovines	217
Tableau A8-22	Potentiel de production maximale de méthane (B0) pour divers types d’animaux d’élevage ¹	217
Tableau A8-23	Facteur de conversion en méthane par catégorie animale et système de gestion des fumiers ¹	218
Tableau A8-24	Pourcentage d’azote du fumier émis sous forme d’azote du N ₂ O (N ₂ O-N) pour chaque système de gestion des fumiers (GIEC/OCDE/AIE (1997))	218
Tableau A8-25	Coefficients d’émission pour la biomasse	219
Tableau A8-26	Coefficients d’émission pour la combustion des gaz d’enfouissement	220
Tableau A9-1	Nombre de chiffres significatifs appliqués aux tableaux-synthèses des GES	222
Tableau A10-1	Sommaire des émissions de 2007 de monoxyde de carbone, d’oxyde d’azote, de composés organiques volatils non méthaniques et d’oxyde de soufre pour le Canada	224
Tableau A11-1	Emplacement des informations supplémentaires fournies au sujet des activités du secteur ATCATF au titre du Protocole de Kyoto	227
Tableau A11-2	Emplacement des informations supplémentaires fournies sur le Système national au titre du Protocole de Kyoto	231
Tableau A11-3	Modifications apportées aux informations présentées sur le Registre national du Canada au titre du Protocole de Kyoto	232

Liste des figures

Figure A1–1	Contributions des catégories clés de 1990 à l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF	23
Figure A1–2	Contributions des catégories clés de 2008 à l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF	25
Figure A1–3	Contributions des catégories clés à l'évaluation de la tendance avec et sans l'ATCATF	27
Figure A2–1	Schéma de la procédure d'estimation des émissions de GES	29
Figure A2–2	Pénétration de la technologie dans les véhicules et les camions légers à essence	49
Figure A3–1	Poids des carcasses de bovins non laitiers, d'après les données recueillies par l'ACCB et publiées par AAC	76
Figure A3–2	CECT en tant que fonction du rapport à long terme des précipitations sur l'évaporation potentielle (P/EP), de 1971 à 2000	88
Figure A3–3	Détermination des valeurs de $FRAC_{LESSIVAGE}$ pour l'écodistrict	98
Figure A3–4	Réservoirs de carbone et transferts de carbone simulés au moyen du MBC-SFC3. Le carbone noir n'est pas compris dans l'estimation.	102
Figure A3–5	Matrice des perturbations simulant les transferts de carbone associés à la coupe à blanc dans la zone de déclaration 14 (cordillère montagnarde)	103
Figure A3–6	Arbre décisionnel pour le calcul de la superficie des forêts aménagées	105
Figure A3–7	Terres avec forêts aménagées et non aménagées au Canada	105
Figure A3–8	Unités d'analyse du déboisement et secteurs d'échantillonnage pour le rapport de 2010 Traduction de l'image	108
Figure A3–9	Grilles d'échantillonnage sur des images de cartes de conversion des forêts et de phénomènes délimités de conversion des forêts. Fond : secteur près du lac Saint Jean, Québec, image Landsat ETm, été 2000	108
Figure A3–10	Procédure d'établissement d'une série chronologique cohérente des taux de conversion des forêts	110
Figure A3–11	Taux annuels de conversion des forêts au Canada	111
Figure A3–12	Plage d'incertitude du flux net de CO ₂ (FLFL) (lignes pleines minces), la valeur médiane des 100 simulations de la méthode de Monte-Carlo (ligne tiretée) et les estimations du rapport de 2009 (ligne épaisse) pour chaque année d'inventaire de la série chronologique de 1990–2007. Source : Metsaranta <i>et al.</i> 2009	116
Figure A3–13	Méthode d'établissement de fichiers de données d'entrée pour l'aménagement des terres utilisés par le modèle Century afin d'estimer le coefficient de carbone pour un changement d'intérêt d'aménagement des terres	119
Figure A3–14	Méthode d'établissement des coefficients de carbone pour un changement d'intérêt d'aménagement des terres	120
Figure A3–15	Carbone organique du sol (COS) pour une combinaison de cultures de base et le remplacement de cultures annuelles (blé) par une culture vivace (luzerne) et le remplacement du travail intensif (TI) par une culture sans labour (CSL), en fonction de passes du modèle CENTURY pour un loam à Lethbridge	121
Figure A3–16	Fluctuations du COS dans le cadre de simulations avec remplacements par rapport à des simulations sur la combinaison de cultures de base	122
Figure A3–17	F(t) résultant de l'équation exponentielle	123
Figure A3–18	Méthode d'utilisation des coefficients de changement d'aménagement des terres pour estimer la variation du carbone sur de grandes superficies	126
Figure A3–19	Dynamique du COS simulée sur un siècle après la conversion de prairies en terres agricoles pour des sols tchernoziémiques bruns (rose) et foncés (noir)	132
Figure A3–20	COS simulé selon le modèle CENTURY après la conversion d'une forêt caducifoliée de longue durée en terres cultivées	135

Figure A3–21	Courbe logarithmique rajustée en fonction a) des réservoirs de l'écozone de la taïga/boréale/plaine hudsonienne et b) des réservoirs de la cordillère montagnardes	143
Figure A3–22	Superficies cumulatives de la catégorie Terres converties en terres humides (terres submergées)	145
Figure A3–23	Régions étudiées pour déterminer la biomasse aérienne dans la région arctique et subarctique du Canada	147
Figure A3–24	Représentation de la dégradation d'une décharge selon le modèle Scholl Canyon	150
Figure A4–1	Schéma de circulation de l'énergie au Canada	180
Figure A4–2	Apports de données sur les combustibles fossiles et l'énergie	180

Annexe 1

Catégories clés

A1.1. Catégories clés— méthodologie

La présente annexe décrit l'utilisation d'une analyse des catégories clés de niveau 1 du GIEC et des résultats aux fins du rapport d'inventaire du Canada. Les recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 2003) ainsi que les recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (GIEC, 2003) recommandent les deux d'identifier les catégories clés d'émissions et d'absorptions. Il s'agit d'aider les organismes chargés des inventaires à structurer leurs efforts par priorité afin d'améliorer les estimations globales. Une catégorie clé se définit comme suit : elle est « prioritaire dans le système d'inventaire national, car son estimation a un effet significatif sur l'inventaire total des gaz à effet de serre directs pour ce qui est du niveau absolu des émissions, de la tendance des émissions ou des deux » (GIEC, 2000).

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

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

L'utilisation de l'approche quantitative de niveau 1 du GIEC

permet d'identifier les catégories clés à partir de deux perspectives : leur contribution aux émissions totales et aux tendances des émissions. L'évaluation de niveau analyse la contribution de chaque catégorie d'émissions au total national (avec et sans l'affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie, ou ATCATF). L'analyse des tendances utilise la contribution relative de chaque catégorie au total des émissions nationales, mais elle attribue un poids plus important aux catégories dont la tendance relative s'écarte de la tendance générale (avec et sans l'ATCATF); dans cette analyse, les tendances sont calculées comme les variations absolues entre l'année de référence et les plus récentes années d'inventaire. On calcule alors la contribution des catégories (en pourcentage) au plan, tant des niveaux que des tendances et on trie les résultats obtenus dans l'ordre descendant. On calcule le total cumulatif au moyen des deux méthodes. Un seuil cumulatif de contribution de 95 %, pour les évaluations des niveaux et des tendances, est une approximation raisonnable de l'incertitude de 90 % pour la méthode de niveau 1 (GIEC, 2000). Ce seuil a ainsi été employé dans la présente analyse comme limite supérieure afin de déterminer les catégories clés. Par conséquent, une fois les contributions des sources ou des puits triées dans l'ordre décroissant d'importance, les plus grandes, prises ensemble, contribuent à 95 % du total cumulatif et sont considérées comme des sources ou des puits clés, sur le plan quantitatif.

Le niveau de contribution de chacune des sources est déterminé à l'aide de l'Équation A1-1, qui est conforme aux recommandations du GIEC (2000), tandis que l'Équation A1-2 sert à calculer le niveau de contribution des sources et des puits selon les directives du GIEC (2003) :

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

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

où :

$L_{x,t}$	=	évaluation du niveau de la source x au cours de l'année t.
$E_{x,t}$	=	estimation des émissions sous forme d'équivalent CO ₂ pour la catégorie de sources x au cours de l'année t.
E_t	=	estimation de l'inventaire total (en équivalent CO ₂) pour l'année t.

Équation A1-2:

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

où :

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

$E_{x,t}^*$ = $|E_{x,t}|$ valeur absolue de l'estimation des émissions ou des absorptions (éq. CO₂) pour la catégorie de sources ou de puits x au cours de l'année t.

E_t^* = $\sum_x |E_{x,t}|$ la somme des valeurs absolues d'émission et d'absorption (kt d'éq. CO₂) pour l'année t, pour toutes les catégories de sources ou de puits x.

La contribution de chacune des sources aux tendances des émissions est déterminée à l'aide de l'Équation A1-3, qui est conforme aux recommandations du GIEC (2000), tandis que l'Équation A1-4 sert à calculer la contribution des sources et des puits aux tendances selon les directives du GIEC (2003):

Équation A1-3:

$$T_{x,t} = L_{x,t} \cdot \left[\left[\frac{(E_{x,t} - E_{x,0})}{E_{x,t}} \right] - \left[\frac{(E_t - E_0)}{E_t} \right] \right]$$

où :

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

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

$E_{x,t}$ et $E_{x,0}$ = estimation des émissions (éq. CO₂) pour la catégorie de source x au cours des années t et 0, respectivement.

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

Équation A1-4:

$$T_{x,t} = \frac{E_{x,t}^*}{E_t^*} \cdot \left[\left[\frac{(E_{x,t} - E_{x,0})}{E_{x,t}} \right] - \left[\frac{(E_t - E_0)}{E_t} \right] \right]$$

où :

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

$E_{x,t}^*$ = $|E_{x,t}|$ valeur absolue de l'estimation des émissions ou des absorptions (éq. CO₂) pour la catégorie de sources ou de puits x au cours de l'année t.

E_t^* = $\sum_x |E_{x,t}|$ somme des valeurs absolues des émissions et des absorptions (éq. CO₂) pour l'année t.

$E_{x,t}$ et $E_{x,0}$ = estimation des émissions (éq. CO₂) pour la catégorie de source x au cours des années t et 0, respectivement.

E_t et E_0 = $\sum_x E_{x,t}$ et $\sum_x E_{x,0}$ somme de l'ensemble des émissions et des absorptions des catégories de sources et de puits x (éq. CO₂) au cours des années t et 0, respectivement; Et diffère de E_t^* dans l'Équation A1-2, étant donné que les absorptions ne sont pas indiquées en valeur absolue.

La détermination de catégories clés vise surtout à établir les meilleures pratiques pour établir l'inventaire des GES. Il est crucial de bien regrouper les catégories, non seulement pour tenir compte des sources et des puits réels, mais aussi pour appliquer un processus d'estimation uniforme. Ainsi, bien que les catégories du Cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR) de la CCNUCC fournissent une base pour déterminer les sources et les puits, un certain regroupement des unes et des autres peut se produire quand on emploie les mêmes facteurs d'émission basés sur des hypothèses communes d'estimation. Dans cette analyse, les grandes catégories, comme l'utilisation de combustibles, les émissions fugitives, les procédés industriels, l'agriculture et les déchets sont conformes au CUPR. Au sein de ces catégories, le regroupement de catégories secondaires se produit lorsque les estimations se fondent

sur des bases communes : hypothèses sur les coefficients d'émission et données sur les activités.

A1.1.1. Évaluation sommaire

Les catégories clés ont été évaluées, pour l'année d'inventaire 2008, en utilisant les critères du niveau et de la tendance et, pour l'année de référence, en utilisant seulement le critère du niveau.

Il y avait 30 catégories clés de niveau en 1990, alors qu'il y en avait 38 en 2008 pour tous les critères combinés. Pour l'analyse des catégories clés de cette année, toutes celles de 1990 ont conservé leur statut en 2008. Les résultats sont présentés au Tableau A1-1.

Tableau A1-1 Sommaire de l'analyse des catégories clés. Inventaire de 2008

Tableau des sources	Catégorie du GIEC	Émissions directes de GES	Catégorie clé (1990-2008)	Critères (1990 2008) N=Niveau T=Tendance
1-A*	Combustion de sources fixes - Combustibles solides	CO ₂	Oui/Oui	N/N,T
1-A*	Combustion de sources fixes - Combustibles solides	CH ₄	Non/Non	
1-A*	Combustion de sources fixes - Combustibles solides	N ₂ O	Non/Non	
1-A*	Combustion de sources fixes- Combustibles liquides	CO ₂	Oui/Oui	N/N,T
1-A*	Combustion de sources fixes- Combustibles liquides	CH ₄	Non/Non	
1-A*	Combustion de sources fixes- Combustibles liquides	N ₂ O	Non/Non	
1-A*	Combustion de sources fixes- Combustibles gazeux	CO ₂	Oui/Oui	N/N,T
1-A*	Combustion de sources fixes- Combustibles gazeux	CH ₄	Non/Non	
1-A*	Combustion de sources fixes- Combustibles gazeux	N ₂ O	Non/Non	
1-A*	Combustion de sources fixes- Autres combustibles	CO ₂	Non/Non	
1-A*	Combustion de sources fixes- Autres combustibles	CH ₄	Non/Non	
1-A*	Combustion de sources fixes- Autres combustibles	N ₂ O	Non/Non	
1-A*	Combustion de sources fixes- Biomasse	CH ₄	Non/Non	
1-A*	Combustion de sources fixes- Biomasse	N ₂ O	Non/Non	
1-A-3-a	Utilisation de combustibles - Aviation civile (transport aérien intérieur)	CO ₂	Oui/Oui	N/N
1-A-3-a	Utilisation de combustibles - Aviation civile (transport aérien intérieur)	CH ₄	Non/Non	
1-A-3-a	Utilisation de combustibles - Aviation civile (transport aérien intérieur)	N ₂ O	Non/Non	
1-A-3-b	Utilisation de combustibles - Transport routier	CO ₂	Oui/Oui	N/N,T
1-A-3-b	Utilisation de combustibles - Transport routier	CH ₄	Non/Non	
1-A-3-b	Utilisation de combustibles - Transport routier	N ₂ O	Oui/Oui	N/T
1-A-3-c	Utilisation de combustibles - Transport ferroviaire	CO ₂	Oui/Oui	N/N,T
1-A-3-c	Utilisation de combustibles - Transport ferroviaire	CH ₄	Non/Non	
1-A-3-c	Utilisation de combustibles - Transport ferroviaire	N ₂ O	Non/Non	
1-A-3-d	Utilisation de combustibles - Navigation (transport maritime intérieur)	CO ₂	Oui/Oui	N/N

Table A1-1: Sommaire de l’analyse des catégories clés. Inventaire de 2008

Tableau des sources	Catégorie du GIEC	Émissions directes de GES	Catégorie clé (1990-2008)	Critères (1990 2008) N=Niveau T=Tendance
1-A-3-d	Utilisation de combustibles - Navigation (transport maritime intérieur)	CH ₄	Non/Non	
1-A-3-d	Utilisation de combustibles - Navigation (transport maritime intérieur)	N ₂ O	Non/Non	
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Autre (véhicules hors route)	CO ₂	Oui/Oui	N/N,T
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Autre (véhicules hors route)	CH ₄	Non/Non	
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Autre (véhicules hors route)	N ₂ O	Non/Oui	T
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Transport par pipeline	CO ₂	Oui/Oui	N/N,T
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Transport par pipeline	CH ₄	Non/Non	
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Transport par pipeline	N ₂ O	Non/Non	
1-B-1-a	Émissions fugitives - Extraction du charbon	CH ₄	Non/Oui	T
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives - Pétrole	CO ₂	Oui/Oui	N/N,T
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives - Pétrole	CH ₄	Oui/Oui	N/N,T
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives - Pétrole	N ₂ O	Non/Non	
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives - Gaz naturel	CO ₂	Oui/Oui	N/N,T
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives - Gaz naturel	CH ₄	Oui/Oui	N/N,T
2-A-1	Procédés industriels - Production de ciment	CO ₂	Oui/Oui	N/N
2-A-2	Procédés industriels - Production de chaux	CO ₂	Non/Non	
2-A-3	Procédés industriels - Utilisation de calcaire et de dolomite	CO ₂	Non/Oui	T
2-A-4	Procédés industriels - Production et utilisation de carbonate de sodium	CO ₂	Non/Non	
2-A-7-2	Procédés industriels - Utilisation de magnésite	CO ₂	Non/Non	
2-B-1	Procédés industriels - Production d’ammoniac	CO ₂	Oui/Oui	N/N
2-B-2	Procédés industriels - Production d’acide nitrique	N ₂ O	Non/Non	
2-B-3	Procédés industriels - Production d’acide adipique	N ₂ O	Oui/Oui	N/T
2-C-1	Procédés industriels - Sidérurgie	CO ₂	Oui/Oui	N/N,T
2-C-3	Procédés industriels - Production d’aluminium	CO ₂	Non/Oui	L,T
2-C-3	Procédés industriels - Production d’aluminium	PFC	Oui/Oui	N/T
2-C-4-1	Procédés industriels - Production d’aluminium	SF ₆	Non/Non	
2-C-4-2	Procédés industriels - Production de magnésium	SF ₆	Non/Oui	T
2-C-5	Procédés industriels - Moulage de magnésium	SF ₆	Non/Non	
2-E	Procédés industriels - Production d’halocarbures	HFC	Non/Non	
2-E	Procédés industriels - Production d’halocarbures	PFC	Non/Non	
2-E	Procédés industriels - Production de SF ₆	SF ₆	Non/Non	
2-F	Procédés industriels - Consommation d’halocarbures	HFC	Non/Oui	T
2-F	Procédés industriels - Consommation d’halocarbures	PFC	Non/Non	
2-F-8	Procédés industriels - Consommation de SF ₆ pour le matériel électrique	SF ₆	Non/Non	
2-F-7	Procédés industriels - Consommation de SF ₆ pour semi-conducteur	SF ₆	Non/Non	
2-G	Procédés industriels - Autres (procédés indifférenciés)	CO ₂	Oui/Oui	N/N,T

Table A1-1: Sommaire de l'analyse des catégories clés. Inventaire de 2008

Tableau des sources	Catégorie du GIEC	Émissions directes de GES	Catégorie clé (1990-2008)	Critères (1990 2008) N=Niveau T=Tendance
3-D	Utilisation des solvants et d'autres produits	N ₂ O	Non/Non	
4-A	Agriculture - Fermentation entérique	CH ₄	Oui/Oui	N/N,T
4-B	Agriculture - Gestion des fumiers	CH ₄	Non/Non	
4-B	Agriculture - Gestion des fumiers	N ₂ O	Oui/Oui	N/N
4-D-1	Agriculture - Émissions directes des sols agricoles	N ₂ O	Oui/Oui	N/N,T
4-D-2	Agriculture - Épandage de fumier sur les pâturages, dans les grands parcours et dans les enclos	N ₂ O	Non/Oui	L
4-D-3	Agriculture - Émissions indirectes des sols agricoles	N ₂ O	Oui/Oui	N/N
5-A.1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	Oui/Oui	N/N,T
5-A.1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CH ₄	Oui/Oui	N/N
5-A.1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	N ₂ O	Non/Non	
5-A.2	ATCATF - Terres converties en terres forestières	CO ₂	Non/Non	
5-B.1	ATCATF - Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	Non/Oui	L,T
5-B.2	ATCATF - Terres converties en terres cultivées	CO ₂	Oui/Oui	N/N,T
5-B.2	ATCATF - Terres converties en terres cultivées	CH ₄	Non/Non	
5-B.2	ATCATF - Terres converties en terres cultivées	N ₂ O	Non/Non	
5-D.1	ATCATF - Terres humides dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	Non/Non	
5-D.2	ATCATF - Terres converties en terres humides	CO ₂	Oui/Oui	N/T
5-D.2	ATCATF - Terres converties en terres humides	CH ₄	Non/Non	
5-D.2	ATCATF - Terres converties en terres humides	N ₂ O	Non/Non	
5-E.2	ATCATF - Zones de peuplement dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	Non/Non	
5-E.2	ATCATF - Terres converties en zones de peuplement	CO ₂	Oui/Oui	N/N,T
5-E.2	ATCATF - Terres converties en zones de peuplement	CH ₄	Non/Non	
5-E.2	ATCATF - Terres converties en zones de peuplement	N ₂ O	Non/Non	
6-A	Déchets - Enfouissement des déchets urbains	CH ₄	Oui/Oui	N/N,T
6-B	Déchets - Épuration des eaux usées	CH ₄	Non/Non	
6-B	Déchets - Épuration des eaux usées	N ₂ O	Non/Non	
6-C	Déchets - Incinération des déchets	CO ₂	Non/Non	
6-C	Déchets - Incinération des déchets	CH ₄	Non/Non	
6-C	Déchets - Incinération des déchets	N ₂ O	Non/Non	

A1.2. Tableaux des catégories clés

gories clés de 1990 jusqu'à l'évaluation du niveau.

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

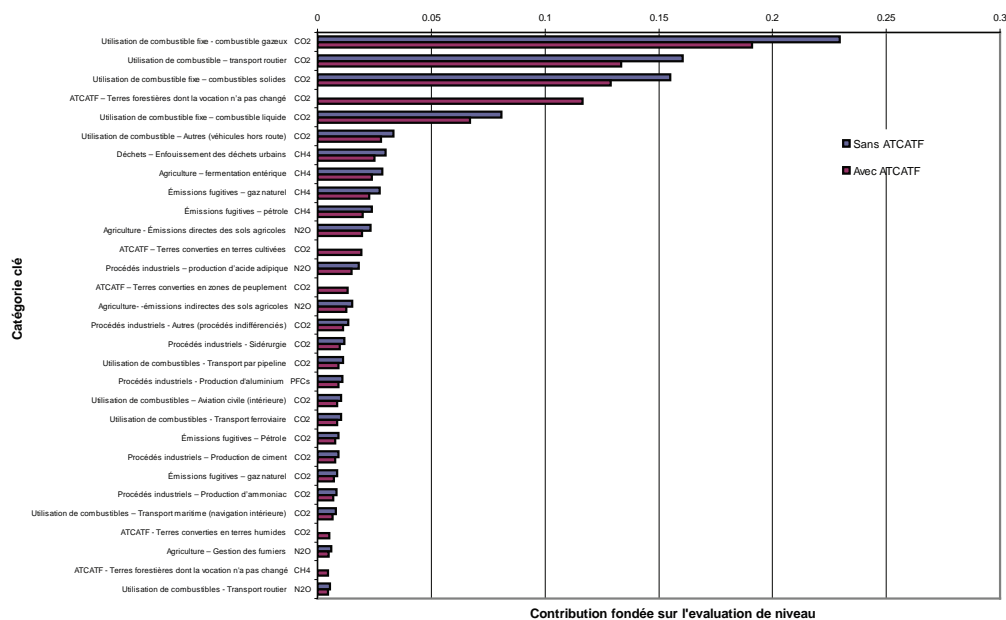
Le Tableau A1-2 comprend les catégories clés de 1990 issues de l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF, et la Figure A1-1 montre la contribution de chacune des caté-

Tableau A1-2 Catégories clés de 1990 selon l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF

Tableau des sources	Catégorie de source du GIEC	Émissions directes de GES	1990	2008	Évaluation du niveau		Total cumulatif	
			(kt d'éq. CO ₂)	(kt d'éq. CO ₂)	Sans ATCATF	Avec ATCATF	Sans ATCATF	Avec ATCATF
1-A*	Combustion de sources fixes- Combustibles gazeux	CO ₂	135 881	189 422	0,230	0,191	0,23	0,19
1-A-3-b	Utilisation de combustibles - Transport routier	CO ₂	94 923	132 064	0,160	0,133	0,39	0,32
1-A*	Combustion de sources fixes - Combustibles solides	CO ₂	91 779	111 671	0,155	0,129	0,55	0,45
5-A-1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	-82 942	-23 681	S.O.	0,117	0,55	0,57
1-A*	Combustion de sources fixes- Combustibles liquides	CO ₂	47 764	26 823	0,081	0,067	0,63	0,64
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Autre (véhicules hors route)	CO ₂	19 768	30 597	0,033	0,028	0,66	0,66
6-A	Déchets - Enfouissement des déchets urbains	CH ₄	17 720	20 470	0,030	0,025	0,69	0,69
4-A	Agriculture - Fermentation entérique	CH ₄	16 929	22 485	0,029	0,024	0,72	0,71
1-B-2- (b+c)	Émissions fugitives - Gaz naturel	CH ₄	16 101	25 803	0,027	0,023	0,74	0,74
1-B-2- (a+c)	Émissions fugitives - Pétrole	CH ₄	14 049	21 008	0,024	0,020	0,77	0,76
4-D-1	Agriculture - Émissions directes des sols agricoles	N ₂ O	13 868	16 874	0,023	0,019	0,79	0,78
5-B-2	ATCATF - Terres converties en terres cultivées	CO ₂	13 627	6 945	SO	0,019	0,79	0,79
2-B-3	Procédés industriels - Production d'acide adipique	N ₂ O	10 718	2 409	0,018	0,015	0,81	0,81
5-E-2	ATCATF - Terres converties en zones de peuplement	CO ₂	9 499	7 381	SO	0,013	0,81	0,82
4-D-3	Agriculture - Émissions indirectes des sols agricoles	N ₂ O	9 064	11 778	0,015	0,013	0,83	0,84
2-G	Procédés industriels - Autres (procédés indifférenciés)	CO ₂	8 030	11 133	0,014	0,011	0,84	0,85
2-C-1	Procédés industriels - Sidérurgie	CO ₂	7 060	7 439	0,012	0,010	0,85	0,86
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Transport par pipeline	CO ₂	6 652	7 244	0,011	0,009	0,86	0,87
2-C-3	Procédés industriels - Production d'aluminium	PFC	6 539	2 241	0,011	0,009	0,87	0,88
1-A-3-a	Utilisation de combustibles - Aviation civile (transport aérien intérieur)	CO ₂	6 182	8 297	0,010	0,009	0,88	0,88
1-A-3-c	Utilisation de combustibles - Transport ferroviaire	CO ₂	6 159	6 295	0,010	0,009	0,89	0,89
1-B-2- (a+c)	Émissions fugitives - Pétrole	CO ₂	5 459	8 480	0,009	0,008	0,90	0,90
2-A-1	Procédés industriels - Production de ciment	CO ₂	5 436	6 620	0,009	0,008	0,91	0,91
1-B-2- (b+c)	Émissions fugitives - Gaz naturel	CO ₂	5 100	7 749	0,009	0,007	0,92	0,92
2-B-1	Procédés industriels - Production d'ammoniac	CO ₂	4 994	6 693	0,008	0,007	0,93	0,92
1-A-3-d	Utilisation de combustibles - Navigation (transport maritime intérieur)	CO ₂	4 693	5 496	0,008	0,007	0,94	0,93
5-D-2	ATCATF - Terres converties en terres humides	CO ₂	3 718	626	S.O.	0,005	0,94	0,93
4-B	Agriculture - Gestion des fumiers	N ₂ O	3 547	4 667	0,006	0,005	0,94	0,94
5-A-1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CH ₄	3 351	3 870	S.O.	0,005	0,94	0,94
1-A-3-b	Utilisation de combustibles - Transport routier	N ₂ O	3 200	3 147	0,005	0,004	0,95	0,95

Note : S.O. = Sans objet

Figure A1-1 Contributions des catégories clés de 1990 à l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF



Le Tableau A1-3 comprend les catégories clés de 2008 issues de l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF, et la Figure A1-2 montre la contribution de chacune des catégories clés de 2008 à l'évaluation du niveau.

Tableau A1-3 Catégories clés de 2008 selon l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF

Tableau des sources	Catégorie de source du GIEC	Émissions directes GES	1990	2008	Évaluation du niveau		Total cumulatif	
			(kt d'éq. CO ₂)	(kt d'éq. CO ₂)	Sans ATCATF	Avec ATCATF	Sans ATCATF	Avec ATCATF
1-A*	Combustion de sources fixes- Combustibles gazeux	CO ₂	135 881	189 422	0,258	0,239	0,26	0,24
1-A-3-b	Utilisation de combustibles - Transport routier	CO ₂	94 923	132 064	0,180	0,166	0,44	0,40
1-A*	Combustion de sources fixes - Combustibles solides	CO ₂	91 779	111 671	0,152	0,141	0,59	0,55
5-A-1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	-82 942	-23 681	S.O.	0,030	0,59	0,58
1-A*	Combustion de sources fixes- Combustibles liquides	CO ₂	47 764	26 823	0,037	0,034	0,63	0,61
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Autre (véhicules hors route)	CO ₂	19 768	30 597	0,042	0,039	0,67	0,65
6-A	Déchets - Enfouissement des déchets urbains	CH ₄	17 720	20 470	0,028	0,026	0,70	0,67
4-A	Agriculture - Fermentation entérique	CH ₄	16 929	22 485	0,031	0,028	0,73	0,70
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives - Gaz naturel	CH ₄	16 101	25 803	0,035	0,032	0,76	0,73
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives - Pétrole	CH ₄	14 049	21 008	0,029	0,026	0,79	0,76
4-D-1	Agriculture - Émissions directes des sols agricoles	N ₂ O	13 868	16 874	0,023	0,021	0,81	0,78
5-B-2	ATCATF - Terres converties en terres cultivées	CO ₂	13 627	6 945	S.O.	0,009	0,81	0,79
5-E-2	ATCATF - Terres converties en zones de peuplement	CO ₂	9 499	7 381	S.O.	0,009	0,81	0,80
4-D-3	Agriculture - Émissions indirectes des sols agricoles	N ₂ O	9 064	11 778	0,016	0,015	0,83	0,81
2-G	Procédés industriels - Autres (procédés indifférenciés)	CO ₂	8 030	11 133	0,015	0,014	0,84	0,83
2-C-1	Procédés industriels - Sidérurgie	CO ₂	7 060	7 439	0,010	0,009	0,85	0,84
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Transport par pipeline	CO ₂	6 652	7 244	0,010	0,009	0,86	0,85
1-A-3-a	Utilisation de combustibles - Aviation civile (transport aérien intérieur)	CO ₂	6 182	8 297	0,011	0,010	0,88	0,86
1-A-3-c	Utilisation de combustibles - Transport ferroviaire	CO ₂	6 159	6 295	0,009	0,008	0,88	0,87
1-B-2-(a+c)	Émissions fugitives - Pétrole	CO ₂	5 459	8 480	0,012	0,011	0,90	0,88
2-A-1	Procédés industriels - Production de ciment	CO ₂	5 436	6 620	0,009	0,008	0,90	0,88
1-B-2-(b+c)	Émissions fugitives - Gaz naturel	CO ₂	5 100	7 749	0,011	0,010	0,92	0,89
2-B-1	Procédés industriels - Production d'ammoniac	CO ₂	4 994	6 693	0,009	0,008	0,92	0,90
1-A-3-d	Utilisation de combustibles - Navigation (transport maritime intérieur)	CO ₂	4 693	5 496	0,007	0,007	0,93	0,91
4-B	Agriculture - Gestion des fumiers	N ₂ O	3 547	4 667	0,006	0,006	0,94	0,92
5-A-1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CH ₄	3 351	3 870	S.O.	0,005	0,94	0,92

Table A1-3 2008 Key Categories by Level Assessment With and Without LULUCF

Tableau des sources	Catégorie de source du GIEC	Émissions directes GES	1990 (kt d'éq. CO ₂)	2008 (kt d'éq. CO ₂)	Évaluation du niveau		Total cumulatif	
					Sans ATCATF	Avec ATCATF	Sans ATCATF	Avec ATCATF
2-C-3	Procédés industriels - Production d'aluminium	CO ₂	2 715	5 172	0,007	0,007	0,95	0,93
4-D-2	Agriculture - Épandage de fumier sur les pâturages, dans les grands parcours et dans les enclos	N ₂ O	2 612	3 792	S.O.	0,005	S.O.	0,93
5-B-1	ATCATF - Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	-1 432	-11 618	S.O.	0,015	S.O.	0,95

Note : S.O. = sans objet

Figure A1-2 Contributions des catégories clés de 2008 à l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF

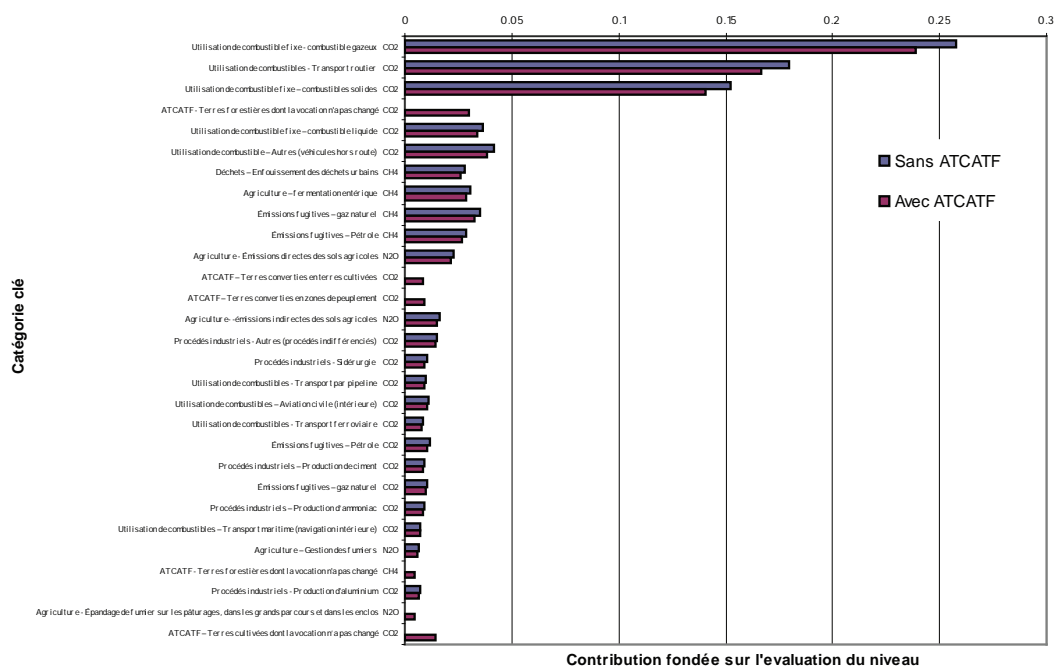


Tableau A1-4 Catégories clés selon l'évaluation de la tendance avec et sans l'ATCATF

Tableau des sources	Catégorie de source du GIEC GES	Émissions directes	1990	2008	Évaluation de la tendance		Contribution à la tendance		Total cumulatif	
			(kt d'éq. CO ₂)	(kt d'éq. CO ₂)	Sans ATCATF	Avec ATCATF	Sans ATCATF	Avec ATCATF	Sans ATCATF	Avec ATCATF
5-A-1	ATCATF - Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	-82 942	-23 681	S.O.	0,082	S.O.	0,354	S.O.	0,35
1-A*	Combustion de sources fixes- Combustibles liquides	CO ₂	47 764	26 823	0,036	0,035	0,240	0,150	0,24	0,50
1-A*	Combustion de sources fixes- Combustibles gazeux	CO ₂	135 881	189 422	0,023	0,007	0,154	0,032	0,39	0,54
1-A-3-b	Utilisation de combustibles - Transport routier	CO ₂	94 923	132 064	0,016	0,005	0,106	0,021	0,50	0,56
2-B-3	Procédés industriels - Production N ₂ O d'acide adipique		10 718	2 409	0,012	0,011	0,081	0,048	0,58	0,61
5-B-2	ATCATF - Terres converties en terres cultivées	CO ₂	13 627	6 945	S.O.	0,011	S.O.	0,046	S.O.	0,65
5-B-1	ATCATF - Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	CO ₂	-1 432	-11 618	S.O.	0,009	S.O.	0,039	S.O.	0,69
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Autre (véhicules hors route)	CO ₂	19 768	30 597	0,007	0,004	0,045	0,017	0,63	0,71
2-C-3	Procédés industriels - Production PFC d'aluminium		6 539	2 241	0,006	0,006	0,043	0,026	0,67	0,74
1-B-2- (b+c)	Émissions fugitives - Gaz naturel	CH ₄	16 101	25 803	0,006	0,004	0,043	0,017	0,71	0,75
2-F	Procédés industriels - Consommation d'halocarbures	HFCs		5 507	0,006	0,005	0,041	0,022	0,75	0,78
5-E-2	ATCATF - Terres converties en zones de peuplement	CO ₂	9 499	7 381	S.O.	0,005	S.O.	0,022	S.O.	0,80
5-D-2	ATCATF - Terres converties en terres humides	CO ₂	3 718	626	S.O.	0,004	S.O.	0,018	S.O.	0,81
1-B-2- (a+c)	Émissions fugitives - Pétrole	CH ₄	14 049	21 008	0,004	0,002	0,026	0,009	0,78	0,82
2-C-4-2	Procédés industriels - Production SF ₆ de magnésium		2 870	181	0,004	0,003	0,025	0,015	0,80	0,84
1-A*	Combustion de sources fixes - Combustibles solides	CO ₂	91 779	111 671	0,002	0,010	0,016	0,044	0,82	0,88
2-C-3	Procédés industriels - Production CO ₂ d'aluminium		2 715	5 172	0,002	0,001	0,013	0,006	0,83	0,89
1-B-2- (a+c)	Émissions fugitives - Pétrole	CO ₂	5 459	8 480	0,002	0,001	0,013	0,005	0,85	0,89
1-B-1-a	Émissions fugitives - Extraction du charbon	CH ₄	1 914	754	0,002	0,002	0,012	0,007	0,86	0,90
6-A	Déchets - Enfouissement des déchets urbains	CH ₄	17 720	20 470	0,002	0,003	0,011	0,013	0,87	0,91
4-A	Agriculture - Fermentation entérique	CH ₄	16 929	22 485	0,002	S.O.	0,011	S.O.	0,88	S.O.
1-B-2- (b+c)	Émissions fugitives - Gaz naturel	CO ₂	5 100	7 749	0,002	0,001	0,011	0,004	0,89	0,92
4-D-1	Agriculture - Émissions directes des sols agricoles	N ₂ O	13 868	16 874	S.O.	0,002	S.O.	0,007	S.O.	0,92
1-A-3-c	Utilisation de combustibles - Transport ferroviaire	CO ₂	6 159	6 295	0,001	0,002	0,010	0,008	0,90	0,93
2-C-1	Procédés industriels - Sidérurgie	CO ₂	7 060	7 439	0,001	0,002	0,010	0,008	0,91	0,94
2-G	Procédés industriels - Autres (procédés indifférenciés)	CO ₂	8 030	11 133	0,001	S.O.	0,009	S.O.	0,92	S.O.
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Autre (véhicules hors route)	N ₂ O	1 752	3 192	0,001	S.O.	0,008	S.O.	0,93	S.O.

Table A1-4 Key Categories by Trend Assessment with and without LULUCF

Tableau des sources	Catégorie de source du GIEC GES	Émissions directes	1990	2008	Évaluation de la tendance		Contribution à la tendance		Total cumulatif	
			(kt d'éq. CO ₂)	(kt d'éq. CO ₂)	Sans ATCATF	Avec ATCATF	Sans ATCATF	Avec ATCATF	Sans ATCATF	Avec ATCATF
1-A-3-e	Utilisation de combustibles - Transport par pipeline	CO ₂	6 652	7 244	0,001	0,002	0,007	0,007	0,93	0,95
1-A-3-b	Utilisation de combustibles - Transport routier	N ₂ O	3 200	3 147	0,001	S.O.	0,006	S.O.	0,94	S.O.
2-A-3	Procédés industriels - Utilisation de calcaire et de dolomite	CO ₂	734	163	0,001	S.O.	0,006	S.O.	0,95	S.O.

Note : S.O. = sans objet

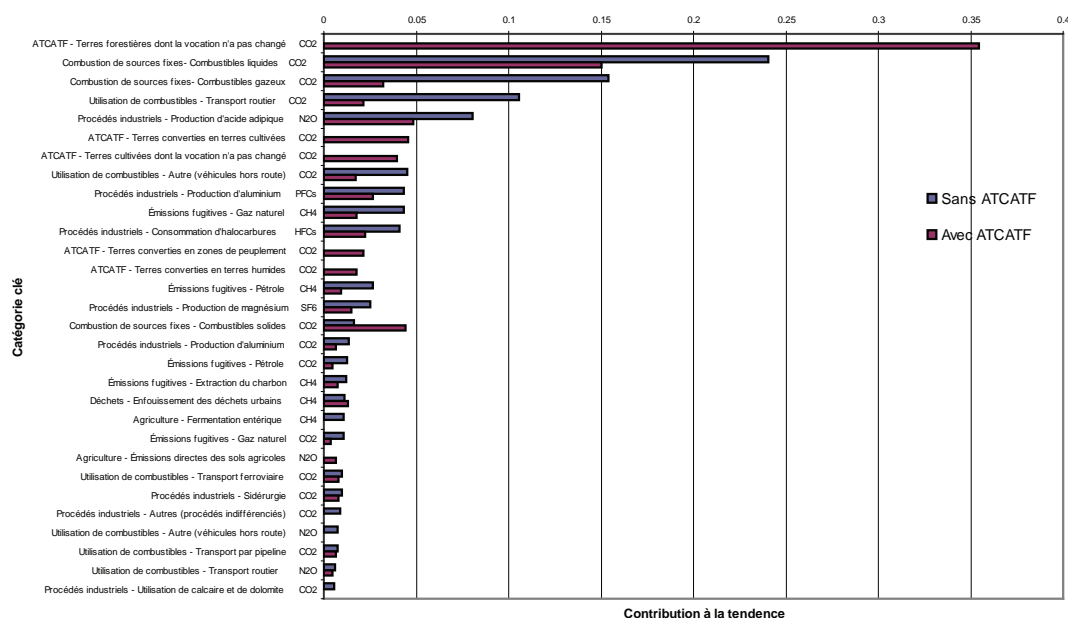
A1.2.2. Évaluation des tendances avec et sans l'ATCATF

Le Tableau A1-4 comprend les catégories clés issues de l'évaluation du niveau avec et sans l'ATCATF, et la montre la contribution des catégories clés à l'évaluation des tendances.

Dans l'évaluation du niveau présenté à la section A1.2.1 ci-dessus, l'intégration du secteur de l'ATCATF ajoute de nouvelles catégories clés sans modifier grandement les contributions relatives des différentes catégories. Cependant, l'intégration du secteur de l'ATCATF dans l'évaluation

de la tendance modifie considérablement la tendance générale, ce qui entraîne une redistribution du classement des catégories clés. Une catégorie de l'ATCATF, Terres forestières dont la vocation n'a pas changé, contribue à elle seule pour plus de 35 % à la tendance générale. L'évaluation de la tendance sans l'ATCATF définit 24 catégories clés, alors que la même analyse avec l'ATCATF génère 25 catégories, dont 5 dans le secteur de l'ATCATF. La liste finale comprend toutes les catégories déterminées comme « clés » dans l'une ou l'autre des analyses

Figure A1-3 Contributions des catégories clés à l'évaluation de la tendance avec et sans l'ATCATF



Annexe 2

Méthodologie et données employées pour estimer les émissions dues à la combustion de combustibles fossiles

La présente annexe donne un aperçu de la méthodologie, des données sur les activités et des coefficients d'émission utilisés pour estimer les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄) et d'oxyde de diazote (N₂O) issues de l'utilisation de combustibles dans le secteur de l'énergie. Des précisions d'ordre méthodologique et une description des améliorations apportées à la méthode générale se trouvent par ailleurs à la section A2.4.1 (Combustion par les sources fixes) et à la section A2.4.2 (Transports).

A2.1. Méthodologie

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

dans le chapitre du rapport consacré à l'énergie (chapitre 3).

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

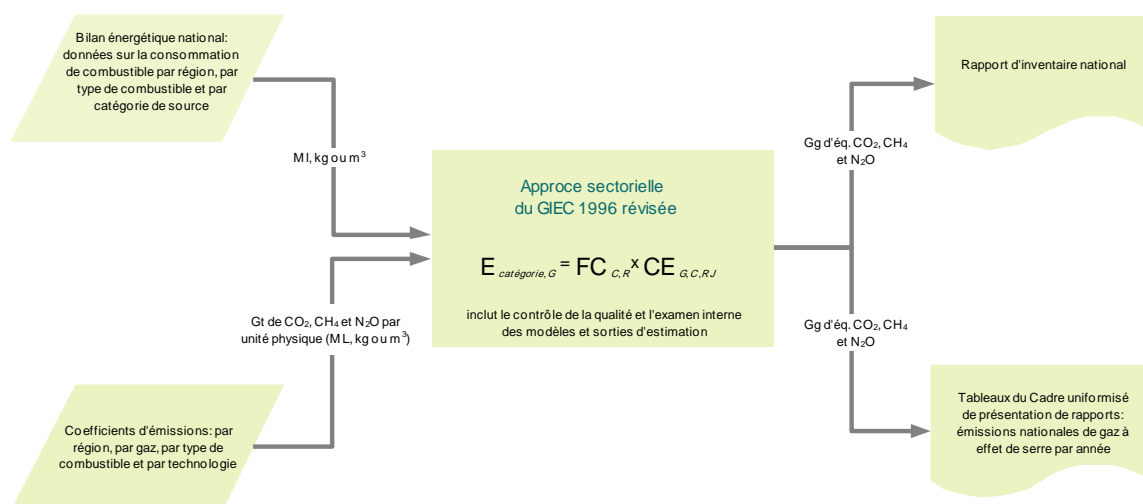
$$E_{\text{Catégorie,G}} = CC_{F,R} \times CE_{G,F,R,T}$$

où:

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

On utilise surtout des bases relationnelles avec les modèles de calcul des sources fixes et des transports pour traiter les données sur les activités et les coefficients d'émission établis au degré de précision national et provincial afin d'estimer les émissions de GES (Figure A2-1). Le bilan énergétique national est calculé par Statistique Canada. Les données sur la consommation et l'écoulement de combustibles, sur lesquelles repose le bilan énergétique national, qui sont déclarées à Statistique Canada par les secteurs de la production et de la consommation sont exprimées en unités physiques plutôt que sous forme d'unités énergétiques, car on estime que les unités physiques sont plus précises. Les coefficients d'émission propres au pays utilisés sont exprimés en unités physiques afin de réduire au minimum le nombre de facteurs de conversion supplémentaires requis et ainsi limiter l'incertitude associée à l'estimation. Afin de réduire encore davantage cette incertitude, lorsqu'on disposait de coefficients d'émission plus précis à l'échelle régionale, on a utilisé ces données régionales de préférence aux valeurs nationales (p. ex. pour les coefficients d'émission de charbon et de gaz naturel, on peut ainsi tenir compte de la teneur en carbone variable de ce combustible dans diverses régions). Les différences relatives aux technologies de combustion sont prises en compte par les coefficients d'émission des gaz autres que le CO₂.

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



A2.2. Données sur les activités – Statistique Canada

Le *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (BDEEC, Statistique Canada, n° 57-003) constitue la principale source de données sur les combustibles fossiles et l'énergie utilisée pour estimer les émissions dues à la combustion. Le BDEEC utilise une démarche descendante pour évaluer l'offre et la demande en matière d'énergie au Canada. La production canadienne de combustibles est comparée à la consommation de combustibles en fonction de grandes catégories comme les importations-exportations, la consommation par le producteur, le secteur industriel, le secteur résidentiel, etc. Les données sur la consommation industrielle d'énergie sont ventilées selon les différentes branches d'activité correspondant aux codes de la Classification type des industries (CTI).

Bien que le BDEEC fournisse également des estimations sur la consommation de combustibles à l'échelle provinciale, ces données ne sont pas aussi précises qu'à l'échelle nationale. Statistique Canada recueille habituellement les données du Bulletin sur les combustibles auprès des fournisseurs d'énergie, des ministères provinciaux responsables de l'Énergie et de certains utilisateurs de l'énergie. La précision des données sur les utilisateurs sectoriels finaux est moindre que celle sur l'offre totale d'énergie. Par conséquent, les estimations totales d'émissions pour le Canada sont connues avec plus de certitude que celles provenant de catégories spécifiques. Depuis 1995, Statis-

tique Canada recueille des données sur la consommation énergétique auprès d'utilisateurs finaux, au moyen de l'Enquête annuelle sur la consommation industrielle d'énergie. Cette approche ascendante pour estimer la consommation industrielle (par opposition à l'approche descendante employée pour le BDEEC) pourra fournir de l'information plus précise par secteur pour les inventaires des années à venir. On trouvera à la section A4.3 - Bilan énergétique national de l'annexe 4 des précisions sur l'élaboration de l'ensemble de données du BDEEC et de cette enquête, notamment sur les activités de Statistique Canada en matière de contrôle et d'assurance de la qualité.

Les modèles de combustion et de transport utilisent la quantité de combustibles fossiles consommée en unités physiques plutôt qu'en unités énergétiques, étant donné que c'est sous cette forme que les installations déclarent leurs données à Statistique Canada conformément à la *Loi sur la statistique*. Les quantités d'énergie fossile consommées sont également présentées en unités de pouvoir calorifique supérieur; on estime cependant que ces valeurs sont moins précises étant donné que Statistique Canada a utilisé, dans la plupart des cas, des facteurs de conversion énergétique constants propres à chaque type de combustible (de 1990 à 1997 et de 1998 à aujourd'hui). L'exception à cette approche est la quantité de gaz de distillation déclarée dans le BDEEC. Les unités physiques sont rétrocalculées à partir des valeurs énergétiques déclarées, parce que les quantités volumétriques des gaz de distillation consommés par les raffineries ou les usines de valorisation, telles que déclarées dans le BDEEC, sont fondées sur l'état

liquide et le coefficient d’émission des gaz de distillation, sur l’état gazeux. La seule autre exception est le combustible résiduaire, dont les données fournies par l’Association canadienne du ciment ne sont présentées qu’en unités énergétiques.

Les sources de données autres que Statistique Canada utilisées pour les modèles de calcul des émissions dues à la combustion ou au transport sont indiquées dans les discussions sur les méthodes particulières employées, comme l’information sur les quantités de gaz d’enfouissement, la consommation de combustible résiduaire et le parc de véhicules (sections A2.4.1 et A2.4.2).

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

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

Combustibles de gaz naturel : les coefficients d’émission pour le CO₂ varient selon la source de gaz naturel et selon s’il s’agit de gaz naturel marchand ou non marchand (gaz naturel non traité pour consommation sur place par des producteurs de gaz naturel). Les coefficients d’émission sont donc attribués à différentes provinces selon la source et la qualité du gaz naturel. Les coefficients d’émission pour le CH₄ et le N₂O varient selon la technologie de combustion.

Combustibles de produits pétroliers raffinés : Les coefficients d’émission varient selon le type de combustible et la technologie de combustion.

Combustibles du charbon : Les coefficients d’émission pour le CO₂ varient selon les propriétés du charbon, de sorte qu’ils sont attribués à différentes provinces selon les origines du charbon employé. Les coefficients d’émission pour le CH₄ et le N₂O varient selon la technologie de combustion.

A2.3.1. Coefficients d’émission pour le CO₂

Les émissions de CO₂ attribuables à l’usage de combustibles dépendent de la quantité de combustible brûlée, de sa teneur en carbone ainsi que de la valeur par défaut de la fraction du combustible oxydée tirée du document du GIEC. Il est question de la base des calculs relative au coefficient d’émission de CO₂ dans le rapport intitulé *Fossil Fuel and Derivative Factors* (McCann, 2000) ainsi que dans des publications d’inventaires antérieures (p. ex. Jaques, 1992). Le rapport de McCann (2000) décrit les méthodes utilisées pour déterminer les propriétés des combustibles, telles que la teneur en carbone, la densité et le pouvoir calorifique, d’après des normes d’essais industriels approuvées, telles que les normes de l’American Society for Testing and Material (ASTM) et celles de l’Office des normes générales du Canada (ONGC). Voir l’annexe 8 pour un complément d’information détaillée sur les coefficients d’émission. On tient compte, dans une certaine mesure, à la fois des hydrocarbures et des particules formés pendant la combustion, mais les émissions de CO figurent dans les estimations d’émissions de CO₂. On présume que le CO de l’atmosphère subit une oxydation complète pour se transformer en CO₂, peu après la combustion (c’est-à-dire de 5 à 20 semaines après le rejet).

Comme nous l’avons mentionné, les coefficients d’émission utilisés pour l’inventaire national des gaz à effet de serre du Canada se basent sur la quantité physique de combustible brûlé, plutôt que sur sa teneur énergétique, à l’exception du coefficient d’émission applicable aux combustibles résiduaires qui est fondé sur la teneur énergétique, parce que les données fournies par l’Association canadienne du ciment (ACC) sont exprimées en unités énergétiques. Les facteurs employés pour évaluer les émissions diffèrent selon le type de combustible utilisé et, dans le cas des émissions de N₂O et de CH₄, selon la technologie de combustion utilisée.

A2.3.2. Coefficients d’émission pour les GES autres que le CO₂

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

- le type de combustible;
- la technologie;

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

Pendant la combustion des combustibles à base de carbone, une faible partie demeure non oxydée sous forme de CH₄. Des recherches supplémentaires s'imposent pour mieux établir les coefficients d'émission de CH₄ dans le cas de nombreux procédés de combustion. Les facteurs applicables à l'ensemble sont élaborés d'après des fractionnements typiques de la technologie et les coefficients d'émission disponibles pour le secteur. Dans plusieurs secteurs, on ignore quels sont les coefficients d'émission de CH₄.

Pendant la combustion, une partie de l'azote du combustible et de l'air s'oxyde en N₂O. La production de N₂O dépend de la température de combustion et de la technologie antipollution utilisée. Des recherches supplémentaires seront nécessaires pour mieux établir les coefficients d'émission de N₂O relatifs à de nombreux procédés de combustion. Les facteurs applicables à l'ensemble sont élaborés d'après les technologies typiques et les coefficients d'émission disponibles dans chaque cas. Pour plusieurs secteurs, les coefficients d'émission de N₂O sont inconnus. Ceux des gaz autres que le CO₂ présentés dans cet inventaire figurent à l'annexe 8.

A2.3.3. Biomasse

Conformément aux exigences de la Convention –cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, (CCNUCC), les émissions de CO₂ dues aux biocombustibles (y compris les gaz d'enfouissement) ne sont pas incluses dans le total du secteur de l'énergie. Les émissions de CO₂ issues de la combustion de la biomasse sont plutôt comptabilisées dans le secteur de l'affectation des terres, des changements d'affectation des terres et de la foresterie (ATCATF) sous forme de perte de stocks de biomasse (forêts). Le CO₂ produit par la combustion de la biomasse à des fins énergétiques n'est indiqué qu'à titre informatif dans une note figurant dans un tableau suivant le cadre uniformisé de présentation des rapports (CUPR) de la CCNUCC. Les émissions de CH₄ et de N₂O provenant de la combustion de la biomasse sont déclarées dans le secteur de l'énergie, selon les sous-secteurs appropriés, et inclus dans les totaux établis pour l'inventaire.

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

A2.4.1. Combustion par les sources fixes

La méthodologie employée pour estimer les émissions de GES produites par les sources de combustion fixes est conforme à la méthode sectorielle de niveau 2 du GIEC et aux directives sur les coefficients d'émission propres aux pays présentées dans les *Lignes directrices révisées du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre - Version révisée 1996* (GIEC, 1997). La méthodologie et les émissions de SF₆ issues du transport de l'électricité produite (catégorie 1.A.1.a) sont prises en compte dans le secteur des procédés industriels.

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

On trouvera au tableau A2-1 une ventilation par catégorie de sources des modalités d'application des données sur les activités et des coefficients d'émission. Il y est également question des hypothèses sur lesquelles se fondent les méthodes de calcul des émissions pour les sous-secteurs suivants :

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

On trouvera des précisions sur des catégories de sources particulières dans les notes accompagnant le tableau A2-1. La complexité du modèle de combustion fixe tient à la difficulté d'allouer et de ventiler les données présentées dans le BDEEC annuel en respectant le cadre uniformisé de présentation de la CCNUCC. Les émissions sont estimées uniquement au moyen de l'Équation A2-1 conformément à la méthode de niveau 2 du GIEC.

Le Tableau A2-1 présente la méthodologie et les coefficients d'émission utilisés pour les différents types de combustibles énumérés au tableau A2-2. Les combustibles

fossiles ont été regroupés selon leur état physique au point de consommation (c.-à-d. solide, liquide et gazeux, sauf pour la biomasse). Ainsi, les gaz naturels liquides (GNL) comme le propane, l'éthane et le butane appartiennent à la catégorie des combustibles gazeux alors que le coke de pétrole est classé dans les combustibles solides. On trouve, à l'annexe 4, les catégories de combustibles établies par le GIEC ainsi qu'une comparaison fondée sur l'état physique de ces combustibles au point de consommation.

Tableau A2-1 Méthodologie pour estimer les GES attribuables à la combustion fixe

Catégorie de sources ¹	Liste de combustibles	Source des données sur les activités ²	Notes
1.A.1.a.i Production d'électricité - secteur public	Combustibles solides Coke Coke de pétrole - Raffineries et autres Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau F - Détails du charbon Ligne 10 - Transformé en d'autres combustibles : électricité - par les services publics	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions dues au coke de pétrole, qui sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd, essence à moteur, carburant diesel, essence d'aviation, carburéacteur	Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 10 - Transformé en d'autres combustibles : électricité - par les services publics	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffineries et autres Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 10 - Transformé en autres combustibles : électricité - par les services publics	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.

Table A2-1: Méthodologie pour estimer les GES attribuables à la combustion fixe (à suivre)

Catégorie de sources ¹	Liste de combustibles	Source des données sur les activités ²	Notes
1.A.1.a.ii Production d'électricité - Industrie	Combustibles solides Coke Coke de pétrole - Raffineries et autres Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau F - Détails du charbon Ligne 11 - Transformé en d'autres combustibles : électricité - par l'industrie	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions dues au coke de pétrole, qui sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd, essence à moteur, carburant diesel, essence d'aviation, carburéacteur	Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 11 - Transformé en d'autres combustibles : électricité - par l'industrie	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffineries et autres Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 11 - Transformé en d'autres combustibles : électricité - par l'industrie	Les émissions totales de CO ₂ dues au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.1.a.iii Production de chaleur et de vapeur	Combustibles solides Coke Coke de pétrole - Raffineries et autres Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau F - Détails du charbon Ligne 14 - Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd	Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 14 - Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. L'essence à moteur, le carburant diesel, l'essence d'aviation et le carburéacteur ne sont pas inclus dans ce sous-secteur parce qu'aucune donnée n'apparaît au tableau.
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffineries et autres	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 14 - Transformé en d'autres combustibles : production de vapeur	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.

Table A2-1: Méthodologie pour estimer les GES attribuables à la combustion fixe (à suivre)

Catégorie de sources ¹	Liste de combustibles	Source des données sur les activités ²	Notes
1.A.1.a.iii Production de chaleur et de vapeur (à suivre)	Biomasse Gaz d'enfouissement	Utilisation des gaz d'enfouissement fournis par le secteur des déchets	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le secteur des déchets. Les émissions de CO ₂ ne sont pas comprises dans les totaux nationaux mais déclarées comme postes pour mémoire dans le tableau du CUPR.
1.A.1.b. Raffinage du pétrole (secteurs amont et aval de l'industrie pétrolière et gazière)	Combustibles solides Coke Coke de pétrole - Raffineries et autres Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau F - Détails du charbon Ligne 25 - Raffinage du pétrole Tableau 21 - Données estimées complémentaires de gaz de distillation, de diesel, de coke de pétrole et de pétrole brut	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions dues au coke de pétrole, qui sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC MOINS les quantités utilisées par les usines de valorisation du bitume naturel qui sont déclarées dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd, essence à moteur, carburant diesel, essence d'aviation, carburéacteur	Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 25 - Raffinage du pétrole Données sur le torchage du pétrole issues du modèle des émissions fugitives	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC MOINS les émissions liées au torchage. Les données sur les activités déclarées dans le BDEEC incluent la quantité de combustible utilisée pour le torchage. Les émissions de CO ₂ et de CH ₄ issues du torchage sont considérées comme des émissions fugitives conformément aux lignes directrices du GIEC; ces émissions fugitives et les quantités de combustibles utilisées sont donc soustraites des estimations et de la valeur indiquée dans le BDEEC. L'absence de données plus précises sur les activités (soit le rapport entre la quantité torchée par les raffineries et par les usines de valorisation) donne parfois un résultat négatif une fois les émissions fugitives soustraites (les émissions de CH ₄). Les émissions fugitives résiduelles sont comptabilisées dans la catégorie Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques (1.A.1.c).
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffineries et autres Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 25 - Raffinage du pétrole Tableau 21 - Données estimées complémentaires de gaz de distillation, de diesel, de coke de pétrole et de pétrole brut	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.

Table A2-1: Méthodologie pour estimer les GES attribuables à la combustion fixe (à suivre)

Catégorie de sources ¹	Liste de combustibles	Source des données sur les activités ²	Notes
1.A.1.b. Raffinage du pétrole (à suivre)	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.1.c. Fabrication de combustibles solides et au- tres industries énergétiques	Combustibles solides Coke Coke de pétrole – Usines de valorisation Charbon : bitumineux cana- dien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raf- finés Tableau F - Détails du charbon Ligne 16 – Consommation des producteurs Tableau 21 - Données estimées complémentaires de gaz de distilla- tion, de diesel, de coke de pétrole et de pétrole brut	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et prov- inces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions dues au coke de pétrole, qui sont calculées à partir du total national UTILISÉ PAR les usines de valorisation et déclaré dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales deCH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides	Inclus ailleurs	Les émissions dues aux combustibles liquides sont comprises dans la catégo- rie 1.A.1.b.
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Usines de valorisation Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raf- finés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 16 – Consommation des producteurs Tableau 21 - Données estimées complémentaires de gaz de distilla- tion, de diesel, de coke de pétrole et de pétrole brut Données sur le torchage du gaz na- turel et autres gaz issues du modèle des émissions fugitives	Les données sur les activités relatives au gaz naturel qui sont déclarées dans le BDEEC incluent la quantité brûlée par torchage. Les émissions dues au torchage et à l'évacuation sont consi- dérées comme une source fugitive; les émissions fugitives et la quantité de combustibles associée au torchage et à l'évacuation sont donc soustraites des estimations et de la valeur déclarée dans le BDEEC afin d'éviter leur double comptabilisation. Les émissions fugi- tives résiduelles du sous-secteur du raf- finage du pétrole sont également prises en compte afin d'éviter leur double comptabilisation. Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux na- tionaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales deCH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.

Table A2-1: Méthodologie pour estimer les GES attribuables à la combustion fixe (à suivre)

Catégorie de sources ¹	Liste de combustibles	Source des données sur les activités ²	Notes
1.A.2.a. Sidérurgie	Combustibles solides Coke Coke de pétrole - Raffineries et autres Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau F - Détails du charbon Ligne 22 - Sidérurgie	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions dues au coke de pétrole, qui sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO ₂ dues au coke ne sont pas incluses; elles sont plutôt comptabilisées dans la catégorie Procédés industriels. Les émissions de CH ₄ et de N ₂ O sont toutefois déclarées dans cette catégorie. Le CO ₂ est considéré comme un produit issu d'un procédé (réduction du fer), tandis que le CH ₄ et le N ₂ O sont des sous-produits de la combustion.
	Combustibles liquides Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd	Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 22 - Sidérurgie	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O dues aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports.
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffineries et autres Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 22 - Sidérurgie	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
1.A.2.b. Métaux non ferreux	Biomasse Combustibles solides Coke Coke de pétrole - Raffineries et autres Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	s.o. Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau F - Détails du charbon Ligne 23 - Fonte et affinage - non ferreux	s.o. Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions dues au coke de pétrole, qui sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.

Table A2-1: Méthodologie pour estimer les GES attribuables à la combustion fixe (à suivre)

Catégorie de sources ¹	Liste de combustibles	Source des données sur les activités ²	Notes
1.A.2.b. Métaux non ferreux (à suivre)	Combustibles liquides Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd	Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 23 - Fonte et affinage - non ferreux	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O dues aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports.
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffineries et autres Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 23 - Fonte et affinage - non ferreux	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
1.A.2.c. Produits chimiques	Biomasse	s.o.	s.o.
	Combustibles solides Coke Coke de pétrole - Raffineries et autres Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau F - Détails du charbon Ligne 26 - Produits chimiques	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions dues au coke de pétrole, qui sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd	Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 26 - Produits chimiques	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O dues aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports.
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffineries et autres Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 26 - Produits chimiques	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.

Table A2-1: Méthodologie pour estimer les GES attribuables à la combustion fixe (à suivre)

Catégorie de sources ¹	Liste de combustibles	Source des données sur les activités ²	Notes
1.A.2.d. Pâtes, papiers et imprimerie	Combustibles solides Coke Coke de pétrole - Raffineries et autres Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau F - Détails du charbon Ligne 21 - Pâtes et papiers	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions dues au coke de pétrole, qui sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger et mazout lourd	Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 21 - Pâtes et papiers	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O dues aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports.
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffineries et autres Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 21 - Pâtes et papiers	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse Liqueur noire, Déchets de bois	Tableau 20 - Déchets de bois et lesive de pâte épuisée, consommation totale	La biomasse totale correspond à la quantité de combustibles ligneux et de déchets solides de bois consommée. Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO ₂ provenant de la biomasse ne sont pas incluses dans les totaux nationaux, mais les émissions de CH ₄ et de N ₂ O le sont.
1.A.2.e. Transformation des aliments, boissons et tabac	Combustibles solides	Inclus ailleurs	Les émissions de ce sous-secteur sont comprises dans 1.A.2.f.iv. Autres industries manufacturières.
	Combustibles liquides	Inclus ailleurs	Les émissions de ce sous-secteur sont comprises dans 1.A.2.f.iv. Autres industries manufacturières.
	Combustibles gazeux	Inclus ailleurs	Les émissions de ce sous-secteur sont comprises dans 1.A.2.f.iv. Autres industries manufacturières.
	Biomasse	Inclus ailleurs	Les émissions de ce sous-secteur sont comprises dans 1.A.2.f.iv. Autres industries manufacturières.

Table A2-1: Méthodologie pour estimer les GES attribuables à la combustion fixe (à suivre)

Catégorie de sources ¹	Liste de combustibles	Source des données sur les activités ²	Notes
1.A.2.f.i. Ciment	Combustibles solides	Tableau B - Énergie primaire et secondaire	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions dues au coke de pétrole et au combustible résiduaire, qui sont calculées à partir du total national.
	Coke	Tableau D - Produits pétroliers raffinés	
	Coke de pétrole - Raffineries et autres	Tableau F - Détails du charbon	
	Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Ligne 24 - Ciment	
	Combustible résiduaire	Données sur le combustible résiduaire fournies par l'Association canadienne du ciment (ACC) et déclarées par le Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie (CIEEDAC).	Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides	Tableau D - Produits pétroliers raffinés	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd	Ligne 24 - Ciment	Les émissions de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O dues aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports.
	Combustibles gazeux	Tableau B - Énergie primaire et secondaire	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Gaz naturel, gaz de four à coke	Tableau D - Produits pétroliers raffinés	
	Gaz de distillation - Raffineries et autres	Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel	
	Propane, butane, éthane	Ligne 24 - Ciment	Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.2.f.ii. Exploitation minière	Combustibles solides	Tableau B - Énergie primaire et secondaire	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions dues au coke de pétrole, qui sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC où l'industrie minière inclut le combustible utilisé pour l'exploitation minière et l'extraction de pétrole et de gaz.
	Coke	Tableau D - Produits pétroliers raffinés	
	Coke de pétrole - Raffineries et autres	Tableau F - Détails du charbon	
	Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Ligne 20 - Total de l'extraction minière, pétrolière et gazière	Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.

Table A2-1: Méthodologie pour estimer les GES attribuables à la combustion fixe (à suivre)

Catégorie de sources ¹	Liste de combustibles	Source des données sur les activités ²	Notes
1.A.2.f.ii. Exploitation minière (à suivre)	Combustibles liquides Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd	Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 20 - Total de l'extraction minière, pétrolière et gazière	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O dues aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports.
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffineries et autres Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 20 - Total de l'extraction minière, pétrolière et gazière	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
1.A.2.f.iii. Construction	Biomasse	s.o.	s.o.
	Combustibles solides Coke Coke de pétrole - Raffineries et autres Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau F - Détails du charbon Ligne 30 - Construction	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux SAUF pour les émissions dues au coke de pétrole, qui sont calculées à partir du total national déclaré dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd	Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 30 - Construction	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O dues aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports.
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffineries et autres Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 30 - Construction	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.

Table A2-1: Méthodologie pour estimer les GES attribuables à la combustion fixe (à suivre)

Catégorie de sources ¹	Liste de combustibles	Source des données sur les activités ²	Notes
1.A.2.f.iv. Autres industries manufacturières	Combustibles solides Coke Coke de pétrole - Raffineries et autres Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau F - Détails du charbon Ligne 27 - Autres industries manufacturières	Le coefficient d'émission pondéré calculé pour le CH ₄ et le N ₂ O à partir de la consommation d'essence est appliqué sur une base annuelle.
	Combustibles liquides Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd	Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 27 - Autres industries manufacturières	Le coefficient d'émission pondéré calculé pour le CH ₄ et le N ₂ O à partir de la consommation d'essence est appliqué sur une base annuelle. Les émissions de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O dues aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports.
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffineries et autres Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 27 - Autres industries manufacturières	Le coefficient d'émission pondéré calculé pour le CH ₄ et le N ₂ O à partir de la consommation d'essence est appliqué sur une base annuelle. Le coefficient d'émission pondéré calculé pour le CH ₄ et le N ₂ O est appliqué sur une base annuelle.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.3.e. Pipelines (transport)	Combustibles solides Coke Coke de pétrole - Raffineries et autres Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau F - Détails du charbon Ligne 39 - Pipelines	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd Essence à moteur, carburant diesel, essence d'aviation, carburacteur	Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 39 - Pipelines	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffineries et autres Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 39 - Pipelines	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.

Table A2-1: Méthodologie pour estimer les GES attribuables à la combustion fixe (à suivre)

Catégorie de sources ¹	Liste de combustibles	Source des données sur les activités ²	Notes
1.A.4.a.i. Commerces et autres institutions	Combustibles solides Coke Coke de pétrole - Raffineries et autres Charbon : bitumineux cana- dien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau F - Détails du charbon Ligne 46 - Commercial et institution- nel	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd	Tableau D - Produits pétroliers raf- finés Ligne 46 - Commercial et institution- nel	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O dues aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports.
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffiner- ies et autres Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 46 - Commercial et institution- nel	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues aux autres com- bustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.4.a.ii. Administration publique	Combustibles solides Coke Coke de pétrole - Raffineries et autres Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau F - Détails du charbon Ligne 45 - Administration publique	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et prov- inces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd	Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 45 - Administration publique	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O dues aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous secteur des transports.

Table A2-1: Méthodologie pour estimer les GES attribuables à la combustion fixe (à suivre)

Catégorie de sources ¹	Liste de combustibles	Source des données sur les activités ²	Notes
1.A.4.a.ii. Administration publique (à suivre)	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffineries et autres Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 45 - Administration publique	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.4.b Résidentiel	Combustibles solides Coke Coke de pétrole - Raffineries et autres Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau F - Détails du charbon Ligne 44 - Résidentiel	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd	Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 44 - Résidentiel	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffineries et autres Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 44 - Résidentiel	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ dues au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse Bois de chauffage résidentiel	Estimation de la consommation de bois de chauffage par le modèle de combustible ligneux résidentiel.	La biomasse totale correspond à la quantité de bois de chauffage résidentiel consommée, qui est calculée à partir des données recueillies par Environnement Canada. Les émissions de CO ₂ ne sont pas incluses dans les totaux nationaux, mais les émissions de CH ₄ et de N ₂ O le sont.
1.A.4.c.i. Foresterie	Combustibles solides Coke Coke de pétrole - Raffineries et autres Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau F - Détails du charbon Ligne 29 - Foresterie	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de toutes les provinces et les territoires parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.

Table A2-1: Méthodologie pour estimer les GES attribuables à la combustion fixe (à suivre)

Catégorie de sources ¹	Liste de combustibles	Source des données sur les activités ²	Notes
1.A.4.c.i. Foresterie (à suivre)	Combustibles liquides Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd	Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 29 - Foresterie	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC. Les émissions de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O dues aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports.
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffineries et autres Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 29 - Foresterie	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.
1.A.4.c.ii. Agriculture	Combustibles solides Coke Coke de pétrole - Raffineries et autres Charbon : bitumineux canadien, subbitumineux, lignite, anthracite, bitume étranger	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau F - Détails du charbon Ligne 43 - Agriculture	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions canadiennes totales de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles liquides Kérosène et pétrole de chauffage, mazout léger, mazout lourd	Tableau D - Produits pétroliers raffinés Ligne 43 - Agriculture	Les émissions canadiennes totales de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Combustibles gazeux Gaz naturel, gaz de four à coke Gaz de distillation - Raffineries et autres Propane, butane, éthane	Tableau B - Énergie primaire et secondaire Tableau D - Produits pétroliers raffinés Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel Ligne 43 - Agriculture	Les émissions de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O dues aux carburants (c.-à-d. l'essence et le diesel) sont incluses dans le sous-secteur des transports. Les émissions canadiennes totales de CO ₂ au gaz naturel correspondent à la somme des émissions de tous les territoires et provinces parce qu'on utilise des coefficients d'émission régionaux. Les émissions totales de CO ₂ dues aux autres combustibles gazeux sont calculées à partir des totaux nationaux déclarés dans le BDEEC.
	Biomasse	s.o.	s.o.
	Biomasse	s.o.	s.o.

Table A2-1: Méthodologie pour estimer les GES attribuables à la combustion fixe (à suivre)

Catégorie de sources ¹	Liste de combustibles	Source des données sur les activités ²	Notes
1.A.5. Autre information (non incluse ailleurs)	Inclus ailleurs	Inclus ailleurs	Les émissions de ce sous-secteur sont comprises dans 1.A.2.f.iv. Autres industries manufacturières.
Notes :			
1. Les catégories du CUPR indiquées sont les sous secteurs les plus petits du CUPR dont on estime les émissions.			
2. La rubrique Données sur les activités renvoie à la section précise où sont présentées les données dans le Bulletin annuel sur la disponibilité et écoulement de l'énergie au Canada (BDEEC) (Statistique Canada numéro 57 003 au catalogue). Voir aussi le tableau A2 3 pour les sources de données autres que le BDEEC.			
3. s.o. = sans objet			

Tableau A2-2 Catégories générales de combustibles reliées à la méthode de calcul des émissions de combustion des sources fixes

Fuel Types	Fuels	
Combustibles liquides	Essence à moteur	
	Kérosène et pétrole de chauffage	
	Carburant diesel	
	Mazout léger	
	Mazout lourd	
	Essence d'aviation	
	Carburacteur	
Combustibles solides	Coke (charbon)	
	Charbon bitumineux canadien	
	Charbon subbitumineux (étranger et intérieur)	
	Lignite	
	Anthracite	
	Charbon bitumineux étranger	
	Coke de pétrole - Raffineries et autres	
	Coke de pétrole - Usines de valorisation	
	Combustibles gazeux	Combustible résiduaire
		Gaz naturel
Gaz de four à coke		
Propane		
Butane		
Éthane		
Gaz de distillation - Raffineries et autres		
Biomasse	Gaz de distillation - Usines de valorisation	
	Déchets de bois	
	Liqueur noire	
	Bois de chauffage résidentiel	
	Gaz d'enfouissement	

On trouvera à titre de référence au Tableau A2-3 les sources des données sur les activités utilisées pour calculer les émissions avec le modèle de combustion des sources fixes. Les données sont fournies à Environnement Canada

sous forme électronique et peuvent différer légèrement de celles publiées par Statistique Canada, dont les valeurs sont arrondies.

Tableau A2-3 Références des données sur les activités utilisées pour le modèle

Titre

Statistique Canada - Division de la fabrication, de la construction et de l'énergie, Bulletin sur la disponibilité et écoulement de l'énergie au Canada (BDEEC), no57 003 XPB.

Tableau B - Énergie primaire et secondaire

Tableau D - Produits pétroliers raffinés

Tableau E - Produits pétroliers raffinés non énergétiques

Tableau F - Détails du charbon

Tableau 17 - Détails des liquides de gaz naturel

Tableau 20 - Déchets de bois et liqueur noire résiduaire

Tableau 21 - Données estimées complémentaires de gaz de distillation, de diesel, de coke de pétrole et de pétrole brut

Données pour le combustible résiduaire (2009) – Nyboer, John et Goggins, Nygil (2008), Canadian Industrial Energy End-use Data Analysis Centre, A Review of Energy Consumption and Related Data: Canadian Cement Manufacturing Industry 1990 to 2007, rapport préparé pour l'Association canadienne du ciment. Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie

Consommation de bois de chauffage résidentiel - D'après : 1995 Criteria Contaminants Emissions Inventory Guidebook, version 1, section 2,4, Groupe de travail sur les inventaires nationaux des émissions polluantes, Environnement Canada, Division des principaux contaminants atmosphériques, mars 1999.

Utilisation des gaz d'enfouissement - Voir annexe 3 - Autres méthodologies.

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

Le secteur de la production d'électricité et de chaleur inclut les sous-secteurs suivants : 1.A.1.a.i Production d'électricité, 1.A.1.a.ii Production combinée d'électricité et de chaleur (cogénération), et 1.A.1.a.iii Installations thermiques. Ce secteur devrait inclure toutes les émissions des grands producteurs (anciennement désignés sous le nom de services publics) d'électricité, de chaleur et d'électricité combinés et les installations thermiques. À noter cependant que le BDEEC ne fait pas de distinction entre l'électricité et la chaleur produites par l'industrie pour ses propres besoins et l'électricité qu'elle fournit au secteur public. Actuellement, les émissions attribuables à la combustion des gaz d'enfouissement sont incluses dans la sous-catégorie 1.A.1.a.iii Installations thermiques.

Les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O sont estimées en appliquant l'Équation A2-1 aux données sur les activités et aux coefficients d'émission propres à chaque type de combustibles sur une base nationale. Les coefficients d'émission du charbon et du gaz naturel pour ces secteurs ont été formulés sur une base régionale. Comme nous l'avons déjà mentionné, les données sur les activités

fournies à l'échelle nationale sont de meilleure qualité que les données provinciales-territoriales. Afin d'accroître la précision du calcul des émissions de GES, on applique des coefficients d'émission régionaux aux données provinciales-territoriales de cette nature. Pour les autres types de combustibles, les coefficients d'émission sont appliqués aux données déclarées à l'échelle nationale.

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

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

calculer les émissions dues à ces secteurs, on applique l'Équation A2-1 à l'échelle nationale et l'on soustrait la quantité d'émissions associées au torchage du total des émissions de GES obtenu pour chacune des catégories. Les données sur l'utilisation des combustibles présentées dans le BDEEC incluent les volumes de combustibles brûlés par torchage; toutefois, les émissions dues au torchage sont calculées et déclarées séparément dans la catégorie des émissions fugitives. Les données sur la consommation de combustibles, la teneur énergétique et les émissions associées au torchage sont soustraites afin d'éviter la double comptabilisation des émissions.

Pour déterminer les données sur les activités associées au secteur du raffinage du pétrole, il faut affecter ailleurs certaines des données déclarées dans le BDEEC. Tous les produits pétroliers raffinés que les producteurs ont déclaré avoir consommé eux-mêmes (consommation par les producteurs) sont attribués au secteur du raffinage du pétrole en tenant pour acquis qu'ils ont été consommés par les producteurs. Le calcul des émissions associées aux combustibles énumérés ci-dessous se fait en additionnant les données sur les activités déclarées sous les rubriques raffinage du pétrole et consommation par les producteurs et en appliquant l'Équation A2-1 :

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

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

- Essence;
- Carburant diesel;
- Essence d'aviation;
- Carburacteur.

On utilise les coefficients d'émission par défaut du GIEC,

qui sont basés sur le pouvoir calorifique du combustible, pour calculer les émissions de N₂O issues du coke de pétrole et de l'essence à moteur. Le pouvoir calorifique supérieur (PCS) du coke de pétrole, indiqué dans le BDEEC, peut changer selon l'année. Ainsi, le coefficient d'émission du coke de pétrole issu des sables bitumineux ou du bitume naturel (production et raffinage) change sur une base annuelle. C'est le Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie (CIEED-AC) qui établit et publie les données à partir desquelles sont formulés les coefficients de conversion entre le PCS et le pouvoir calorifique inférieur (PCI).

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

- Gaz naturel;
- Charbon.

Dans le BDEEC, les combustibles suivants de la production des sables bitumineux et du bitume naturel de l'industrie sont déclarés sous la rubrique Consommation par les producteurs. Ces quantités sont retranchées du secteur du raffinage du pétrole et incluses dans celui de la fabrication des combustibles solides et autres industries énergétiques. La consommation de ces deux carburants est déclarée dans un tableau distinct dans le BDEEC et attribuée à des usines de traitement :

- Coke de pétrole;
- Gaz de distillation.

Comme nous l'avons mentionné dans la section A2.4.1.1, les émissions dues au charbon sont estimées à l'échelon des provinces et territoires avant d'être regroupées pour l'ensemble du pays. Afin d'éviter la double comptabilisation, les émissions associées au torchage du gaz naturel sont soustraites du total pour ce secteur.

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

Le secteur Industries manufacturières et construction inclut plusieurs sous-secteurs et industries. Les données sur les activités du BDEEC sont déclarées pour les grandes branches d'activité économique et industrielle de consommation de combustibles. Les améliorations apportées aux futurs BDEEC permettront de subdiviser les données de ces catégories d'industries selon le Système de classifica-

tion des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN).

On calcule les émissions des catégories suivantes :

- Exploitation minière;
- Sidérurgie;
- Métaux non ferreux;
- Produits chimiques;
- Pâtes, papiers et imprimerie;
- Ciment;
- Construction;
- Autres industries manufacturières (y compris la transformation des aliments et les boissons et le tabac).

Les émissions de GES associées au secteur des industries manufacturières et de la construction sont calculées en appliquant l'Équation A2-1 aux données sur les activités qui sont déclarées dans le BDEEC et aux coefficients d'émission des combustibles particuliers utilisés sur une base nationale. Les émissions dues au charbon sont traitées conformément aux indications de la section A2.4.1.1. Les émissions issues des combustibles utilisés comme matières premières sont déclarées dans le secteur des procédés industriels, alors que celles générées par l'utilisation de carburant de transport (p. ex. diesel et essence) le sont dans le sous-secteur des transports.

Les émissions de CO₂ dues à l'utilisation de coke métallurgique par l'industrie sidérurgique pour la réduction des oxydes de fer du minerai dans les hauts-fourneaux ont été attribuées au secteur des procédés industriels. Les émissions de CH₄ et de N₂O ont cependant été incluses, car elles constituent des sous produits de la combustion.

Les émissions de CO₂ dues à la combustion de biomasse dans le secteur Pâtes, papiers et imprimerie ne sont pas incluses dans les totaux nationaux; les émissions de CH₄ et de N₂O le sont cependant. La consommation industrielle de biomasse et de liqueur noire est déclarée dans le BDEEC. On présume que les quantités de déchets solides de bois sont déclarées à l'état humide et que la teneur moyenne en eau est de 50 %.

Les émissions de CO₂ dues à la combustion de combustible résiduaire dans l'industrie du ciment sont calculées à partir des données fournies par l'ACC et déclarées par le CIEEDAC en unités énergétiques. Selon l'examen des données de l'industrie, on a présumé que les pneus constituaient l'ensemble du combustible résiduaire. Bien que l'on utilise d'autres combustibles résiduaires (huile usée, solvants), leur contribution au total est minime, et il n'est pas pos-

sible actuellement d'établir une distinction par source.

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

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

Les émissions de CO₂ dues à la combustion de biomasse dans le secteur résidentiel ne sont pas incluses dans le total national; les émissions de CH₄ et de N₂O le sont cependant. On trouvera d'autres précisions sur l'estimation des émissions de CO₂ issues de la biomasse dans la section consacrée au bois de chauffage résidentiel (3.4.2.1) du chapitre 3.

Le secteur agriculture/foresterie/pêches (catégorie 1.A.4.c du CUPR) inclut seulement les émissions des sources fixes des industries agricoles et forestières. Les émissions proviennent de l'exploitation de la machinerie sur place et du chauffage des installations et sont estimées à partir des données sur l'utilisation de combustibles par l'agriculture et la foresterie déclarées dans le BDEEC. Les émissions issues des pêches sont déclarées soit dans la catégorie des transports soit dans la catégorie des autres industries manufacturières (c.-à-d. la transformation des aliments). Les émissions des sources mobiles qui se rattachent à cette catégorie ne sont pas ventilées et sont incluses dans la sous-catégorie du transport hors route ou du transport maritime de la catégorie des transports.

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

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

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

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

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

Les émissions de CO₂ dépendent surtout du type et des caractéristiques du carburant utilisé, alors que celles de N₂O et de CH₄ sont dues au type de carburant et aux technologies antipollution utilisés. On trouvera à l'annexe 8 la liste complète des coefficients d'émission liés aux transports accompagnés de leurs références.

En raison de la complexité du secteur des transports, les émissions sont estimées au moyen du modèle des émissions des gaz à effet de serre de sources mobiles (MEMGES), qui sert à calculer les émissions dues aux transports routier, ferroviaire, maritime et hors route. Les émissions de combustion dues au transport par pipeline sont estimées séparément.

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

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

Étape 1 - Données sur les activités :

parcs de véhicules, pénétration de la technologie, durée de vie utile des catalyseurs, taux pondéré de consommation de carburant et véhicules-kilomètres parcourus

Parcs de véhicules

Les véhicules sont répartis en différentes classes en fonction du type de carburant utilisé, du type de carrosserie (voiture ou camion) et du poids nominal brut du véhicule (PNBV). Le PNBV est le poids maximal autorisé d'un véhicule routier pleinement chargé, et comprend le poids du véhicule, avec le carburant, les passagers, la cargaison, et d'autres objets divers, y compris les accessoires en option.

Deux bases de données distinctes servent à dresser le profil détaillé du parc automobile. Les données sur les parcs de véhicules et de camions légers pour la période 1990-2002 proviennent du Recensement des véhicules en service au Canada (CVIOC), qui est effectué par la firme DesRosiers Automotive Consultants Inc. Celles pour la période 2003-2008 proviennent de l'Enquête sur les véhicules au Canada (EVC) de Statistique Canada. Les données sur les parcs de véhicules lourds ont été obtenues de la firme R.L. Polk & Co. pour la période 1994-2002. Celles pour

Figure A2-2 Pénétration de la technologie dans les véhicules et les camions légers à essence

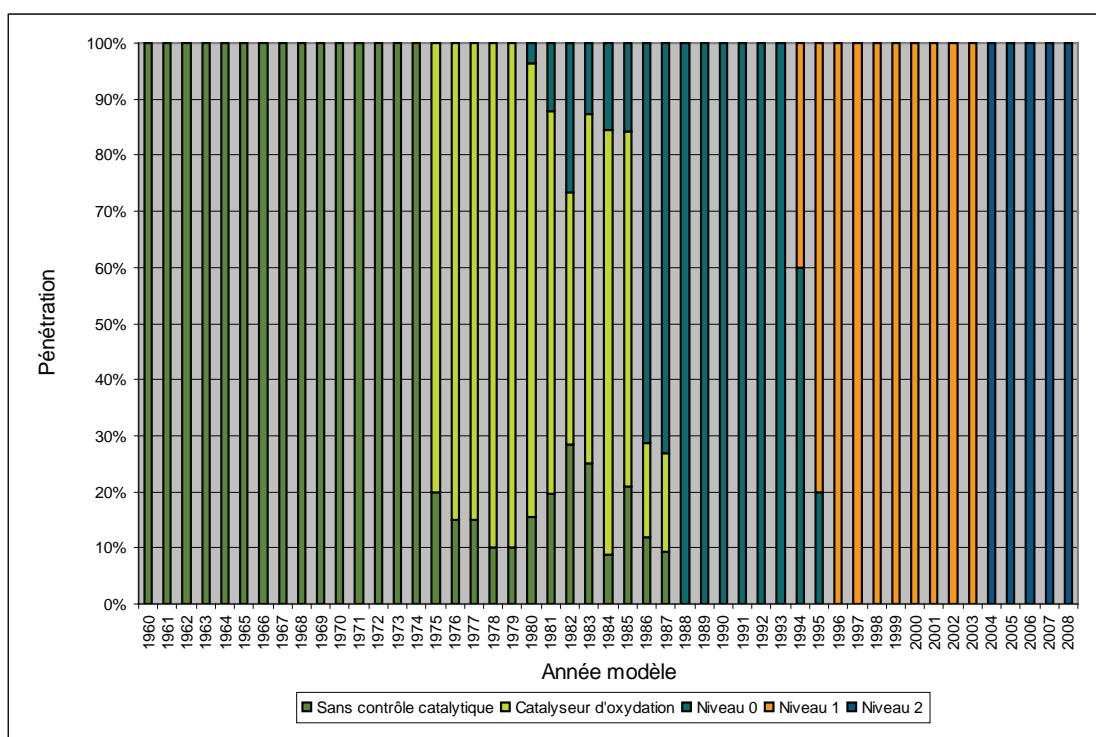


Tableau A2-4 Pénétration de la technologie antipollution -- Véhicules lourds à essence, véhicules lourds à moteur diesel, véhicules et camions légers à moteur diesel et motos

Technologie antipollution	Années modèles
Véhicules lourds à essence	
Sans dispositif	1960–1984
Dispositif non catalytique	1985–1995
Catalyseur à trois voies	1996–2009
Véhicules lourds à moteur diesel	
Sans dispositif	1960–1982
Réduction modérée	1983–1995
Dispositifs perfectionnés	1996–2009
Véhicules/camions légers à moteur diesel	
Sans dispositif	1960–1982
Réduction modérée	1983–1995
Dispositifs perfectionnés	1996–2003
Niveau 2	2004–2009
Motos	
Sans dispositif	1960–1995
Dispositif non catalytique	1996–2009

la période de 2003–2007 proviennent de l’EVC de Statistique Canada et celles pour la période 1990–1993 ont été estimées à partir des tendances antérieures observées. Les véhicules légers (voitures) et les camions légers (camionnettes, fourgonnettes, VUS, etc.) ont un PNBV inférieur ou égal à 3 900 kg, et les véhicules lourds un PNBV supérieur à 3 900 kg.

Les données sur les parcs de motocyclettes pour la période de 1990–2008 proviennent du Conseil de l’industrie de la motocyclette et du cyclomoteur (CIMC, 2008).

Pénétration de la technologie

Pour tenir compte des effets que les technologies antipollution ont sur les émissions de CH₄ et de N₂O, on a estimé le nombre de véhicules en service équipés de convertisseurs catalytiques et d’autres dispositifs antipollution. La Figure A2-2 illustre les divers pourcentages de pénétration des technologies novatrices dans les nouveaux véhicules et camions légers à essence au cours des années modèles successives. La pénétration relative de la technologie antipollution dans les véhicules lourds à essence, les véhicules lourds à moteur diesel, les véhicules légers à moteur diesel, les camions légers à moteur diesel et les motos est présentée en détail au Tableau A2-4 (EPA, 2009).

Durée de vie utile des convertisseurs

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

Taux pondéré de consommation de carburant (TPCC)

On dispose des TPCC provinciaux moyens par classe de véhicules et année modèle (d’après les ventes provinciales de véhicules) pour les véhicules et les camions légers à essence (RNCAN, 2009). Les TPCC des véhicules et des camions légers à moteur diesel (RNCAN, 2009) et des véhicules lourds à essence (GIEC/OCDE/AIE, 1997) sont établis en fonction d’une moyenne calculée par classe de véhicules

et année modèle. Les TPCC des véhicules lourds à moteur diesel et des motos sont établis à partir de la moyenne annuelle du parc (RNCAN, 2009).

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

Véhicules-kilomètres parcourus (VKP)

Les véhicules-kilomètres parcourus (VKP) sont une mesure du kilométrage annuel parcouru par les voitures et les camions légers. On estime les VKP à partir d'un rapport portant sur l'écart des lectures d'odomètres de ce type de véhicules prises au moment des essais d'inspection et de maintenance successifs effectués en Ontario (Stewart Brown Associates, 2004). Comme on ne dispose pas de ces valeurs par classe et âge de véhicules pour les autres provinces et territoires, les données sur les VKP de l'Ontario sont utilisées pour l'ensemble des provinces et des territoires du Canada.

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

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

Équation A2-2:

$$\text{Consommation de carburant} = \text{Parc} \times \text{VKP} \times \text{TPCC}$$

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

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

- Véhicules lourds à moteur diesel.

On présume que tout le carburant sous forme de gaz naturel et de propane est consommé par des véhicules légers. On ne dispose pas de données ventilées par classe de véhicules pour les véhicules mus par ce type de carburant. La consommation de gaz naturel et de propane des véhicules est calculée à partir d'une méthode de niveau 1 du GIEC.

Étape 3 : Normalisation

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

Essence

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

La deuxième estimation se fonde sur le calcul « de type descendant » des ventes d'essence taxées et brutes déclarées par Statistique Canada (tableau 405-0002 du CANSIM). Cette enquête est effectuée auprès de chaque province pour connaître ses ventes de carburant au détail ou autres. On rajuste la valeur déclarée sous la rubrique Ventes brutes d'essence (sommées des ventes taxées et non taxées) afin d'obtenir le même montant total d'essence disponible pour le transport que celui déclaré dans le BDEEC annuel (Statistique Canada n° 57-003). On ajuste le volume des ventes taxées d'essence de la même façon; ce montant constitue alors la seconde estimation, de type descendant, de la consommation d'essence par les véhicules routiers.

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

Carburant diesel

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

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

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

Étape 4 : Calcul des émissions des véhicules routiers

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

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

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

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

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

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

Équation A2-3:

Consommation de carburant des véhicules hors route = Carburant disponible pour le transport - Consommation de carburant des véhicules routiers

Étape 2 : Calcul des émissions des véhicules hors route

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

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

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

Les émissions de GES de l'aviation civile interne sont calculées au moyen d'une variante de la méthode de niveau 1 du GIEC.

Ce sous-secteur comprend toutes les émissions de GES issues du transport aérien intérieur (commercial, privé, militaire, agricole, etc.). Même si le GIEC (version révisée, 1996) recommande de déclarer dans une autre catégorie les émissions dues au transport aérien militaire, ces données ont été incluses dans la catégorie de l'aviation civile en raison des restrictions liées à la sécurité imposées aux données sur l'aviation militaire. Les émissions des carburants utilisés dans les aéroports pour le transport au sol (qui sont déclarées dans la catégorie Autres modes de transport (transport hors route)) ainsi que les émissions de combustion dues aux sources fixes dans les aéroports sont exclues. Les émissions dues aux vols internationaux relèvent de la catégorie « Soutes » et ne sont pas incluses dans les totaux nationaux, mais elles sont estimées et déclarées séparément dans la catégorie Soutes internationales.

On estime les émissions à partir de la consommation apparente de carburants pour avion (GIEC/OCDE/AIE, 1997) et des coefficients d'émission pour chaque type de carburant. Le BDEEC (Statistique Canada n° 57-003) recense les données de consommation des carburants pour avion (carburéacteur et essence d'aviation) pour les lignes aériennes canadiennes, les lignes aériennes étrangères, les administrations publiques et les commerces et autres institutions.

On a élaboré une méthode pour tenir compte du carburant vendu aux lignes aériennes canadiennes qui est consommé durant les vols internationaux. La méthode intègre l'utilisation des données sur les tonnes-kilomètres réalisées qui ont été déclarées par les lignes canadiennes pour les vols intérieurs et internationaux, et permet d'attribuer à l'échelle régionale le carburant vendu en utilisant les données sur les activités du trafic passager. Les données

sur le trafic de passagers (Statistique Canada, n° 51-005 et 51-203 - Trafic des transporteurs aériens aux aéroports canadiens) et le trafic de marchandises, qui inclut le poids des passagers (Statistique Canada n° 1-206 - Aviation civile canadienne) sont publiées, et illustrent la séparation entre l'activité intérieure et internationale. Le modèle pour l'aviation a été harmonisé avec d'autres modèles de régime de vol plus complexes (SAGE - États-Unis et AERO2K - Royaume-Uni.).

Les émissions résultant du carburant vendu aux transporteurs canadiens et consommé durant les vols internationaux ainsi que celles du carburant vendu aux transporteurs étrangers sont déclarées séparément sous la rubrique Soutes internationales.

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

Les émissions sont calculées au moyen d'une méthode de niveau 1 du GIEC. On multiplie la consommation de carburant marin par les navires canadiens déclarée dans le BDEEC (Statistique Canada n° 57-003) par les coefficients d'émission propres aux divers carburants (voir l'annexe 8). On présume que les émissions dues au carburant vendu aux navires étrangers ne servent qu'à des voyages internationaux; ils sont déclarés séparément sous la rubrique Soutes internationales.

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

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

On utilise une méthode de niveau 1 du GIEC pour calculer les émissions de cette catégorie. On multiplie la consommation de carburant pour le transport ferroviaire déclarée dans le BDEEC (Statistique Canada n° 57-003) par les coefficients d'émission propres aux divers carburants (voir l'annexe 8).

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

A2.4.2.6. Biomasse (catégorie 1.A.3.e du CUPR)

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

Le volume de biocarburants pour la période 1990-2007 a été tiré du rapport de 2008 de TFIS Inc., et les données pour 2008 ont été estimées d'après des discussions avec Ressources Canada.

Au lieu d'établir de nouveaux coefficients d'émission du CH₄ et du N₂O pour les biocarburants, on utilise les coefficients d'émission pour l'essence et le diesel des classes de technologies équivalentes. Les coefficients d'émission de CO₂ sont formulés à partir des propriétés chimiques du carburant.

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

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

Les émissions de GES dues aux combustibles utilisés par cet équipement sont calculées en appliquant l'Équation A2-1 aux données sur les activités et aux coefficients d'émission établis pour les combustibles particuliers à l'échelle provinciale (pour le gaz naturel) et à l'échelle nationale.

Annexe 3

Autres méthodologies

A3.1. Méthodologie pour les émissions fugitives attribuables à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles

La présente annexe porte sur la méthodologie utilisée pour le calcul des émissions fugitives. La discussion se concentre sur l'industrie pétrolière et gazière et sur celle de la production des combustibles solides.

L'importante industrie canadienne du pétrole et du gaz - source principale d'émissions fugitives - comporte divers types de production allant de la transformation et de la production de gaz naturel à la production de pétrole brut léger, moyen ou lourd, en passant par l'extraction des sables bitumineux et la production de pétrole synthétique. Le chapitre 3 du présent rapport contient une description détaillée des sources d'émissions fugitives.

Toutes les émissions de GES attribuables aux activités de combustion fixe associées à l'exploration, à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles sont traitées dans les sections du chapitre 3 consacrées à l'énergie (section 3.1.1) et au transport (section 3.1.3), et leurs méthodologies sont décrites à l'annexe 2 (sections A2.4.1 et A2.4.2).

A3.1.1. Combustibles solides

A3.1.1.1. Charbon - Production

Les estimations d'émissions fugitives sont basées sur une étude préparée par B. King pour Neill and Gunter Ltd.

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

Mines souterraines

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

Équation A3-1:

$$Y = 4.1 + (0.023 \times X)$$

où:

Y = mètres cubes (m³) de CH₄ par tonne (t) de charbon extrait

X = profondeur de la mine en mètres (m)

Les émissions des activités post-extraction ont été estimées en partant de l'hypothèse que 60 % du CH₄ piégé dans le charbon (après extraction de la mine) est rejeté dans l'atmosphère avant la combustion. Lorsqu'on ignorait la teneur en gaz du charbon extrait, on a posé l'hypothèse que la teneur en CH₄ était de 1,5 m³/t (ce qui constitue la teneur moyenne globale en CH₄ des charbons). Les émissions des activités post-extraction sont comprises dans les coefficients d'émission de la production de charbon.

Mines à ciel ouvert

Pour les mines à ciel ouvert, on a présumé que la teneur moyenne en CH₄ des charbons bitumineux ou subbitumineux extraits était de 0,4 m³/t (selon des données chiffrées américaines). On a présumé ensuite que 60 % de ce volume était rejeté dans l'atmosphère avant la combustion (King, 1994). Pour le lignite, on a utilisé les valeurs sur la teneur en gaz établies auparavant pour le Canada (Hollingshead, 1990).

Les couches non exploitées avoisinantes sont une importante source d'émissions dans les mines à ciel ouvert. On a cherché à les comptabiliser en rajustant les données selon les émanations de CH₄ des gisements attenants non exploités situés jusqu'à une profondeur de 50 m au-dessous de la surface de la mine. On a estimé qu'il fallait majorer de 50 % les coefficients d'émission de base pour l'extraction à ciel ouvert (King, 1994). On a ajusté en conséquence les coefficients d'émission du Tableau A3-1.

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

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

Équation A3-2:

$$\text{Émissions provinciales} = \sum (\text{CE}_{i,j,k} \times \text{quantité de charbon}_{j,k} \text{ extrait dans la province}_i)$$

où:

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

Quantité de charbon_{j,k} extrait dans la province_i = production minière brute dans la province *i*, par type de charbon *j* et par type de mine *k*

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

A3.1.1.2. Données d'activité

Les données d'activité requises sont celles de la production minière brute pour chaque type de charbon extrait dans chaque province, selon les Statistiques du charbon et du coke de Statistique Canada (n° 45-002, tableau 2). Toutefois, Statistique Canada a interrompu la publication de ce rapport en 2002, et les données sont désormais transmises directement à Environnement Canada en vertu d'un protocole d'entente. On a estimé les émissions pour 1990-2001 et 2004-2007 à l'aide d'un ensemble cohérent de données. Pour 2002-2003, un modèle d'interpolation a

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

Province	Type de charbon	Type de mine	Coefficient d'émission	Unités
Nova Scotia	Bituminous	Surface	0.13	t CH ₄ /kt coal mined
Nova Scotia	Bituminous	Underground	13.79	t CH ₄ /kt coal mined
New Brunswick	Bituminous	Surface	0.13	t CH ₄ /kt coal mined
Saskatchewan	Lignite	Surface	0.06	t CH ₄ /kt coal mined
Alberta	Bituminous	Surface	0.45	t CH ₄ /kt coal mined
Alberta	Bituminous	Underground	1.76	t CH ₄ /kt coal mined
Alberta	Sub-bituminous	Surface	0.19	t CH ₄ /kt coal mined
British Columbia	Bituminous	Surface	0.58	t CH ₄ /kt coal mined
British Columbia	Bituminous	Underground	4.1	t CH ₄ /kt coal mined

Source: King (1994).

été mis au point afin d’estimer les émissions provinciales à partir des données quantitatives nationales publiées portant sur les quantités de charbon produites par mine (région) et par type de charbon.

A3.1.1.3. Coefficients d’émission

Le Tableau A3–1 dresse la liste des coefficients d’émission de l’étude de King (1994) pour les différents types de mines et de charbon.

A3.1.2. Pétrole et gaz naturel

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

Le calcul des émissions fugitives attribuables à l’industrie du pétrole et du gaz naturel d’amont (PGA) est basé sur une étude préparée pour l’Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP) par Clearstone Engineering et intitulée *A National Inventory of Greenhouse Gas (GHG), Criteria Air Contaminant (CAC) and Hydrogen Sulphide (H₂S) Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry* (ACPP 2005a). On a effectué une analyse de niveau 3 afin d’estimer toutes les émissions de GES attribuables

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

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

Table A3-2 Allocation of UOG Inventory Emissions (cont'd)

Secteur	Source	Catégorie d'émissions fugitives du CUPR
Production de pétrole lourd/bitume froid	Gaz d'échappement des déshydrateurs au glycol	2.C. Évacuation, i. Pétrole
Production de pétrole lourd/bitume froid	Torchage	2.C. Torchage, i. Pétrole
Production de pétrole lourd/bitume froid	Fuites fugitives provenant de l'équipement	2.A. Pétrole, ii. Production
Production de pétrole lourd/bitume froid	Chargement/déchargement	2.A. Pétrole, ii. Production
Production de pétrole lourd/bitume froid	Évacuation déclarée	2.C. Évacuation, i. Pétrole
Production de pétrole lourd/bitume froid	Pertes durant le stockage	2.A. Pétrole, ii. Production
Production de pétrole lourd/bitume froid	Évacuation non déclarée	2.C. Évacuation, i. Pétrole
Exploitations thermiques	Torchage	2.C. Torchage, i. Pétrole
Exploitations thermiques	Fuites fugitives provenant de l'équipement	2.A. Pétrole, ii. Production
Exploitations thermiques	Chargement/déchargement	2.A. Pétrole, ii. Production
Exploitations thermiques	Évacuation déclarée	2.C. Évacuation, i. Pétrole
Exploitations thermiques	Pertes durant le stockage	2.A. Pétrole, ii. Production
Exploitations thermiques	Évacuation non déclarée	2.C. Évacuation, i. Pétrole
Transport de produits liquides	Torchage	2.C. Torchage, i. Pétrole
Transport de produits liquides	Fuites fugitives provenant de l'équipement	2.A. Pétrole, iii. Transport
Transport de produits liquides	Pertes durant le stockage	2.A. Pétrole, iii. Transport
Transport de produits liquides	Évacuation déclarée	2.C. Évacuation, i. Pétrole
Essai des puits	Torchage	2.C. Torchage, iii. Combiné
Essai des puits	Évacuation déclarée	2.C. Évacuation, iii. Combiné

au secteur du PGA en 2000, à l'exception de l'extraction minière et de la valorisation du bitume et des sables bitumineux. On s'est ensuite servi de ce résultat pour estimer les émissions du secteur pendant la période 1990-1999. Les émissions de l'industrie du PGA pour la période 1990-2000 sont tirées directement de l'étude mentionnée ci-dessus (ACPP 2005a).

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

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

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

Méthodologie pour les estimations de 2000

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

- torchage;
- rejet de CO₂ du gisement;
- évacuation;
- fuites fugitives et non intentionnelles (fuites provenant de l'équipement, pertes de stockage et de manutention

et fuites accidentelles).

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

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

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

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

On a aussi utilisé les données suivantes :

- types de procédés utilisés;
- inventaires d'équipements;
- caractéristiques de contrôle des sources d'émissions;
- teneur en soufre des combustibles brûlés et des gaz de combustion torchés;

composition des flux d'entrée et de sortie.

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

Méthodologie pour les estimations de la période 1990-1999

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

l'étude PGA de 1995 de l'ACPP (1999).

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

Méthodologie pour les estimations de la période de 2001 à aujourd'hui

On a estimé les émissions pour la période de 2001 à aujourd'hui en extrapolant les données d'émissions du PGA de 2000 à l'aide des données d'activité pour chaque source d'émission de chacun des sous-secteurs. On a calculé douze paramètres d'activité pour chaque province/territoire et année et on les a utilisés pour ventiler les estimations de 2000 de l'étude PGA entre les années 2001-2008 :

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

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

Équation A3-3:

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

où :

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

Tableau A3-3 Données d'activités et sources

Origine	Publication	Données d'activité
Statistique Canada	Tableau 131-0001 CANSIM : Approvisionnements et utilisations du gaz naturel, mensuel (Statistique Canada, 2009a)	Moins de gaz brûlé sur les chantiers et pertes Emploi et utilisation sur les chantiers Emploi et utilisation, collection et usines de traitement Utilisations dans les usines Perte d'extraction
	Guide statistique de l'énergie (Statistique Canada, 2009b)	Production originale brute Pétrole lourd Pétrole léger et moyen Pétrole synthétique Pétrole naturel
Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan	2008 Monthly Production and Disposition of Crude Oil at the Producer Level (Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan, 2009a)	Production de pétrole brut léger et moyen Production totale de pétrole lourd
	2008-2009 Annual Report (Ministère de l'Énergie et des Ressources de la Saskatchewan, 2009b)	Nombre total de puits exploitables (Saskatchewan)
Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP)	Statistical Handbook for Canada's Upstream Industry (CAPP, 2009)	Nombre total de puits forés (y compris puits improductifs et puits de service)
Energy Resources Conservation Board (ERCB)	ST-57 Public Safety / Field Surveillance Provincial Summary 2008 (ERCB 2009a)	Somme des incidents d'éruption (forage, entretien, etc.), venue de gaz et rupture de canalisation.
	ST-59 Alberta Drilling Activity Monthly Statistics, décembre 2008 (ERCB 2009b)	Puits de pétrole et de gaz exploitables (décembre) (Alberta)
Ministère de l'Énergie, des Mines et des Richesses pétrolières de la Colombie-Britannique	Oil and Gas Production and Activity in British Columbia 2008 ¹	Somme des puits producteurs de pétrole et de gaz (C.-B.)
Ministère des Sciences, de la Technologie, de l'Énergie et des Mines du Manitoba	Manitoba Petroleum Statistics (Ministère des Sciences, de la Technologie, de l'Énergie et des Mines du Manitoba, 2009)	Puits capables de produire (décembre) (Manitoba)
Canada-Newfoundland and Labrador Offshore Petroleum Board (CNLOPB)	Development Wells - Hibernia (CNLOPB, 2009a)	Somme de tous les producteurs de pétrole et stations d'injection de gaz
	Development Wells - Terra Nova (CNLOPB, 2009b)	Somme de tous les producteurs de pétrole et stations d'injection de gaz
	Development Wells - White Rose (CNLOPB, 2009c)	Somme de tous les producteurs de pétrole et stations d'injection de gaz

¹ Mou C. 2009. Communication personnelle (courriel de C. Mou à S. Smyth, ingénieur de projet, GHGD, daté du 9 septembre 2009). Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières de la Colombie Britannique

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

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

sources.

A3.1.2.2. Transport du gaz naturel

Méthodologie

La quasi-totalité du gaz naturel produit au Canada est transporté par gazoduc depuis les usines de transformation jusqu'aux systèmes locaux de distribution. La plus grande partie des émissions sont causées par des fuites

Tableau A3-4 Données d'activité utilisées pour ventiler les émissions et leurs sources

Secteur	Source	Coefficients d'activité
Accidents et équipements défectueux	Déversements, ruptures, explosions	Masse totale des déversements, ruptures et explosions
Accidents et équipements défectueux	Systèmes de purge des tubages de surface	Nombre total de puits exploitables
Accidents et équipements défectueux	Migration des gaz	Nombre total de puits exploitables
Production de pétrole moyen/léger	Torchage	Volume des gaz torchés
Production de pétrole moyen/léger	Fuites fugitives provenant de l'équipement	Production de pétrole moyen/léger
Production de pétrole moyen/léger	Gaz d'échappement des déshydrateurs au glycol	Production de pétrole moyen/léger
Production de pétrole moyen/léger	Chargement/déchargement	Production de pétrole moyen/léger
Production de pétrole moyen/léger	Évacuation déclarée	Production de pétrole moyen/léger
Production de pétrole moyen/léger	Pertes durant le stockage	Production de pétrole moyen/léger
Production de pétrole moyen/léger	Évacuation non déclarée	Production de pétrole moyen/léger
Forage des puits	Évacuation	Nombre de puits forés
Production de gaz naturel	Torchage	Volume des gaz torchés
Production de gaz naturel	Fuites fugitives provenant de l'équipement	Production de gaz brut
Production de gaz naturel	Gaz d'échappement des déshydrateurs au glycol	Production de gaz brut
Production de gaz naturel	Chargement/déchargement	Production de gaz brut
Production de gaz naturel	Évacuation déclarée	Production de gaz brut
Production de gaz naturel	Pertes durant le stockage	Production de gaz brut
Production de gaz naturel	Évacuation non déclarée	Production de gaz brut
Traitement de gaz naturel	Torchage	Volume des gaz torchés
Traitement de gaz naturel	Fuites fugitives provenant de l'équipement	Production de gaz brut
Traitement de gaz naturel	Gaz d'échappement des déshydrateurs au glycol	Production de gaz brut
Traitement de gaz naturel	Chargement/déchargement	Production de gaz brut
Traitement de gaz naturel	Rejet du CO ₂ du gisement	Perte d'extraction
Traitement de gaz naturel	Évacuation déclarée	Production de gaz brut
Traitement de gaz naturel	Pertes durant le stockage	Production de gaz brut
Traitement de gaz naturel	Évacuation non déclarée	Production de gaz brut
Production à froid de pétrole lourd/bitume	Torchage	Volume des gaz torchés
Production à froid de pétrole lourd/bitume	Fuites fugitives provenant de l'équipement	Production de pétrole lourd
Production à froid de pétrole lourd/bitume	Gaz d'échappement des déshydrateurs au glycol	Production de pétrole lourd
Production à froid de pétrole lourd/bitume	Chargement/déchargement	Production de pétrole lourd
Production à froid de pétrole lourd/bitume	Évacuation déclarée	Production de pétrole lourd
Production à froid de pétrole lourd/bitume	Pertes durant le stockage	Production de pétrole lourd
Production à froid de pétrole lourd/bitume	Évacuation non déclarée	Production de pétrole lourd
Entretien des puits	Évacuation	Nombre de puits forés
Entretien des puits	Torchage	Nombre de puits forés
Production thermique de pétrole/bitume lourd	Torchage	Volume des gaz torchés
Production thermique de pétrole/bitume lourd	Fuites fugitives provenant de l'équipement	Production de pétrole/bitume lourd

Table A3-4 Activity Data Used to Pro-rate Emission Sectors and Sources (à suivre)

Secteur	Source	Coefficients d'activité
Production thermique de pétrole/bitume lourd	Chargement/déchargement	Production de pétrole/bitume lourd
Production thermique de pétrole/bitume lourd	Évacuation déclarée	Production de pétrole/bitume lourd
Production thermique de pétrole/bitume lourd	Pertes durant le stockage	Production de pétrole/bitume lourd
Production thermique de pétrole/bitume lourd	Évacuation non déclarée	Production de pétrole/bitume lourd
Transport de produits	Torchage	Volume des gaz combustibles
Transport de produits	Fuites fugitives provenant de l'équipement	Production de pétrole léger/moyen, de pétrole lourd et de bitume
Transport de produits	Évacuation	Production de pétrole léger/moyen, de pétrole lourd et de bitume
Transport de produits	Pertes durant le stockage	Production de pétrole léger/moyen, de pétrole lourd et de bitume
Essai des puits	Torchage	Nombre de puits forés
Essai des puits	Évacuation	Nombre de puits forés

Source : Extrapolation of the 2000 UOG Emission Inventory to 2001, 2002 and 2003. ACPP (2005b). Le coefficient d'activité pour le traitement de gaz naturel – rejet du CO₂ du gisement est passé de production de gaz brut à perte d'extraction dans la déclaration de 2009.

ou par l'évacuation par une bouche d'aération le long des gazoducs.

Le calcul des émissions fugitives lors du transport du gaz naturel repose sur deux documents. Le premier, *CH₄ and VOC Emissions from the Canadian Upstream Oil and Gas Industry Draft Report* (ACPP, 1999), a été préparé par Clearstone Engineering Ltd. pour l'ACPP en juillet 1999. Le second document consiste en une série de tableaux auxiliaires qui décrivent les émissions de CO₂, fournis par Brian Ross, de Clearstone Engineering Ltd. Le transport du gaz naturel ne produit aucune émission fugitive de N₂O. Les émissions de CO₂ et de CH₄ pour la période 1990-1996 sont tirées directement des deux sources consultées. On estime les émissions de CO₂ et de CH₄ pour la période allant de 1997 à aujourd'hui à l'aide de coefficients d'émission spécifiques à chacune des provinces.

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

Équation A3-4:

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

On calcule les émissions pour chacune des provinces, puisque ces dernières ont des coefficients d'émission uniques, et ensuite on additionne les résultats afin d'obtenir les émissions totales de CO₂ et de CH₄ au Canada.

Terre-Neuve-e-Labrador, l'Île-du-Prince-Édouard, le Yukon, les Territoires du Nord-Ouest et le Nunavut ne possèdent pas de gazoducs pour le transport du gaz naturel. Toutefois, des conduites d'amenée de gaz naturel traversent le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest, et les émissions fugitives qui s'y rattachent sont prises en compte dans la catégorie 1.B.2.b.ii Production/traitement du gaz naturel dans le tableau du CUPR.

Coefficients d'émission

On a élaboré les coefficients d'émission des provinces pour la période commençant en 1997 (Tableau A3-5) à partir des données sur les émissions de 1996 et sur les longueurs

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

Province	Coefficients d'émission (kt/km)	
	CO ₂	CH ₄
Nouvelle Écosse	2,40 × 10 ⁻⁵	0,0032
Nouveau Brunswick	2,40 × 10 ⁻⁵	0,0032
Québec	7,20 × 10 ⁻⁵	0,0096
Ontario	1,60 × 10 ⁻⁵	0,0022
Manitoba	2,90 × 10 ⁻⁵	0,0039
Saskatchewan	1,50 × 10 ⁻⁵	0,0021
Alberta	2,80 × 10 ⁻⁵	0,0038
Colombie-Britannique	2,90 × 10 ⁻⁵	0,0039

des pipelines mentionnées dans l'étude de l'ACPP (1999). Jusqu'en 1998 inclusivement, il n'y a pas eu d'émissions fugitives en Nouvelle-Écosse ni au Nouveau-Brunswick, puisqu'il n'y avait aucun gazoduc servant au transport du gaz naturel dans ces provinces avant 1999.

Données d'activité

L'estimation des émissions fugitives pour la période de 1997 jusqu'à aujourd'hui est basée sur les données relatives à la longueur des pipelines qui ont servi au transport du gaz naturel chaque année. Ces données étaient publiées chaque année par Statistique Canada dans son document *Transport et distribution du gaz naturel* (n° 57-205). Statistique Canada a mis fin à cette publication. Les données les plus récentes sur la longueur des pipelines dont on dispose actuellement remontent à 2006, lesquelles ont été utilisées pour 2007 et 2008 également. Des améliorations du modèle sont envisagées. Pour d'autres précisions, consulter le chapitre 3.

A3.1.2.3. Raffinage du pétrole

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

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

Méthodologie

Émissions fugitives

On calcule les émissions fugitives pour la période 1991-1993 et depuis 2003 à l'aide de l'Équation A3-5 :

Équation A3-5:

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

La consommation annuelle d'énergie des raffineries (GJ) est la somme de l'énergie de tous les carburants consommés par les raffineries et inclus sous la rubrique « consommation par le producteur » dans le *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (Statistique Canada, n° 57-003-XIB au catalogue). La consommation d'énergie est la même que celle du modèle de combustion fixe utilisé à la section 1.A.1.b. Raffinage du pétrole dans le tableau des catégories du CUPR.

On a recours à deux coefficients d'émission (CE), l'un pour les émissions de CO₂ et l'autre pour les émissions de CH₄. Ces coefficients ont été élaborés et utilisés dans l'étude des raffineries (ICPP 2004). On les utilise pour estimer les émissions fugitives pour les années non couvertes par l'étude, soit les années 1991-1993 et la période allant de 2003 à aujourd'hui.

Les coefficients d'émission sont les suivants :

- Dioxyde de carbone : 2,78 tonnes CO₂/GJ
- Méthane : 11,89 tonnes CH₄/GJ

Selon l'étude des raffineries, les émissions de N₂O pour 1990 et pour la période 1994-2002 sont restées constantes à 0,1 kt N₂O/an; toutefois, l'étude des raffineries ne contient pas assez de données pour permettre d'élaborer un CE pour ces émissions. On garde constantes les émissions de N₂O à 0,1 kt N₂O/an pour les années 1991-1993 et pour la période commençant en 2003.

Émissions des procédés (évaporation)

Les émissions des procédés sont surtout associées à l'évacuation de CO₂ lors de la production d'hydrogène à l'aide de gaz naturel. Ces émissions pour les périodes de 1991 à 1993 et 2003 à aujourd'hui ont été estimées à partir d'un coefficient d'émission moyen et de données sur la consommation d'énergie.

Émissions par torchage

Les émissions par torchage ont été mesurées séparément pour le CO₂, le CH₄ et le N₂O dans l'étude des raffineries (ICPP, 2004). Comme cette étude n'a produit aucun coef-

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

Origine	Publication	Données d'activité
Statistique Canada	Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (BDEEC) (Statistique Canada n° 57-003-XIB)	Consommation annuelle d'énergie des raffineries et des producteurs (par raffinerie)
Institut canadien des produits pétroliers (ICPP)	Economic And Environmental Impacts Of Removing Sulphur From Canadian Gasoline And Distillate Production, Levelton Consultants Ltd., 2004	-Émissions fugitives Tableau 3-2 : Inventaire régional des GES de l'ICPP - détaillé (kilotonnes) -Émissions attribuables aux procédés Tableau 3-2 : Inventaire régional des GES de l'ICPP - détaillé (kilotonnes) Émissions par torchage Annexe E - Gaz brûlés

ficient pouvant servir à l'estimation des émissions à partir de 2003, on a élaboré un coefficient d'émission moyen à partir des résultats de l'étude des raffineries. Les émissions par torchage pour les périodes de 1991 à 1993 et 2003 à aujourd'hui ont été estimées à l'aide de ce coefficient d'émission moyen et des données sur la consommation d'énergie.

Données d'activité

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

A3.1.2.4. Distribution du gaz naturel

Méthodologie

On calcule les émissions fugitives attribuables à la distribution du gaz naturel en se basant sur un rapport de l'Association canadienne du gaz (ACG) intitulé 1995 Air Inventory of the Canadian Natural Gas Industry. Pour toutes les années de la période allant de 1990 jusqu'à aujourd'hui, on a estimé les émissions à l'aide des données d'activité de Statistique Canada et des taux de fuite du rapport de l'ACG (1997). Seules les émissions fugitives de CH₄ sont prises en compte dans la distribution du gaz naturel. On établit la relation entre les données et les coefficients de la façon suivante :

Équation A3-6:

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

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

Coefficients d'émission

Les taux de fuite tirés du rapport de l'ACG (1997) sont présentés au Tableau A3-7.

Tableau A3-7 Coefficients pour les émissions fugitives de CH₄ attribuables à la distribution du gaz

Années	Taux de fuite (kt/km)
1990-1992	0,0008
1993 à aujourd'hui	0,0007

Données d'activité

Les mesures nécessaires aux données sont celles des longueurs des pipelines de distribution par province. Ces données étaient publiées chaque année par Statistique Canada dans son document *Transport et distribution du gaz naturel* (n° 57-205), dont la publication a cessé depuis. Les données les plus récentes sur la longueur des pipelines dont on dispose actuellement remontent à 2006, lesquelles ont été utilisées pour 2007 et 2008 également. Des améliorations du modèle sont envisagées. Pour d'autres précisions, consulter le chapitre 3.

A3.1.2.5. Industrie des sables bitumineux et de la valorisation du pétrole lourd

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

Dans cette région, on extrait le bitume dans des mines de sables bitumineux à ciel ouvert ou dans des installations situées sur place, à l'aide de techniques d'extraction thermique. Les émissions attribuables à l'extraction du bitume sur place sont calculées dans l'étude PGA (ACPP, 2005a). Le rapport intitulé *A National Inventory of GHGs, CACs and H2S Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry: 1990 to 2003* (rapport sur le bitume 2006) et préparé par Clearstone Engineering Ltd. pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP) inclut les émissions attribuables à l'extraction, au traitement et à la valorisation du bitume et du pétrole lourd.

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

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

Les principales sources d'émissions de l'industrie des SB/

VPL sont :

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

Le Tableau A3–8 présente les émissions regroupées par catégorie de sources et par zone d'opération.

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

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

Dans la mesure du possible, le rapport sur le bitume se base sur les données d'émissions contenues dans les rapports des différentes installations. Ces données ont été

Tableau A3-8 Sources et zones d'opérations utilisées dans le rapport sur le bitume (ACPP, 2006)

Catégorie de sources	Zone d'opération
Torchage	Toutes
Fugitives	Séparateur API (American Petroleum Institute) Fuites d'équipement Sables bitumineux exposés Bassins Autres Cuves de stockage
Émissions attribuables au procédé	Désulfuration des gaz de combustion CO ₂ provenant de gaz naturel acide Usine H ₂ Source ponctuelle de non combustion

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

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

- renseignements sur les exploitants des installations;
- statistiques sur l'énergie publiées par l'Energy Resources Conservation Board (ERCB);
- résultats de la surveillance des émissions à la source transmis au ministère de l'Environnement de l'Alberta;
- données des rapports des compagnies aux Mesures volontaires et Registre (MVR);
- Inventaire national des rejets de polluants d'Environnement Canada (INRP);
- dossiers des évaluations d'environnementales réalisées lors de demandes récentes de développement énergétique dans l'industrie des SB/VPL;
- littérature.

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

Modèle de bitume : de 2004 à ce jour

Le modèle de bitume permet d'estimer les émissions de GES attribuable à la production de pétrole lourd par

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

Pour l'année 2006, les émissions provenant des installations d'exploitation des sables bitumineux UTS Fort Hills de Pétro-Canada, mises en service en 2006, ont été estimées à partir de coefficients d'émission dérivés de l'exploitation Muskeg River de la société Albion. Cette information a également été prise en compte pour les années à venir. De plus, en 2008, les installations d'exploitation des sables bitumineux de CNRL et les installations de valorisation d'OPTI-Nexen sont entrées en service. Les émissions de ces installations ont été estimées à l'aide des coefficients d'émission applicables aux activités d'Albion's Muskeg River pour CNRL et de l'installation de valorisation de Shell Scotford pour OPTI-Nexen. Pour en savoir plus sur la méthodologie, on consultera le rapport sur le modèle de bitume (Environnement Canada, 2007).

Méthodologie d'estimation

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

émissions à l’aide de l’Équation A3–7 :

Équation A3–7:

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

where:

ER_i	=	coefficient d’émission de la substance i , tonnes par année
CE_i	=	coefficient d’émission de la substance i
A_1, A_2	=	données d’activité pertinentes au coefficient d’émission

Coefficients d’émission

On a élaboré des coefficients d’émission pour chacune des installations de SB/VPL de l’Alberta et de la Saskatchewan en mettant en corrélation les données les plus récentes

(pour une période de trois ou quatre ans) du rapport sur le bitume (ACPP, 2006) sur les émissions de l’installation et les données disponibles sur la comptabilité de production du site. On trouvera les coefficients d’émission dans le rapport sur le modèle de bitume (Environnement Canada, 2007).

Données d’activité

Les données d’activité utilisées pour l’extrapolation des émissions proviennent de deux sources. Pour l’Alberta, elles sont tirées du document ST-43 : Mineable Alberta Oil Sands Annual Statistics pour 2008 (ERCB, 2009c), qui est une publication annuelle. Pour la Saskatchewan, on utilise les données sur la quantité de pétrole lourd produit publiées dans les tableaux de l’Office national de l’énergie disponibles sous la rubrique « Production estimative de pétrole brut et d’équivalents au Canada de 2008 » (ONE, 2009). Les données sont inscrites au Tableau A3–9.

Tableau A3–9 Données d’activité utilisées pour le modèle de bitume

Données sur les émissions albertaines tirées du rapport ST-43 de l’RCB

Exploitant	Site	Paramètres
Albian Sands	Rivière Muskeg	Production de bitume Sables bitumineux exploités
Petro-Canada UTS	Fort Hills	Production de bitume Sables bitumineux exploités
Shell	Valorisateur de Scotford	Gaz de procédé torché/perdu Production de brut synthétique Livraisons de brut synthétique
Suncor	Tar Island	Naphte torché/perdu Naphte transformé Production de naphte Soufre torché/perdu Brut synthétique en carburant/utilisé Production de brut synthétique Sables bitumineux exploités
Syncrude	Mildred Lake	Production de bitume Production d’hydrocarbures intermédiaires Sables bitumineux exploités Brut synthétique en carburant/utilisé Production de brut synthétique
	Aurora	Production de bitume Sables bitumineux exploités Brut synthétique en carburant/utilisé
	Horizon	Production de bitume Sables bitumineux exploités
CNRL	Horizon	Production de bitume Sables bitumineux exploités
OPTI Canada Inc.	OPTI-Nexen (valorisation)	Production de brut synthétique Livraisons de brut synthétique Gaz de procédé torché/perdu
Données de l’ONE sur les émissions de la Saskatchewan		
Type de brut	Sous-catégorie de brut	Province
Brut lourd	SK CONV	Saskatchewan

A3.2. Méthodologie pour les procédés industriels

Le secteur des procédés industriels englobe les émissions de GES issues d'activités industrielles sans rapport avec l'énergie. Les activités dont il est question dans ce secteur sont la production et l'utilisation de produits minéraux, la production de produits chimiques, la production de métaux, la consommation d'halocarbures et de SF₆, ainsi que d'autres procédés industriels ou procédés indifférenciés. Chacune de ces activités peut être subdivisée en diverses catégories, par exemple, les émissions de CO₂ attribuables à la sidérurgie ou les émissions de SF₆ issues du moulage du magnésium, dont il a été question au chapitre 4. La présente section de l'annexe 3 décrit en détail les méthodes (équations particulières, données d'activité et coefficients d'émission) qui ont servi à estimer les émissions de GES associées aux catégories suivantes :

- les émissions de CO₂ attribuables à la production d'ammoniac;
- les émissions de CO₂ attribuables à d'autres procédés industriels ou à des procédés indifférenciés.

A3.2.1. Émissions de CO₂ attribuables à la production d'ammoniac

A3.2.1.1. Méthodologie

On a calculé les émissions attribuables à la production d'ammoniac à l'aide d'un coefficient d'émission de 1,56 t CO₂/t NH₃ produit. Ce coefficient d'émission, tiré de l'étude « Estimation des émissions de gaz provoquant l'effet de serre au Canada en 1990 » (Jaques 1992), est établi à partir de la quantité de gaz naturel nécessaire à la production d'une tonne d'ammoniac liquéfié. Les renseignements sur les besoins en matières premières du processus de reformage du méthane à la vapeur proviennent de l'ouvrage « Industrial Chemicals », de F. Lowenheim et M. Moran (Lowenheim et Moran 1980). Le Tableau A3-10 donne en détail le processus de calcul du coefficient d'émission du NH₃ (1,56 t CO₂/t NH₃).

Comme l'hydrogène requis pour le processus Haber-Bosch peut être obtenu à l'aide d'autres méthodes que le reformage du méthane à la vapeur (RMV), la production d'ammoniac n'entraîne pas nécessairement d'émissions de CO₂. On ne doit donc multiplier que la production nette d'ammoniac qui est source d'émissions de CO₂ par le coefficient d'émissions. Les données sur la production due aux émissions de CO₂ utilisées dans les calculs peuvent provenir directement des usines de production d'ammoniac, ou bien être estimées à l'échelle nationale.

Certaines usines de production d'ammoniac n'ont pas fourni leurs données d'exploitation pour la période 1990-2008. Afin d'en estimer la partie non déclarée de la production d'ammoniac émettant du CO₂, on a soustrait

Tableau A3-10 Calcul du coefficient d'émission pour la production d'ammoniac

Base de calcul : 1 tonne de NH₃.

Volume de gaz naturel nécessaire à la fabrication de 1 tonne de NH₃ : 812 m³ (A).

Volume molaire du gaz naturel à 15 °C : 0,02365 m³/mol (B).

Composition du gaz naturel	Nombre d'atômes de carbone	Capacité d'émissions de CO ₂ par mole de composant (g/mole)	Présence dans le gaz naturel (% par volume)	Volume de chaque composant dans 812 m ³ de gaz naturel (m ³)	Nombre de moles de chaque composant dans 812 m ³ de gaz naturel (mole)	Émissions de CO ₂ attribuables à chaque composant (t)
	C	D = C × 44 g CO ₂ /mol	E	F = E × A	G = F / B	H = G × D / 1 000 000
Méthane (CH ₄)	1	44	92	747	31 554	1,39
Éthane (C ₂ H ₆)	2	88	3,6	29	1 235	0,11
Propane (C ₃ H ₈)	3	132	1,0	8	343	0,05
Butane (C ₄ H ₁₀)	4	176	0,3	2	103	0,02
Azote	0	0	3,1	25	1 063	0,00
Coefficient d'émission (t CO₂/t NH₃)						1,56

la quantité d'ammoniac produite à partir d'hydrogène obtenu en sous-produit et celle produite à partir d'hydrogène obtenu par reformage du méthane à la vapeur, telles que déclarées par les usines, de la production nationale totale d'ammoniac, telle que publiée par Statistique Canada dans « Produits chimiques industriels et résines synthétiques » (n° 46-002). On a ensuite multiplié la production totale non déclarée par la taille relative de chacune des usines n'ayant pas soumis de déclaration afin d'obtenir une estimation de leur production non déclarée. On notera que toutes les usines utilisant de l'hydrogène obtenu en sous-produit ont déclaré leur production et leurs émissions; les absences de déclaration ne touchent donc que les usines d'ammoniac émettant du CO₂. En multipliant la production déclarée et la production non déclarée d'ammoniac responsables des émissions de CO₂ par le coefficient d'émission de 1,56 t CO₂/t NH₃, on a obtenu le total du CO₂ émis. Pour estimer la contribution de chaque province aux émissions de CO₂ attribuables au reformage du méthane à la vapeur, on a regroupé les productions déclarées et estimées des usines selon leur emplacement. Après avoir calculé la production totale par province, on l'a multipliée par le coefficient d'émission. Toutefois, aux fins de l'inventaire, on a inclus les estimations d'émissions de CO₂ attribuables à la production d'ammoniac par province dans la catégorie des autres procédés industriels et procédés indifférenciés.

À signaler également que la quantité de gaz naturel utilisée pour produire de l'hydrogène aux fins du procédé de production d'ammoniac est également consignée par Statistique Canada avec toutes les autres utilisations du gaz naturel à des fins non énergétiques. C'est pourquoi, pour éviter une double comptabilisation à l'échelle nationale, on a soustrait les émissions de CO₂ attribuables à la production d'ammoniac des émissions totales de CO₂ attribuables à l'utilisation des combustibles fossiles à des fins non énergétiques (tel que déclaré dans la catégorie des autres procédés industriels et procédés indifférenciés).

La technique d'estimation (émission = production d'ammoniac x coefficient d'émission) décrite dans la présente section est l'une des méthodes suggérées dans les lignes directrices du GIEC, révisées en 1996 (GIEC/OCDE/AIE, 1997). On notera toutefois que le coefficient d'émission de 1,56 t CO₂/t NH₃ produit est une valeur nationale moyenne. Les questions de méthodologie qui se rattachent au calcul des émissions de CO₂ résultant de la production d'ammoniac ne sont pas abordées explicitement dans les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les

inventaires nationaux (GIEC, 2000).

A3.2.1.2. Sources de données

Les données sur la production d'ammoniac proviennent, autant que possible, des usines. Les données sur la production pour la période 1990-2004 ont été recueillies ou estimées en 2006 dans l'étude de Cheminfo (Cheminfo Services, 2006). Pour 2005-2008, les compagnies les ont transmises de façon volontaire à la division des GES. La publication « Produits chimiques industriels et résines synthétiques », (n° 46-002) de Statistique Canada, fournit des données sur la production nationale totale d'ammoniac.

A3.2.2. Émissions de CO₂ attribuables à d'autres procédés industriels ou à des procédés indifférenciés

A3.2.2.1. Méthodologie

Les émissions de CO₂ attribuables à l'utilisation non énergétique des hydrocarbures sont déclarées dans la catégorie des autres procédés industriels et procédés indifférenciés, quand elles ne sont pas comprises dans une autre catégorie de l'inventaire. Ces émissions proviennent principalement des activités de production pétrochimique, même s'il y a un certain nombre d'autres utilisations non énergétiques dans les secteurs de l'exploitation et du traitement des métaux non ferreux, de la sidérurgie et d'autres sous-secteurs de l'industrie chimique, par exemple la production de noir de carbone. Dans les industries de pétrochimie et de production de noir de carbone, on utilise des combustibles fossiles primaires et secondaires (gaz naturel, produits pétroliers, charbon) à des fins non énergétiques dans la fabrication de produits. Cette utilisation des combustibles fossiles peut impliquer la combustion d'une partie du contenu en hydrocarbures pour produire de la chaleur destinée à alimenter le procédé, par la combustion des gaz combustibles sous-produits, par exemple. Parmi les autres utilisations à des fins non énergétiques comprises dans d'autres catégories de l'inventaire figure l'utilisation du coke dans la production sidérurgique et des anodes de carbone dans le procédé de production d'aluminium pour transformer l'alumine en aluminium par réduction électrolytique. Les combustibles fossiles peuvent être groupés en trois types : gazeux, solides et liquides. Les estimations des émissions découlant de chaque type de combustible sont

analysées séparément dans les sections qui suivent.

Combustibles gazeux

Le seul combustible gazeux pris en considération dans cette catégorie est le gaz naturel utilisé à des fins non énergétiques. Bien qu'on puisse l'utiliser dans la production de méthanol et de noir de carbone thermique, une bonne partie est en fait destinée au reformage du CH₄ à la vapeur en vue de produire l'hydrogène dont ont besoin les installations de fabrication d'ammoniac. Pour estimer les émissions de CO₂, on a multiplié l'utilisation du gaz naturel à des fins non énergétiques de chaque province ou territoire par un coefficient d'émission égal à 1 522 g CO₂/m³ (Cheminfo Services, 2005). La somme de l'ensemble des émissions provinciales et territoriales donne l'estimation nationale. À l'échelon national, les émissions de CO₂ provenant de l'utilisation du gaz naturel à des fins non énergétiques sont rajustées pour tenir compte de celles dues à la production de l'ammoniac. Plus précisément, le CO₂ attribuable à la production de l'ammoniac, à l'échelon national, est soustrait de la quantité totale de CO₂ issu de l'utilisation du gaz naturel à des fins non énergétiques afin d'éviter tout comptage en double. À noter aussi que les émissions dues à l'utilisation du gaz naturel à des fins non énergétiques pour produire de l'hydrogène dans les industries de raffinage du pétrole et du bitume sont allouées au secteur de l'énergie de l'inventaire.

Combustibles solides

Les combustibles solides inclus dans la catégorie « Autres procédés industriels et procédés indifférenciés » sont les suivants :

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

Afin de déterminer, pour chacune des provinces, les émis-

sions de CO₂ provenant de ces combustibles solides et du pétrole, on a appliqué les coefficients d'émission par combustible, par province et par année (Jaques 1992; McCann 2000), donnés au tableau A8-7 de l'annexe 8, aux quantités de consommation déclarées comme utilisées à des fins non énergétiques. L'estimation des émissions nationales concernant l'utilisation des combustibles solides à des fins non énergétiques est le total de l'ensemble des émissions provinciales-territoriales.

Les coefficients d'émission utilisés pour estimer les rejets de CO₂ dus à l'utilisation du charbon et des produits du charbon à des fins non énergétiques sont les mêmes que pour la combustion, parce que l'on présume que 99 % du carbone présent dans ces produits finira par s'oxyder et par être rejeté sous forme de CO₂.

Combustibles liquides

Outre les émissions provenant de l'utilisation des combustibles solides et gazeux mentionnées ci-dessus, les émissions de CO₂ provenant de l'utilisation non énergétique des combustibles liquides, les principaux LGN, les charges d'alimentation pétrochimiques du raffinage du pétrole, le coke de pétrole et les lubrifiants sont également incluses dans la catégorie « Autres procédés industriels et procédés indifférenciés ».

Pour estimer ces émissions dans chacune des provinces et territoires, on multiplie la quantité de chacun des combustibles utilisés à des fins non énergétique par son coefficient d'émission, comme le montrent les tableaux A8-5 de l'annexe 8 pour le coke de pétrole et les Tableau A3-11 et Tableau A3-12 pour les autres combustibles liquides. La somme des estimations provinciales et territoriales donne l'estimation des émissions nationales.

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

Tableau A3-11 Coefficients d'émission de CO₂ pour les liquides de gaz naturel

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

Tableau A3–12 Coefficients d’émission de CO₂ pour les produits pétroliers non énergétiques

Produits non énergétiques	Facteur du carbone (g C/L)	Rapport entre le poids moléculaire du CO ₂ et celui du carbone	Fraction de carbone stockée (valeur par défaut du GIEC)	Coefficient d’émission de CO ₂ résultant (g CO ₂ /L)
	A	B	C	D = A × B × (1 – C)
Matières premières pétrochimiques	680	3 2/3	0,8	500
Naphtes	680	3 2/3	0,75	625
Graisses et huiles de lubrification	770	3 2/3	0,5	1 410
Pétrole utilisé pour d'autres produits	790	3 2/3	0,5	1 450

gétiques qui est comprise dans le secteur de l’énergie.

Dans le cas de l’utilisation de LGN à des fins non énergétiques, les coefficients qui tiennent compte des émissions susceptibles de survenir lorsque la totalité du carbone est oxydée sont donnés dans l’étude de McCann (2000). Les « Lignes directrices pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre », de 1996 (GIEC/OCDE/AIE, 1997) fournissent une valeur par défaut pour la fraction du carbone stockée dans des produits quand du propane, du butane ou de l’éthane sont utilisés comme charge d’alimentation. On multiplie ensuite les coefficients d’émission potentiels de McCann (2000) par la fraction 0,8 de carbone stockée (1-GIEC) afin d’obtenir les coefficients d’émission des trois LGN utilisés à des fins non énergétiques, qui sont indiqués au Tableau A3–11.

L’utilisation à des fins non énergétiques des produits pétroliers provenant des raffineries (p. ex., charges d’alimentation pétrochimiques, naphte, lubrifiants, graisses et autres produits pétroliers) engendre également des émissions de CO₂ qui sont incluses dans la catégorie « Autres procédés industriels et procédés indifférenciés ». Leurs coefficients de carbone (masse de carbone émise par unité de carburant utilisé) proviennent de Jaques (1992). Ces coefficients sont ensuite multipliés par le rapport entre le poids moléculaire du CO₂ et celui du carbone, qui est de 44/12, et par (1 - fraction de carbone stockée) pour donner les coefficients d’émission de CO₂ utilisés pour estimer les émissions. Les valeurs par défaut de la fraction de carbone stockée sont également mentionnées dans les « Lignes directrices pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre », de 1996 (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Les calculs utilisés pour obtenir les coefficients d’émission relatifs aux combustibles utilisés à des fins non énergétiques sont donnés dans le Tableau A3–12. Pour estimer les émissions

aux échelons national, provincial et territorial, le volume du produit non énergétique utilisé est multiplié par son coefficient d’émission.

Le total des émissions du sous-secteur des autres procédés industriels et procédés indifférenciés est égal à la somme des estimations des émissions attribuables à l’utilisation non énergétique des combustibles gazeux, liquides et solides. Pour calculer les émissions totales nettes, (c.-à-d. les estimations d’émissions déclarées) du pays, on soustrait toutes les émissions provenant des combustibles utilisés à des fins non énergétiques prises en compte dans d’autres catégories du total des émissions. Ainsi, les émissions de CO₂ attribuables à la consommation d’électrodes dans la production d’aluminium, à l’utilisation de gaz naturel dans la production d’ammoniac et à la consommation des électrodes des FEA dans la production sidérurgique sont déclarées dans d’autres sous-secteurs; on les soustrait donc des totaux des émissions nationales du sous-secteur des autres procédés industriels et procédés indifférenciés afin d’éviter une double comptabilisation. On notera toutefois qu’à l’échelle des provinces, on ne soustrait que les émissions de CO₂ attribuables à la production d’aluminium et à la sidérurgie.

A3.2.2.2. Sources de données

Le BDEEC (Statistique Canada n° 57-003) est la source des données sur les activités relatives à la catégorie « Autres procédés industriels et procédés indifférenciés ». Le présent rapport expose les données par type de combustible ainsi que par secteur d’application (c’est-à-dire, l’utilisation à des fins énergétiques par opposition à des fins non énergétiques).

A3.3. Méthodologie pour le secteur agricole

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

- les émissions de CH₄ dues à la fermentation entérique;
- les émissions de CH₄ et de N₂O attribuables à la gestion des fumiers;
- les émissions de N₂O des sols agricoles (émissions directes, émissions indirectes et émissions du fumier animal laissé sur les pâturages, les grands parcours et dans les enclos).

La section A3.3.1 présente les sources des données sur les populations animales nécessaires aux calculs des émissions agricoles de CH₄ et de N₂O. Les populations de bovins sont ensuite caractérisées à la section A3.3.2. Les méthodes utilisées pour calculer les émissions de GES agricoles sont décrites aux sections A3.3.3 à A3.3.6. Il convient de noter que les sols agricoles émettent et capturent également le CO₂, mais ces sources ou puits de carbone sont pris en compte dans l'étude du secteur de l'affectation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie (ATCATF) (voir annexe 3.4).

A3.3.1. Sources de données sur les populations animales

Les données annuelles sur la population d'animaux d'élevage à l'échelon provincial ont été utilisées pour établir les estimations des émissions. Les données sur les populations d'animaux d'élevage et de volaille correspondant à chacune des catégories ou sous-catégories ont été obtenues pour chaque province auprès de Statistique Canada (voir le Tableau A3-13). Les estimations annuelles des populations sont tirées du recensement quinquennal de l'agriculture ainsi que d'études semi-annuelles ou trimestrielles pour les catégories d'animaux clés.

Les estimations annuelles des populations de bovins, de moutons, d'agneaux et de porcs qui sont établies à partir du recensement de l'agriculture et des relevés semi-annuels ou trimestriels sont présentées comme la moyenne simple des différents relevés. Les populations de chevaux, chèvres, bisons, lamas, alpacas et volailles sont estimées tous les 5 ans, uniquement par le recensement de l'agriculture. Les estimations annuelles des populations sont élaborées par interpolation linéaire afin d'éviter de trop grandes variations pour les années de recensement. Depuis le dernier recensement (2006), les populations sont demeurées constantes et feront l'objet de nouveaux calculs par extrapolation linéaire après le prochain recensement. Comme il n'y a pas eu de recensement des bisons en 1986, on a utilisé pour 1990 la population établie en 1991.

Tableau A3-13 Sources de données sur les populations animales

Catégories	Sources/notes
Bovins	Données téléchargées de CANSIM ¹ en octobre 2009
Moutons et agneaux	Données téléchargées de CANSIM ¹ en octobre 2009
Porcs	Données téléchargées de CANSIM ¹ en octobre 2009
Volailles	Certaines données chronologiques du Recensement de l'agriculture, section 2 - Une vision agricole de sept recensements, Canada et provinces : années de recensement 1976 à 2006, tableau 2.16 (Statistique Canada 2007a, n° 95-632 au catalogue) : http://www.statcan.gc.ca/pub/95632-x/2007000/t/4129745-fra.htm Tableau de données sur les exploitations et les exploitants agricoles : http://www.statcan.gc.ca/pub/95-629-x/2007000/4123856-fra.htm Regard sur certains produits, Canada et provinces : années de recensement 1976 à 2006, tableau 4.4 : http://www.statcan.gc.ca/pub/95-632-x/2007000/t/4185584-fra.htm
Chèvres, chevaux, lamas et alpacas et bisons	Statistique Canada. 2008. Espèces alternatives de bétail sur les fermes au Canada : Années recensées - 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006 (Statistique Canada, n° 23-502-X au catalogue)

A3.3.2. Caractérisation des bovins

Pour les bovins laitiers et de boucherie, on a privilégié l’analyse de niveau 2 du GIEC (GIEC, 2000) afin d’estimer les coefficients d’émission de CH₄ provenant de la fermentation entérique et de la gestion des fumiers. À cette fin, on a caractérisé la population bovine selon la sous-catégorie animale, l’état physiologique, l’âge, le sexe, le poids, le taux de croissance, le niveau d’activité et le milieu d’élevage.

Lorsqu’elles étaient disponibles, les données recueillies lors des enquêtes sur les méthodes d’élevage et de gestion publiées dans des revues scientifiques ont été utilisées pour décrire le milieu d’élevage et le rendement connexe des espèces animales. Comme cette information n’était pas disponible pour toutes les catégories de bétail, on a réalisé une enquête sur les pratiques d’élevage des vaches laitières et des bovins de boucherie auprès de spécialistes régionaux et provinciaux dans tout le pays. Des renseignements supplémentaires ont été obtenus auprès de chercheurs des milieux universitaires et du gouvernement

fédéral, de groupes spécialisés provinciaux et nationaux et d’organismes provinciaux et régionaux de contrôle du rendement (Boadi *et al.*, 2004).

Les pratiques d’alimentation des bovins laitiers et de boucheries sont examinées en détail dans la présente section.

A3.3.2.1. Bovins laitiers

Méthodes d’élevage et rendement

Les méthodes de production ont varié dans tout le pays en raison de différences dans la valeur des terrains, le climat, la disponibilité de fourrage et l’accès aux marchés. Les pratiques prédominantes de gestion dans chaque province sont prises en compte par des paramètres spécifiques à chacune des provinces qui interviennent dans les équations de l’analyse de niveau 2 du GIEC.

Le tableau Tableau A3–14 présente un résumé du rendement de l’élevage du cheptel laitier canadien.

Tableau A3–14 Caractéristiques de la production laitière au Canada en 2001

Espèce animale/Paramètres	Caractéristiques de la production ¹	Sources ²	
Vaches laitières			
Poids moyen (kg)	634 (51)	Okine et Mathison (1991); Kononoff <i>et al.</i> (2000); Petit <i>et al.</i> (2001)	
Poids à l’âge adulte (kg)	646 (55)		
Taux de conception (%)	59,2 (7,3)		
Veaux			
Poids à la naissance (kg)	41 (3,3)	Western Canadian Dairy Herd Improvement Services (2002)	
Poids moyen (kg)	186 (18,5)		
Poids à l’âge adulte (kg)	330,5 (37,6)		
Gain de poids quotidien (kg/jour)	0,7 (0,3)		
Production de veaux de l’année ³ , %	93 (6)		
Génisses nécessaires			
Poids moyen (kg)	461,6 (24,7)		
Poids de début, 1 an (kg)	327,8 (31,0)		
Poids à l’âge adulte au moment du vêlage (kg)	602,1 (45,9)		
Poids à l’âge adulte (kg)	646,1 (54,9)		
Gain de poids quotidien (kg/jour)	0,77 (0,14)		
Taux de relève (%)	32,3 (3,2)		

Notes :

1. Les nombres entre parenthèses représentent l’écart-type.

2. Les valeurs sans références sont tirées de consultations d’experts (voir Boadi *et al.*, 2004).

3. La « production de veaux de l’année » correspond au pourcentage de vaches ayant survécu à la saison hivernale et ayant produit un veau.

Tableau A3-15 Production laitière moyenne de 1990 à 2008 à l'échelon provincial

A3

Année	Production laitière moyenne (kg/vache par jour) ¹									
	T.-N.	Î.-P.-E.	N.-É.	N.-B.	QC	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B..
1990	23,6	24,3	24,0	23,9	23,0	24,5	25,2	25,5	26,9	26,8
1991	23,9	24,6	24,4	24,2	23,3	24,6	25,6	25,9	27,3	27,2
1992	24,8	25,6	25,3	25,2	24,0	26,0	26,6	26,9	28,3	28,2
1993	25,4	26,2	25,9	25,7	23,9	26,2	27,2	27,5	28,9	28,8
1994	26,4	27,2	26,9	26,7	23,7	26,7	28,2	28,5	30,1	30,0
1995	26,0	26,8	26,5	26,4	24,2	27,0	27,6	27,9	29,4	29,5
1996	26,6	27,4	27,2	27,0	24,6	27,3	28,7	29,2	30,6	30,3
1997	27,0	27,8	27,5	27,4	25,0	28,9	29,0	29,7	30,9	29,9
1998	27,4	28,3	28,0	27,8	26,2	28,5	29,3	30,6	31,5	30,7
1999	25,5	25,2	26,5	26,4	25,3	26,1	25,0	25,5	26,8	29,6
2000	28,6	25,9	27,2	27,0	25,9	27,0	27,4	27,3	30,0	32,1
2001	27,4	25,3	26,4	26,5	25,5	26,1	26,6	27,8	29,7	31,1
2002	26,1	25,4	26,5	27,0	26,0	26,5	26,3	28,9	30,1	32,1
2003	27,3	25,4	26,5	26,2	25,6	26,4	27,1	28,1	29,8	31,4
2004	25,6	25,6	26,4	26,3	25,6	26,7	26,9	27,9	29,1	31,1
2005	27,2	27,2	27,1	27,1	26,2	27,4	26,2	28,3	29,6	30,8
2006	27,1	27,1	26,4	26,4	26,7	27,8	26,5	29,5	31,3	31,8
2007	25,9	25,9	26,0	25,9	26,7	27,4	27,0	29,1	30,9	31,4
2008	26,5	26,5	26,3	25,4	26,6	27,3	26,4	28,8	30,2	30,3

1. Source des données : CanWest DHI.

Les données sur les bovins Holstein de l'Ontario n'indiquent pas si le poids vif des vaches laitières est resté stable de 1990 à 2008. On choisit donc d'utiliser pour le poids vif des vaches et des génisses laitières la valeur correspondant à 2001 estimée par Boadi *et al.* (2004).

Données sur la production laitière et la matière grasse du lait

Le coefficient d'émission calculé pour les vaches laitières reflète la hausse de la productivité laitière observée avec le temps (Tableau A3-3). Les CanWest Dairy Herd Improvement Services (DHI) ont recueilli les données les plus exhaustives sur la production de lait au Canada, représentant plus du 2/3 de la population de vaches laitières au Canada (voir le Tableau A3-15). Chaque année, les DHI fournissent également les données relatives au nombre de jours sans ou avec lactation.

Durée du séjour en milieu d'élevage

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

Pourcentage de vaches en gestation

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

$$\text{Pourcentage de vaches en gestation} = \left(\frac{\text{durée de la gestation}}{\text{intervalle de parturition}} \times 100 \right)$$

- pourcentage de vaches improductives éliminées du troupeau

Énergie digestible par ration

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

Tableau A3-16 Caractéristiques de la production bovine au Canada en 2001

Espèce animale/Paramètres	Caractéristiques de la production ¹	Sources ²
Vaches de boucherie		
Poids moyen (kg)	603 (36)	Kopp et al. (2004)
Poids à l'âge adulte (kg)	619 (52)	AAFRD (2001)
Lait (kg/jour)	7,3 (1,2)	Kopp et al. (2004)
Matières grasses du lait (%)	3,6 (0,6)	Kopp et al. (2004)
Taux de conception (%)	93,7 (1,3)	Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba 2000; AAFRD 2001
Génisses nécessaires à la relève		
Poids moyen (kg)	478 (34)	
Poids à l'âge adulte (kg)	620 (51)	
Gain de poids quotidien (kg/jour)	0,64 (0,14)	
Taux de relève (%)	14,4 (3,1)	Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba 2000
Taureaux		
Poids des animaux d'un an (kg)	541 (18)	
Poids moyen (kg)	940 (98)	
Poids à l'âge adulte (kg)	951 (112)	
Gain de poids quotidien (kg/jour)	1,0 (0,17)	
Veaux (y compris les veaux de race laitière)		
Poids à la naissance (kg)	40 (3)	AAFRD (2001)
Poids moyen (kg)	258,4 (19,1)	Small et McCaughey (1999)
Âge au sevrage (jours)	215 (15)	
Gain de poids quotidien (kg/jour)		
- Génisses nécessaires à la relève	0,67 (0,13)	Kopp et al. (2004)
- Bovins semi-finis	0,98 (0,17)	
- Bovins de finition	1,37 (0,12)	
Croît du troupeau de bovins (%)	95 (2,3)	
Génisses et bouvillons de long engraissement		
Poids moyen (kg)	411 (47)	Kopp et al. (2004)
Poids à l'âge adulte (kg)	620 (51)	
Gain de poids quotidien (kg/jour)	0,98 (0,16)	
Proportion d'animaux envoyés au parc d'engraissement (%)	65 (30)	
Animaux gardés au parc d'engraissement		
Poids moyen (kg)		
- Finition directe	540 (25)	
- Engraissement des animaux semi-finis	562 (64)	
Poids à l'âge adulte (kg)	630 (46)	
Poids au terme de l'engraissement (kg)	609 (28)	
Gain de poids quotidien (kg/jour)	1,37 (0,12)	

Notes :

1. Les nombres entre parenthèses représentent l'écart-type.

2. Les valeurs sans référence ont été obtenues auprès d'experts et compilées par Boadi et al. (2004).

que les vaches en lactation alimentées au pâturage étaient nourries également de céréales et, par conséquent, que les valeurs de l'ED étaient semblables à celles des rations administrées aux troupeaux en claustration (Boadi *et al.*, 2004).

A3.3.2.2. Bovins non laitiers

Pratiques d'élevage et rendement

Les pratiques d'élevage varient d'une région à l'autre du pays selon le climat, le prix des terres et les différentes pratiques agricoles classiques. L'étude de Boadi *et al.* (2004) décrit les pratiques prédominantes en 2001 dans chaque province en fonction du type d'animal, de l'état physiologique, de l'âge, du sexe, du taux de croissance, du niveau d'activité et du milieu d'élevage. Les valeurs présentées au Tableau A3-16 représentent une moyenne pour l'ensemble des provinces.

On utilise les tendances affichées par le poids des carcasses à titre d'indicateurs de variation du poids à l'âge adulte en les comparant aux valeurs de référence établies pour l'année 2001 par Boadi *et al.* (2004) (Tableau A3-17). Les données sur le poids des carcasses sont recueillies par l'Agence canadienne de classement du bœuf (ACCB) et publiées par Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC, 1990 à 2008). Les données, illustrées à la Figure A3-1, montrent une nette augmentation du poids des carcasses des vaches de boucherie, des génisses destinées à l'abattage, des bouvillons et des taureaux de 1990 à 2003. Depuis 2003, le poids des carcasses est resté plus ou moins

inchangé.

À partir de 2003, l'industrie canadienne de la viande de boucherie a été frappée par une épidémie d'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) qui a conduit à une interruption des exportations de bœuf aux États-Unis. Le système de production entier a été touché : les animaux plus vieux ont été retenus au Canada, augmentant ainsi la population bovine. Cependant, il n'existe pas de données fiables sur les changements apportés aux pratiques d'élevage propres aux bovins de boucherie et, comme cette situation était jugée passagère, aucune correction n'a pu être faite pour tenir compte de l'épidémie d'ESB. Après 2003, le poids des carcasses de taureaux abattus a donc augmenté par suite de l'élimination sélective de vieux taureaux. Ainsi, pour établir une estimation plus représentative des troupeaux d'élevage, on a choisi d'utiliser le poids vif moyen des taureaux à la valeur de 2002.

Durée du séjour en milieu d'élevage

On a également présumé que les génisses nécessaires à la relève et âgées de plus de 15 mois étaient soit fécondées, soit en gestation. Tous les animaux de relève (taureaux reproducteurs, jeunes génisses et génisses nécessaires à la relève âgés de plus de 12 mois) sont considérés comme accédant au troupeau d'élevage (taureaux reproducteurs, vaches laitières et vaches de boucherie) à l'âge de 24 mois.

Énergie digestible par ration

Nous avons utilisé les valeurs d'énergie digestible (ED)

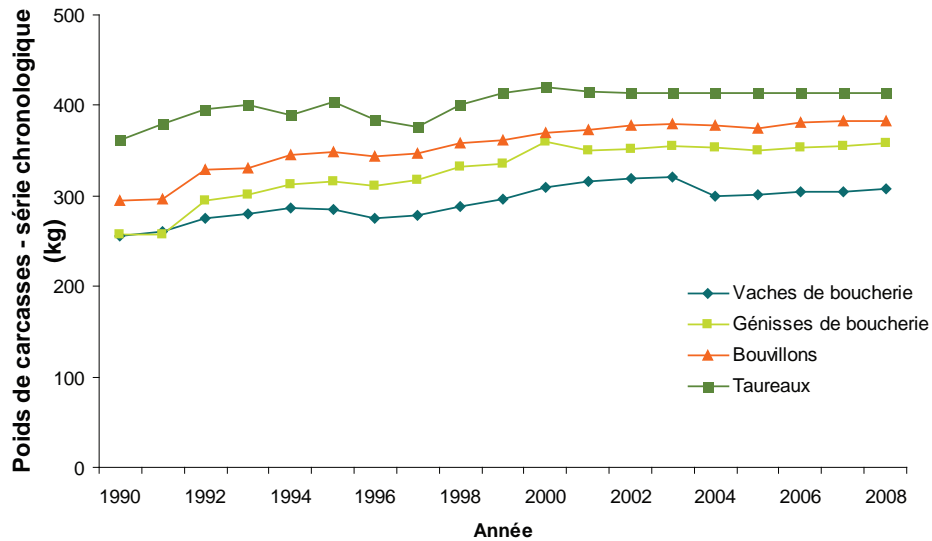
Tableau A3-17 Poids des carcasses utilisé comme indicateur de changement du poids vif des bovins non laitiers

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

Note :

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

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



des rations calculées par Christensen *et al.* (1977) pour les fourrages des Prairies afin d’estimer les valeurs d’ED correspondant à la Saskatchewan et au Manitoba. Les données fournies par l’AAFRD et l’université de l’Alberta (2003) ont été utilisées pour l’Alberta, et celles établies par le NRC des États-Unis (2001) ont servi à estimer les valeurs d’ED des rations utilisées en Colombie-Britannique et dans les provinces de l’Est. Dans l’ensemble, l’ED a varié de 60 à 84 %, selon les rations et les régimes alimentaires.

On a posé l’hypothèse que les veaux avaient un rumen non fonctionnel, ou ne consommaient que de très faibles quantités de nourriture sèche de la naissance jusqu’à l’âge de deux ou trois mois. Par conséquent, les émissions de CH₄ attribuables à la fermentation entérique au cours des premiers mois ont été considérées comme nulles.

A3.3.3. Émissions de CH₄ dues à la fermentation entérique

Les rejets de CH₄ attribuables à la fermentation entérique de toutes les catégories d’animaux d’élevage au Canada sont calculés à l’aide de l’Équation A3-8. Les émissions de CH₄ provenant de la fermentation entérique chez les bovins sont estimées à l’aide des coefficients d’émission spécifiques au pays tirés des équations de niveau 2 du GIEC (2000) (Tableau A3-18). Pour les autres catégories d’animaux, on utilise l’analyse de niveau 1 du GIEC et des coefficients d’émission par défaut (voir annexe 8).

Équation A3-8:

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

où :

CH _{4C}	=	émissions résultant de la fermentation entérique pour toutes les catégories animales
N _T	=	population animale pour la T ^{ème} catégorie ou sous-catégorie animale par province
CE _{(CE)T}	=	coefficient d’émission pour la T ^{ème} catégorie ou sous-catégorie animale (Tableau A3-18) pour les bovins; pour les autres catégories d’animaux, voir l’annexe 8).

A3.3.3.1. Coefficients d’émission de CH₄ attribuables à la fermentation entérique

Les coefficients d’émission ont été établis à l’aide d’équations de niveau 2 du GIEC (2000) pour différentes sous-catégories de bétail (vaches laitières, génisses laitières, vaches de boucherie, génisses de boucherie, taureaux, veaux, génisses nécessaires à la relève, génisses et bouvillons de plus d’un an) en prenant pour base des stades

d'élevage différents. Pour estimer la fermentation à l'aide des équations de niveau 2, il faut faire une approximation de l'énergie brute consommée (EB) en se servant de l'équation A3-2 pour estimer les émissions. Étant donné que les profils de consommation varient à différentes étapes de l'élevage, afin de répondre aux besoins énergétiques propres à certains produits animaux, et selon les conditions environnementales, la valeur EB sera différente. Les émissions du bétail laitier, par exemple ont été estimées pour deux catégories d'élevage - les vaches tarées et les vaches en lactation. Le taux de consommation (EB) des vaches en lactation associé à la production de lait est élevé. La consommation énergétique des vaches tarées variera par contre selon que les vaches sont gardées dans des espaces fermés ou laissées en pâturage.

Équation A3-9:

$$EB = \left[\left[\frac{(ENe + ENa + ENl + NEimmob + ENg)}{(ENae/ED)} \right] + \left[\frac{ENC}{(ENac/ED)} \right] \right] \left[\frac{ED}{100} \right]$$

où :

EB	=	énergie brute (MJ/jour)
ENe	=	énergie nette requise pour l'entretien (MJ/jour)
EN _a	=	énergie nette requise pour les activités (MJ/jour)
EN _l	=	énergie nette requise pour la lactation (MJ/jour)
EN _{im-mob}	=	énergie nette immobilisée par la perte de poids pendant la lactation, MJ/jour
EN _g	=	énergie nette requise pour la gestation (MJ/jour)
EN _{ae/ED}	=	rapport entre l'énergie nette disponible dans un régime d'entretien et l'énergie digestible
EN _c	=	énergie nette nécessaire à la croissance (MJ/jour)
EN _{ac/ED}	=	rapport entre l'énergie nette disponible dans un régime de croissance et l'énergie digestible consommée
ED	=	énergie digestible d'une ration (%)

Le temps passé par un animal pendant une étape de production donnée peut aussi varier; on a donc calculé une moyenne pondérée du coefficient d'émission. Au nombre

des critères de pondération figuraient la durée de séjour dans la catégorie visée et le pourcentage de population à chaque stade de l'élevage. Le coefficient d'émission provincial (CE(CE)) se calcule alors comme l'équation A3-10. Les coefficients d'émission provinciaux ont été pondérés en fonction de la proportion de la population provinciale d'animaux par rapport à la population nationale afin d'établir un coefficient d'émission national pour chaque sous-catégorie, et ce pour chaque année de la série chronologique (Tableau A3-18).

Équation A3-10:

$$CE_{(CE)T} = \sum_T EB_T \times TP_T \times Y_{Tm}$$

où :

CE _{(CE)T}	=	coefficient d'émission annuel en kg par tête-année pour la population T
EB _T	=	énergie brute, MJ/jour dans la population ciblée T, kg/jour
Y _{Tm}	=	taux de conversion du méthane auquel la fraction d'énergie brute est convertie en méthane par animal de la population ciblée T, m ³ /kg
TP _T	=	période (jours par année ⁻¹) d'une étape de production dans la population ciblée T

Les coefficients d'émission pour la fermentation entérique sont tirés de Boadi *et al.* (2004). Ils ont été modifiés en fonction des tendances relatives à la production de lait et au poids des carcasses de plusieurs catégories de bovins de boucherie.

Des erreurs ont été notées dans la série chronologique pour les coefficients d'émission des bovins laitiers, en 1998-1999 et 2007-2008, et en 2007-2008 pour les bovins de boucherie, attribuables à des irrégularités dans les résultats des modèles décrites à la section 1.2.3 du chapitre 6. Des corrections seront apportées à la série chronologique, telles que décrites à la section 1.2.6 du chapitre 6.

Tableau A3-18 Coefficients d'émission de CH₄ pour la fermentation entérique - vaches laitières - de 1990 à 2008

Année	Coefficients d'émission, ou CE _{(CE)_T} , (kg CH ₄ /animal/an) ¹							
	Vaches laitières	Génisses laitières	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses de boucherie	Génisses destinées à l'abattage	Bouvillons	Veaux
1990	95,5	74,4	79,8	78,0	67,6	60,8	53,8	43,6
1991	96,1	74,5	82,7	78,8	68,1	60,9	54,1	43,5
1992	98,4	74,5	84,9	81,0	69,1	63,3	56,3	43,4
1993	99,6	74,4	85,6	82,1	69,5	63,6	55,8	43,4
1994	99,7	74,4	84,1	82,9	70,2	64,5	56,9	43,5
1995	100,0	74,3	86,3	82,5	70,1	64,7	56,6	43,5
1996	101,7	74,4	83,5	81,0	69,1	64,4	56,9	43,4
1997	102,7	74,4	82,4	81,4	69,8	65,1	57,6	43,4
1998 ²	103,8	74,4	85,9	83,1	70,8	66,5	58,8	43,4
1999	111,8	74,5	87,8	84,2	71,7	67,3	59,3	43,4
2000	114,7	74,5	88,6	86,2	72,7	68,8	60,0	43,4
2001	113,2	74,6	88,0	86,8	73,3	68,3	60,0	43,4
2002	114,5	74,6	87,9	87,3	73,7	68,4	60,1	43,4
2003	113,9	74,7	87,8	87,5	73,6	68,0	59,9	43,4
2004	113,9	74,7	87,8	84,0	71,0	67,8	59,3	43,4
2005	115,5	74,7	87,8	84,1	70,9	67,7	59,0	43,3
2006	117,0	74,6	87,7	84,6	71,1	68,1	59,6	43,3
2007	116,5	74,6	87,8	84,7	71,4	68,0	59,6	43,3
2008 ²	126,3	73,0	87,7	88,3	71,5	68,1	59,3	43,3

1. Les coefficients d'émission pour la fermentation entérique sont tirés de Boadi et al. (2004). Ils ont été modifiés en fonction des tendances relatives à la production de lait et au poids des carcasses de plusieurs catégories de bovins de boucherie.

2. Des erreurs ont été notées dans la série chronologique pour les coefficients d'émission des bovins laitiers, en 1998 1999 et 2007–2008, et en 2007–2008 pour les bovins de boucherie, attribuables à des irrégularités dans les résultats des modèles décrites à la section 1.2.3 du chapitre 6. Des corrections seront apportées à la série chronologique, telles que décrites à la section 1.2.6 du chapitre 6.

A3.3.3.2. Coefficients d'émission de CH₄ pour la fermentation entérique des animaux autres que les bovins

Pour les catégories d'animaux autres que les bovins, les émissions ont été calculées à l'aide des coefficients d'émission de niveau 1 du GIEC (voir annexe 8).

A3.3.4. Émissions de CH₄ attribuables à la gestion des fumiers

L'analyse de niveau 2 du GIEC sert à estimer les coefficients d'émission de CH₄ provenant des systèmes de gestion des fumiers (GIEC, 2000). L'Équation A3-11 sert à calculer les émissions de CH₄ de la gestion des fumiers de toutes les catégories de bétail au Canada. Les sources de données sur la population animale sont les mêmes que celles qui ont été utilisées pour les estimations de la fermentation entérique.

Elles sont présentées au Tableau A3-13.

Équation A3-11:

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

où :

CH_{4MM} = émissions résultant de la gestion des fumiers pour toutes les catégories animales

N_T = population animale pour la T^{ème} catégorie ou sous-catégorie animale par province

CE_{(MM)T} = coefficient d'émission pour la T^{ème} catégorie ou sous-catégorie animale (Tableau A3-24 et Tableau A3-14)

Les coefficients d'émission de CH₄ de niveau 2 provenant de la gestion des fumiers résultent de des données d'entrée de pays spécifiques et prennent en compte les conditions climatiques, les rations du bétail, le type de système d'entreposage de fumier. L'équation suivante représente une estimation de niveau 2 du GIEC des coefficients d'émission de CH₄ liés aux systèmes de gestion des fumiers :

Équation A3-12:

$$CE_{(MM)T} = SV_T \times 365 \times Bo_T \times 0,67 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \times \sum_{ij} FCM_{ij} \times MS_{Tij}$$

où :

$CE_{(MM)T}$	=	coefficient d'émission annuel en kg par tête-année pour la population T
SV_T	=	solides volatils excrétés quotidiennement en kg par jour pour un animal appartenant à la population T
Bo_T	=	potentiel maximal de production de CH ₄ , en m ³ /kg SV, pour le fumier produit par un animal appartenant à la population T
FCM_{ij}	=	facteur de conversion du CH ₄ pour chaque système de gestion des fumiers i par région climatique j
MS_{Tij}	=	facteur de distribution du système, défini comme la fraction des fumiers de la catégorie animale T qui est traitée à l'aide du système de gestion du fumier i dans la région climatique j (GIEC, 2000, équation 4.17, p. 4.34)

Les sections suivantes portent sur les valeurs d'entrée pour les variables SV, EB, ED et CENDRE de l'Équation A3-12.

A3.3.4.1. Solides volatils (SV)

Les solides volatils (SV) représentent la portion organique des solides totaux du fumier. On a estimé les SV de fumier à l'aide de la méthode du GIEC qui est fondée sur l'énergie digestible (ED) de l'apport alimentaire, la teneur en cendre du fumier et l'énergie brute (EB) consommée par un animal d'une catégorie donnée, conformément à l'équation A3-6 (GIEC, 2006).

Équation A3-13:

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

où :

SV	=	excrétion de solides volatils (kg/tête par jour)
EB	=	énergie brute consommée par un animal donné, MJ j ⁻¹
ED	=	énergie digestible d'une ration (%)
ms	=	matière sèche (kg/tête par année)
CENDRE	=	teneur en minéraux du fumier (%)

Pour les sous-catégories de bovins, l'EB de l'équation Équation A3-13 est fonction des mêmes facteurs et étapes de production que ceux définis pour la fermentation entérique. On a estimé les SV pour chaque sous-catégorie de bovins à l'échelle provinciale en tenant compte des étapes de production pour chaque année de la série chronologique. Pour les catégories autres que les bovins, l'EG a été calculée comme une fonction des estimations de la matière sèche ingérée (MSI) compilées à partir de l'opinion d'experts dans Marinier *et al.* (2004). L'augmentation de la production de lait chez les bovins laitiers et du poids des carcasses chez les bovins de boucherie a eu pour effet d'accroître les SV et, par le fait même, les émissions de CH₄ au cours de la série chronologique.

Les sections suivantes traitent des sources de données permettant d'estimer les SV pour les catégories clés animales.

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

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

D'importantes variations régionales dans la composition des rations ont été relevées pour les moutons, les chevaux et les porcs. Aucune variation régionale n'a été prise en compte pour les chèvres ou la volaille, car on ne disposait pas de données requises.

En général, les rations des animaux brouteurs se composent de céréales et de fourrage. La digestibilité du régime

Tableau A3-19 Énergie digestible approximative (ED) pour certaines sous-catégories d’animaux d’élevage et sources de données

Espèce animale	ED (%)	Sources ¹
Chèvres	65	W. Whitmore, Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba
Poules pondeuses	80	S. Leeson, Université de Guelph; D. Korver, Université de l’Alberta
Poulets	80	S. Leeson, Université de Guelph; D. Korver, Université de l’Alberta
Dindons	78	S. Leeson, Université de Guelph
Porcs	87	C.F. deLange, Université de Guelph
Alimentation à base de céréales		
Moutons	74	Weston (2002)
Chevaux	70	L. Warren, Université de l’État du Colorado
Alimentation à base de fourrage		
Moutons	65	W. Whitmore, Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba
Chevaux	60	L. Warren, Université de l’État du Colorado

Note :

1. Marinier *et al.*, 2004, renvoient à des consultations d’experts.

Tableau A3-20 Matière sèche ingérée par certains animaux d’élevage

Espèce animale	DMI (kg/tête par jour)	Sources ²
Moutons et agneaux		
Brebis	1,2-2,8	NRC (1985)
Béliers	2,1-3,0	W. Whitmore, Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba
Agneaux destinés à la relève	1,2-1,5	NRC (1985)
Agneaux de marché	1,3-1,6	NRC (1985)
Chevaux		
Chevaux adultes oisifs	7,4-11	NRC (1989) et L. Warren, Université de l’état du Colorado
Chevaux adultes actifs	7,4-13,7	NRC (1989) et L. Warren, Université de l’état du Colorado
Animaux sevrés	3,6-6,3	NRC (1989)
Porcs		
Jeunes (5-20 kg)	0,55-0,72	C. Wagner-Riddle, Université de Guelph
Adultes (20-60 kg)	1,4-2,1	J. Patience, Prairie Swine Centre
Prêts pour l’abattage (60-110 kg)	2,1-3,3 ¹	M. Nyachoti, Université du Manitoba; C. Pomar, Agriculture et Agroalimentaire Canada
Truies	2,28	C. Wagner-Riddle, Université de Guelph
Verrats	2,0-2,5	M. Nyachoti, Université du Manitoba; NCR (1998)
Chèvres		
Chèvre	1,2-2,8	NRC (1981)
Bouc	1,4-2,3	CRAAQ (1999)
Chevreaux	1,4	CRAAQ (1999)
Volailles		
Poules pondeuses	0,072-0,11	S. Leeson, Université de Guelph; D. Korver, Université de l’Alberta
Poulets à griller	0,085-0,088	S. Leeson, Université de Guelph; D. Korver, Université de l’Alberta
Dindes	0,023-0,53	Hybrid Turkeys (2001)

Note :

1. Évalué à 3,5 % de la masse corporelle.

2. Sources des données : consultations d’experts (Marinier *et al.*, 2004).

alimentaire variera selon la composition, les céréales ayant une plus haute digestibilité que le fourrage. La distribution des régimes alimentaires à base de céréales et de fourrage a été estimée pour les moutons et les chevaux dans chaque province. On a obtenu une estimation pondérée de l'ED à partir de l'ED approximative des céréales et du fourrage pour chaque type d'animal et de la distribution de la consommation de céréales et de fourrage par province (Tableau A3-19). Cependant, cette méthode ne tient pas compte des suppléments alimentaires qui peuvent augmenter ou réduire la digestibilité. Les intervalles de valeurs qui s'appliquent à la MSI ont été déterminés en consultant des spécialistes et en se fondant sur des valeurs publiées (Tableau A3-20).

Teneur en cendres des fumiers (CENDRES)

La teneur en cendres des fumiers est la portion inorganisée de ceux-ci. Le Tableau A3-21 comprend les valeurs utilisées dans le présent inventaire pour la teneur en cendres dans le calcul des solides volatils ainsi que leurs sources.

Tableau A3-21 Teneur en cendres des fumiers pour certains animaux d'élevage et sources de données

Espèce animale	CENDRE (%)	Sources
Bovins	8	GIEC (2000)
Moutons	8	GIEC (2000)
Chèvres	8	GIEC (2000)
Chevaux	4	GIEC (2000)
Poules pondeuses	10	Marinier <i>et al.</i> (2004)
Poulets	7	Marinier <i>et al.</i> (2004)
Dindons	5	Marinier <i>et al.</i> (2004)
Porcs	5	Marinier <i>et al.</i> (2004)

Calcul et évaluation des erreurs de calcul pour les SV

Les valeurs applicables à la MSI, à l'ED et aux CENDRES ont servi à calculer les SV pour les catégories d'animaux d'élevage autres que du bétail par province. On a utilisé la méthode de Monte-Carlo à l'aide de Crystal Ball® (Decisioneering, 2000) et assigné une distribution théorique fondée sur la variance présente dans les opinions des experts et les études scientifiques à chacune des données d'entrée MSI, ED et CENDRES. L'équation A3-6 a été calculée 10 000 fois en utilisant des données d'entrée se situant à l'intérieur des limites de distribution établies. On a ainsi obtenu des

valeurs moyennes pour les SV et un intervalle de confiance de 95 % (Tableau A3-22).

Tableau A3-22 Valeur moyenne des solides volatils présents dans le fumier des catégories d'animaux autres que les bovins et intervalle de confiance de 95 % exprimé en pourcentage de la moyenne

Espèce animale	Valeur moyenne des solides volatils (kg tête ⁻¹ jour ⁻¹)	Intervalle de confiance de 95 % (%)
Moutons et agneaux ¹	0,55	31
Chevaux	3,2	16
Porcs	0,23	50
Chèvres	0,64	41
Volailles	0,022	20

Note :

1. Les valeurs attribuées aux lamas et aux alpacas sont les mêmes que celles des moutons et des agneaux, tandis que les buffles sont considérés comme des bovins non laitiers.

A3.3.4.2. Potentiel de production maximale de CH₄ (B₀)

Le B₀ est défini comme le volume maximal de CH₄ qui peut être produit à partir d'un kilogramme de SV chargé dans un système de gestion des fumiers. Il s'exprime sous la forme suivante : m³ kg⁻¹ SV chargé. Comme il s'agit d'une mesure de la production maximale de CH₄, la valeur de B₀ ne tient pas compte de la température à laquelle le fumier est entreposé (Hashimoto *et al.*, 1981). Les facteurs déterminants dans la valeur de B₀ sont le régime alimentaire, l'âge du fumier, la quantité de matières étrangères et l'espèce animale. Le potentiel de production maximale de CH₄ (B₀) a été déterminé à partir de plusieurs études portant sur la digestion anaérobie (Hashimoto *et al.*, 1981; Safely *et al.*, 1992). Le fumier de porc est celui qui a le potentiel de production de CH₄ le plus élevé. Il est suivi par les fumiers de volaille, de bovins de boucherie et de bovins laitiers. Les valeurs publiées dans les Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 2006) ont été utilisées pour tous les animaux. Pour les bisons, on a utilisé les valeurs correspondant aux bovins non laitiers.

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

Le FCM décrit la proportion du B₀ réalisée et obtenue, selon le système d’entreposage (pour le bétail et les porcs) ainsi que la région climatique. Les valeurs publiées dans les Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 2006) ont été utilisées pour tous les animaux. Pour les bisons, on a utilisé les valeurs correspondant aux bovins non laitiers.

A3.3.4.4. Facteur de distribution du système de gestion des fumiers (SGF)

Le facteur MS représente la distribution proportionnelle des systèmes de gestion des fumiers pour une catégorie de bétail à l’intérieur d’une région donnée. Aucun renseignement fiable n’a été publié sur la distribution des systèmes de gestion des fumiers au Canada. Même si chaque ministère provincial de l’Agriculture possède des renseignements sur les pratiques de gestion des fumiers, on n’a pas trouvé de renseignements uniformes et systématiques sur la répartition de ces pratiques entre les provinces.

Un sondage auprès d’experts de la gestion des fumiers et de l’élevage d’animaux a été mené par Marinier *et al.* (2004) en 2003-2004 dans le cadre de l’étude de niveau 2; le Tableau A3–23 présente un résumé des résultats. En

bref, dans les principales catégories d’élevage d’animaux, on traite généralement le lisier de porc comme le fumier liquide, tandis que le fumier de volaille est entreposé de la même façon que le fumier solide. On répartit également le fumier liquide ou solide des vaches laitières, dont environ 20 % est produit dans les pâturages. Seule exception : la province de la Colombie-Britannique, où l’on entrepose la majeure partie du fumier liquide. Le fumier solide des bovins de boucherie est généralement soit entreposé, soit dispersé naturellement dans les pâturages, à l’exception de la Colombie-Britannique, où la majeure partie du fumier est naturellement dispersé dans les pâturages.

Pour les bovins de boucherie, les bovins laitiers, les porcs et la volaille, ces valeurs ont été calculées en utilisant une moyenne pondérée, fondée sur la population. Pour les chevaux, les moutons, les agneaux et les chèvres, ces valeurs correspondent à une moyenne simple des résultats du sondage. Aucune donnée précise n’était disponible pour les cuves à déjections et les biodigesteurs couverts; on présume qu’ils font partie de la catégorie des autres systèmes. Comme on l’explique à la section 6.3.1.2 du chapitre 6, la répartition des systèmes de gestion du fumier a été améliorée pour la Colombie-Britannique à la suite d’un examen provincial des données d’entrée. Les coefficients utilisés pour cette province sont présentés au tableau Tableau A3–23.

Tableau A3–23 Pourcentage de fumier traité par les systèmes de gestion des fumiers (SGF) pour le Canada (Marinier *et al.* 2004). Les valeurs utilisées pour la Colombie-Britannique (Marinier *et al.*, 2005) sont indiquées entre parenthèses quand elles diffèrent des moyennes nationales

Espèce animale	Systèmes liquides (NL)	Stockage du fumier solide et du fumier sec (N _{SSD})	Fumiers des pâturages, grands parcours et enclos (CEPGE)	Autres systèmes (N ^o)
Bovins non laitiers	1	48 (29)	47 (70)	4 (0)
Bovins laitiers	39 (89)	43 (5)	18 (5)	0 (1)
Volailles	10 (1)	89 (98)	1	0 (2)
Moutons et agneaux	0	32 (20)	68 (80)	0
Lamas <i>et</i> alpacas ¹	0	32 (20)	68 (80)	0
Porcs	96 (88)	3 (5)	0 (2)	1 (5)
Chèvres	0	42 (24)	58 (76)	0
Chevaux	0	26 (48)	74 (50)	0 (2)
Bison ²	0	26 (48)	74 (50)	0 (2)

Notes :

1. On pose l’hypothèse que le fumier N des lamas *et* alpacas traité par des SGF est égal à celui des moutons et des agneaux.

2. On pose l’hypothèse que le fumier N traité par les SGF est égal à celui des buffles et des chevaux.

Tableau A3-24 Coefficients d'émission de CH₄ pour la gestion des fumiers des bovins laitiers et non laitiers de 1990 à 2007

A3

Année	Coefficients d'émission CE _{(MM)T} (kg CH ₄ par animal, par année)							
	Vaches laitières	Génisses laitières ¹	Taureaux	Vaches de boucherie	Génisses de boucherie	Génisses destinées à l'abattage	Bouvillons	Veaux
1990	19,9	18,2	3,3	3,0	2,5	2,0	1,8	1,6
1991	20,1	18,3	3,4	3,0	2,4	2,0	1,8	1,6
1992	20,6	18,4	3,4	3,1	2,4	2,1	1,8	1,6
1993	21,0	18,3	3,4	3,1	2,5	2,0	1,9	1,5
1994	21,1	18,4	3,4	3,1	2,4	2,1	1,9	1,6
1995	21,2	18,4	3,5	3,1	2,4	2,1	1,9	1,6
1996	21,6	18,3	3,3	3,1	2,4	2,0	1,9	1,5
1997	21,7	18,3	3,3	3,1	2,5	2,0	1,9	1,6
1998	21,8	18,4	3,4	3,1	2,5	2,1	1,9	1,5
1999	23,3	18,6	3,4	3,2	2,5	2,1	1,9	1,5
2000	24,0	18,8	3,4	3,2	2,5	2,1	1,9	1,5
2001	23,8	18,8	3,4	3,2	2,5	2,1	1,9	1,5
2002	24,2	18,7	3,4	3,2	2,5	2,1	1,9	1,5
2003	24,1	18,8	3,4	3,2	2,5	2,1	1,9	1,6
2004	24,1	18,7	3,3	3,1	2,4	2,1	1,9	1,6
2005	24,4	18,6	3,3	3,1	2,4	2,1	1,9	1,5
2006	24,7	18,6	3,3	3,1	2,4	2,1	2,0	1,5
2007	24,5	18,7	3,3	3,1	2,4	2,1	2,0	1,5
2008	26,6	18,4	3,3	3,3	2,4	2,1	2,0	1,5

Note :

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

2. Des erreurs ont été notées dans la série chronologique pour les coefficients d'émission des bovins laitiers et des bovins de boucherie en 2007-2008, attribuables à des irrégularités dans les résultats des modèles décrits à la section 6.2.3 du chapitre 6. Des corrections seront apportées à la série chronologique, telles que décrites à la section 6.2.6 du chapitre 6.

A3.3.4.5. Coefficients d'émission de CH₄ attribuables à la gestion des fumiers de bovins

Le Tableau A3-24 présente les coefficients d'émission de CH₄ utilisés pour les émissions issues de la gestion des fumiers des bovins. Les coefficients d'émission sont les plus élevés pour les vaches laitières, ce qui tient compte des taux élevés de confinement et de l'apport alimentaire important pour la production de lait. Les coefficients d'émission pour les bovins de boucherie sont plus bas, étant donné les faibles taux de confinement. Ces coefficients, qui sont inspirés de Marinier *et al.* (2004), ont été modifiés pour tenir compte de la procédure d'estimation de la fermentation entérique et également des informations scientifiques les plus récentes sur le B₀ et le FCM tirées des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. On a ainsi établi des séries chronologiques de coefficients d'émission pour les bovins afin de prendre en compte i) la hausse de la

productivité des vaches laitières et ii) l'augmentation du poids vif des bovins non laitiers dont il a été question à la section A3.3.2.2.

A3.3.4.6. Coefficients d'émission de CH₄ attribuables à la gestion des fumiers non-bovins

Les coefficients d'émission attribuables à la gestion des fumiers pour les catégories d'animaux autres que les bovins, présentés au Tableau A3-25, sont tirés de Marinier *et al.* (2004) et ont été modifiés conformément aux lignes directrices du GIEC (2000) et en fonction des valeurs de B₀ et de FCM dans les lignes directrices du GIEC de 2006

Tableau A3–25 Coefficients d’émission de CH₄ pour la gestion des fumiers d’animaux autres que les bovins

Catégories autres que les bovins	Coefficients d’émission pour gestion des fumiers CE(MM) (kg CH ₄ par animal, par année)
Porcins	
Verrats	6,4
Truies	6,3
Porcs < 20 kg	1,8
Porcs 20-60 kg	5,1
Porcs > 60 kg	7,9
Autres animaux d’élevage	
Moutons	0,3
Agneaux	0,2
Chèvres	0,3
Chevaux	2,3
Buffle	2,0
Volailles	
Poulets	0,03
Poules	0,03
Dindes	0,08

A3.3.5. Émissions d’oxyde de diazote (N₂O) attribuables à la gestion des fumiers

On a estimé les émissions de N₂O attribuables à la gestion des fumiers à l’aide de la méthode de niveau 1 du GIEC et de l’Équation A3–13. Trois facteurs ont été nécessaires pour estimer les émissions de N₂O attribuables à la gestion des fumiers : i) les taux d’excrétion d’azote pour les divers types et catégories d’animaux, ii) les types de système de gestion des fumiers et iii) les coefficients d’émission associés à chacun des systèmes de gestion des fumiers.

Le Tableau A3–23 résume la distribution des systèmes de traitement des fumiers, par catégorie d’animal, au Canada¹. Les émissions de N₂O provenant des fumiers épandus sur les pâturages, dans les parcours et dans les enclos ne sont pas prises en compte ici puisqu’elles sont déclarées dans la catégorie des sols agricoles, voir la section A3.3.6.2.

1 À l’exception de la Colombie-Britannique, pour laquelle des données provinciales ont été utilisées.

La section A3.3.1 présente en détail les données sur les animaux.

Équation A3–14:

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

où :

- N₂O_{SGF} = émissions de N₂O pour tous les SGF, sauf le fumier présent dans les pâturages, les grands parcours et les enclos
- N_T = population pour la catégorie ou sous-catégorie d’animal *T* (section A3.3.1)
- N_{SGF} = pourcentage d’azote traité par chaque SCF (Tableau A3-11)
- N_{EX,T} = taux d’excrétion d’azote de la *T*^{ème} catégorie ou sous-catégorie d’animal (Tableau A3-14 pour les non bovins et tableau A3-15 pour les bovins).
- CE_{SGF} = Coefficients d’émission de N₂O attribuables à la gestion des fumiers pour chaque SGF particulier (annexe 12)
- 44/28 = rapport entre le poids moléculaire du N₂O et celui du N₂

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

La production annuelle d’azote provenant du fumier excrété est estimée en multipliant le taux d’excrétion correspondant à une catégorie d’animal donnée par le poids corporel moyen des animaux de cette catégorie. Comme il n’existe pas de données sur les taux d’excrétion moyens d’azote provenant du fumier au Canada, nous avons utilisé les valeurs par défaut des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre pour les catégories non bovines ainsi que le poids corporel moyen (Tableau A3–26), sauf pour les bisons, auxquels on a attribué le même poids moyen que les bouvillons. Pour les populations de bovins, les valeurs annuelles du poids vif (voir section A3.3.2) ont été multipliées par le taux d’excrétion d’azote par défaut du GIEC pour donner une série chronologique des taux d’excrétion d’azote provenant du fumier (Tableau A3–27).

Tableau A3-26 Taux d'excrétion de l'azote par le fumier pour les espèces non bovines

Catégories animales	Taux d'excrétion N ¹ (kg N-1000 kg ⁻¹ -jour ⁻¹)	Poids moyen corporel ² (kg)	Taux d'excrétion annuel de l'azote par le fumier (kg CH ₄ par animal ⁻¹ , par année ⁻¹)
Porcs	0,50	61	11,1
Moutons	0,42	27	4,1
Agneaux	0,42	27	4,1
Chèvres	0,45	64	10,5
Chevaux	0,30	450	49,3
Lamas et alpacas	0,42	112	17,2
Buffle	0,32	510	59,5
Poules	0,83	1,8	0,5
Poulets à griller	1,1	0,9	0,4
Dindes	0,74	6,8	1,8

Notes :

1. Source des données : GIEC (2006).

2. On a présumé que le poids vif moyen des bisons était égal à celui des bouvillons et qu'il a varié d'une année à l'autre.

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

Année	Vaches laitières	Vaches de boucherie	Taureaux	Génisses	Bouvillons	Veaux
1990	102,6	57,2	88,0	47,6	47,5	34,3
1991	102,6	58,3	92,6	47,9	47,7	34,2
1992	102,6	61,6	96,8	50,5	52,8	34,2
1993	102,6	62,9	98,0	51,0	53,0	34,2
1994	102,6	64,1	95,2	51,9	55,4	34,2
1995	102,6	63,7	98,8	51,9	55,9	34,2
1996	102,6	61,7	94,2	51,0	55,1	34,2
1997	102,6	62,3	92,2	51,8	55,6	34,2
1998	102,6	64,7	98,1	53,6	57,4	34,2
1999	102,6	66,4	101,3	54,4	57,6	34,2
2000	102,6	69,4	102,9	56,8	58,9	34,2
2001	102,6	70,5	101,7	56,4	59,5	34,2
2002	102,6	71,4	101,6	57,0	60,1	34,2
2003	102,6	71,7	101,9	57,1	60,5	34,1
2004	102,6	66,9	101,9	55,9	60,3	34,1
2005	102,6	67,2	101,9	55,8	59,9	34,1
2006	102,6	68,0	102,0	56,4	60,8	34,1
2007	102,6	68,2	101,9	56,6	60,8	34,1
2008	102,6	68,8	101,9	56,7	61,1	34,1

Note :

1. Le taux d'excrétion d'azote pour les bovins laitiers est de 0,44 kg N-1000 kg⁻¹-jour⁻¹ (GIEC, 2006, tableau 10.10); le taux d'excrétion d'azote pour les autres espèces de bovin est de 0,31 kg N-1000 kg⁻¹-jour⁻¹ (GIEC, 2006, tableau 10.10); Source des données : GIEC (2006), volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, tableau 11.1.

A3.3.5.2. Coefficients d'émission associés aux SGF

Le type de SGF a une incidence considérable sur les émissions de N₂O. Les systèmes moins aérés, comme les systèmes liquides, génèrent peu de N₂O, tandis que le stockage solide et le fumier des pâturages et des enclos en produisent davantage. Cependant, on ne dispose au Canada que de fort peu de données scientifiques sur le volume des émissions de N₂O associées à un système quelconque de gestion des fumiers. Nous avons donc utilisé les coefficients d'émission par défaut du GIEC énumérés à l'annexe 8 pour estimer ces émissions.

A3.3.6. Émissions d'oxyde de diazote (N₂O) des sols agricoles

Les émissions de N₂O provenant des sols agricoles se composent d'émissions directes et indirectes, ainsi que d'émissions provenant du fumier présent dans les pâturages, les grands parcours et les enclos. Les émissions de N₂O provenant des apports anthropiques d'azote empruntent des voies directes (p. ex. à partir des sols auxquels on ajoute de l'azote) et indirectes, soit i) par le biais de la volatilisation de l'azote des engrais de synthèse et des fumiers sous forme de NH₃ et de NO_x et de leur dépôt subséquent, soit ii) par le biais de la lixiviation et du ruissellement de l'azote.

A3.3.6.1. Émissions directes de N₂O des sols

Les sources directes sont les engrais de synthèse, le fumier épandu à titre d'engrais, la décomposition des résidus de culture et la décomposition de la matière organique du sol causée par les pratiques de travail du sol, les jachères, l'irrigation et la culture des histosols. Les coefficients d'émission de N₂O, pour la plupart des sources d'émissions directes des sols agricoles, sont particulières aux pays et tiennent compte des effets des régimes d'humidité, de l'emplacement du paysage et de la texture du sol sur les taux de production et d'émission de N₂O (Rochette *et al.*, 2008).

La méthode adoptée consiste à déterminer les coefficients d'émission de base « CE_{BASE} » pour chacun des

449 écodistricts², en utilisant les données à long terme des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle. Le CE_{BASE} peut par la suite être modifié pour tenir compte des pratiques ou des conditions propres à un site. Nous avons utilisé les données sur les valeurs climatologiques normales à long terme et les caractéristiques topographiques pour élaborer un CE_{BASE}.

Coefficient d'émission de N₂O de base (CE_{BASE})

L'oxyde de diazote étant principalement produit lors de la dénitrification, il est donc fortement influencé par l'état de l'oxygène dans le sol. C'est ainsi qu'il a été montré que, dans des conditions limitées d'humidité, les coefficients d'émission de N₂O augmentent de pair avec l'intensification des chutes de pluie (Dobbie *et al.*, 1999), et que des coefficients d'émission variables selon le climat ont été utilisés pour estimer le N₂O présent dans le sol (Flynn *et al.*, 2005). La présente méthodologie propose d'adopter une approche similaire et d'estimer les coefficients d'émission (y compris les émissions survenant pendant l'hiver et le dégel printanier; Figure A3–2) au niveau de l'écodistrict, comme une fonction du rapport entre les normales à long terme des précipitations et l'évapotranspiration potentielle (P/EP) de mai à octobre (Rochette *et al.*, 2008). Pour établir le CE_{BASE}, on a procédé de la même façon que pour la détermination du coefficient d'émission de niveau 1 du GIEC par Bouwman (1996), c'est-à-dire que l'élément CE_{BASE} est égal à la pente de la relation entre les émissions de N₂O et le taux d'engrais azotés. On a estimé l'élément CE_{BASE} pour les trois régions où l'on dispose de mesures du N₂O sur le terrain : Québec-Ontario, zones de sol brun-brun foncé des Prairies; zones de sol gris-noir des Prairies. Le rapport « sol/émissions de N₂O sur l'azote provenant des engrais » calculé pour la région Québec-Ontario présente une pente (0,012 kg N₂O-N/kg N, en excluant les émissions survenant pendant l'hiver et le dégel printanier) (Gregorich *et al.*, 2005) et un ajustement ($r^2 = 0,43$) similaires à ceux du coefficient de niveau 1 du GIEC calculé par Bouwman (1996) à partir de données mondiales. Dans la région des Prairies, on a mesuré des émissions de N₂O faibles et variables pour toute la plage des taux d'engrais azotés (sols brun-brun foncé = 0,0016 kg N₂O/kg N; sols gris-noirs = 0,008 kg N₂O/kg N). Il ressort de ces observations que la production de N₂O attribuable aux sols dans la région des Prairies n'est pas restreinte par

2 Un « écodistrict » est une partie d'écorégion caractérisée par un assemblage distinct de reliefs, de modelés, de formations géologiques, de sols, de végétation, de plans d'eau et d'animaux (http://gcmd.nasa.gov/records/CANADA-CGDI_Canada_AAFC_Eco.html; site en anglais seulement)

la disponibilité d'azote minéral, mais plutôt par la faible activité de dénitrification dans des conditions de sol bien aéré. Malgré l'incertitude que présente la détermination de coefficients d'émission dans la région des Prairies, cette approche semble être valable pour comptabiliser les émissions de N₂O limitées par l'influence des quantités limitées d'eau dans cette région.

Pour tenir compte de l'effet topographique, un CE_{BASE} de 0,017 kg N₂O-N/kg N épandu (CE_{BASE} à P/PE = 1) a été utilisé pour les sections inférieures des paysages. La fraction du paysage à laquelle cette condition s'appliquait diffère selon les types de paysage. On a intégré les données sur la segmentation des paysages au calcul des estimations nationales des émissions de N₂O, en se basant sur le fait que les émissions de N₂O sont plus élevées dans les sections inférieures du paysage des Prairies, où le sol est saturé par intermittence, ce qui crée des conditions propices à la dénitrification (Corre *et al.*, 1996, 1999; Pennock et Corre, 2001; Izaurrealde *et al.*, 2004). La fraction du paysage occupée par ces sections inférieures (F_{TOPO}) a été appliquée aux portions concaves du paysage (c'est-à-dire, les positions inférieures et dépressionnaires du paysage), où les sols sont probablement régulièrement saturés pendant de longues périodes, et où ils sont drainés de façon imparfaite, et comportent des marbrures³ à moins de 50 cm de la surface. MacMillan et Pettapiece (2000) se sont servis de modèles altimétriques numériques pour caractériser l'étendue areale des portions supérieures, médianes, inférieures et dépressionnaires du paysage ainsi que leurs caractéristiques connexes (pente et longueur). Les résultats obtenus ont servi à déterminer la répartition proportionnelle des différents éléments du relief (p. ex. les sections inférieures) dans le fichier des caractéristiques des pédo-paysages du Canada (PPC) afin d'établir à quelle proportion du paysage on devait appliquer la valeur F_{TOPO} pour estimer les émissions de N₂O (Rochette *et al.*, 2008).

L'équation suivante a servi à calculer le CE_{BASE} pour un écodistrict :

Équation A3-15:

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

où:

CE _{CT}	=	coefficient d'émission, estimé à un P/EP réel en tenant compte du régime d'humidité et de la topographie dans un écodistrict, en kg N ₂ O-N/kg N (Figure A3-3)
CE _{CT, P/EP=1}	=	coefficient d'émission de 0,017 estimé à P/PE = 1, kg N ₂ O-N/kg N épandu
F _{TOPO}	=	fraction de la superficie de l'écodistrict dans la section inférieure de la toposéquence Voir Rochette <i>et al.</i> (2008)
P	=	précipitations pendant la saison de croissance moyennes à long terme de mai à octobre dans un écodistrict, en mm
EP	=	évapotranspiration potentielle moyenne à long terme, de mai à octobre, en mm

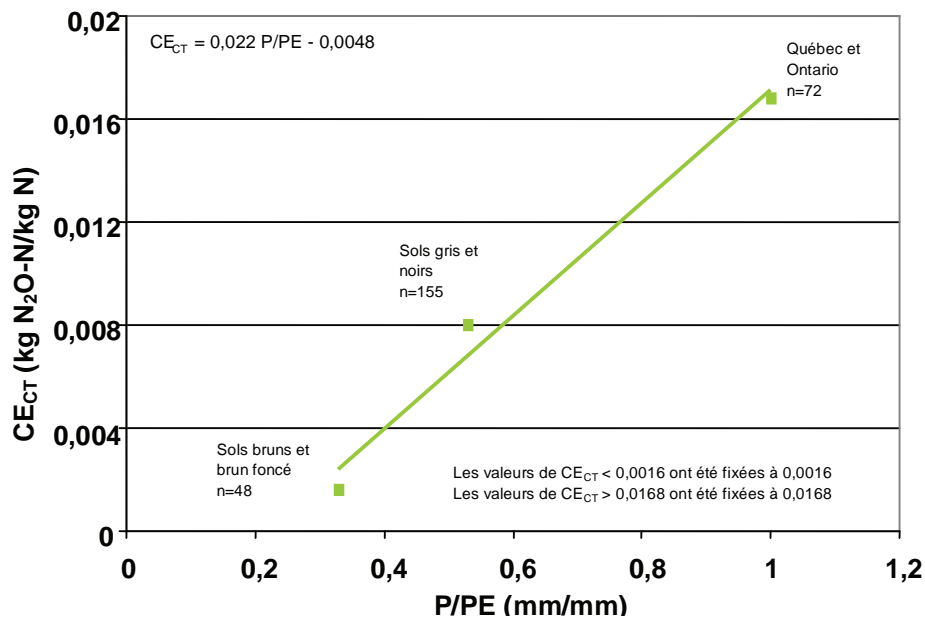
Émissions de N₂O pendant l'hiver et le dégel printanier

Dans l'Est du Canada, on mesure sur le terrain les flux de N₂O dans des enceintes, généralement lorsqu'il n'y a plus de neige au sol (Gregorich *et al.*, 2005). Dans cette région, les chutes de neige annuelles moyennes varient de 1 m à 4,5 m (Environnement Canada, 2002). L'eau de la fonte des neiges crée des conditions d'humidité qui stimulent souvent la production de N₂O dans les sols (Grant et Pattey, 1999; Wagner-Riddle et Thurtel, 1998). L'intensité du gel des sols en hiver influe également, semble-t-il, sur le taux d'émission au printemps (Wagner-Riddle *et al.*, 2007). La décision de limiter les estimations d'émissions aux périodes exemptes de neige conduit donc à sous-estimer les émissions annuelles totales de N₂O dans cette région. Rochette *et al.* (2008) font état de taux moyens d'émission de N₂O pendant l'hiver et le dégel printanier atteignant 1,2 kg N₂O-N ha⁻¹ dans le sud de l'Ontario (Wagner-Riddle *et al.*, 2007; Wagner-Riddle et Thurtell, 1998); ces émissions ont été prises en compte dans le rapport entre CE_{CT} et P/EP illustré à la Figure A3-2.

Des émissions de N₂O peuvent également être produites pendant la fonte printanière dans les Prairies, mais elles sont habituellement moins importantes que celles observées dans l'est du Canada (Lemke *et al.*, 1999). Les mesures de flux en enceinte utilisées pour estimer l'élément CE_{CT} dans les Prairies comprennent les émissions

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

Figure A3–2 CECT en tant que fonction du rapport à long terme des précipitations sur l'évaporation potentielle (P/EP), de 1971 à 2000



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

On dénombre 958 stations météorologiques dans la base de données météorologiques archivées d'AAC⁴. Les données de ces stations (80°00-N-41°55-N, 139°08W-52°40W) du Canada (758 stations) et des États-Unis (200 stations) ont servi à interpoler les valeurs mensuelles des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle de mai à octobre, entre 1971 et 2000, aux centroides des écodistricts. Les données météorologiques archivées d'AAC ont été fournies par le Service météorologique du Canada d'Environnement Canada.

Texture du sol et émissions de N₂O

La texture du sol n'influe pas directement sur la production de N₂O dans le sol. Il existe toutefois une corrélation entre ce paramètre et divers autres paramètres physiques et chimiques qui influent sur la production et le transport du N₂O dans le profil du sol (Arrouays *et al.*, 2006; da Silva et Kay, 1997; Minasny *et al.*, 1999). Ainsi, on observe souvent une corrélation entre les variables liées à la texture du sol

et les émissions de N₂O des sols agricoles (Hénault *et al.*, 1998; Corre *et al.*, 1999; Chadwick *et al.*, 1999; Bouwman *et al.*, 2002; Freibauer, 2003).

On a tenu compte de l'incidence de la texture du sol sur les émissions de N₂O des sols agricoles dans le coefficient d'émission en utilisant un rapport ($CR_{TEXTURE}$) correspondant au rapport des émissions de N₂O de sols appartenant à une classe de texture donnée sur la moyenne des émissions des sols de toutes textures (Équation A3–16). Une valeur de 0,8 a été attribuée à la classe $CR_{TEXTURE-GROSSIÈRE}$ et à la classe $CR_{TEXTURE-MOYENNE}$, et de 1,2 à la classe $CR_{TEXTURE-FINE}$ (Rochette *et al.*, 2008). Les valeurs de $CR_{TEXTURE}$ dans les régions autres que le Québec, l'Ontario et les provinces de l'Atlantique n'ont pu être estimées. On peut s'attendre à ce que la texture du sol n'ait qu'un effet limité sur les émissions de N₂O ($CR_{TEXTURE} = 1$) sous les climats secs qui caractérisent par exemple la région des Prairies, où la teneur en humidité du sol conduit à de faibles émissions de N₂O, quelle que soit la texture du sol.

⁴ Gameda, S. Communication personnelle, Agriculture et Agroalimentaire Canada (2006).

Équation A3-16:

$$RF_{\text{TEXTURE}, i} = (RF_{\text{TEXTURE-FINE}, i} \times \text{FRAC}_{\text{TEXTURE-FINE}, i}) + (RF_{\text{TEXTURE-COARSE}, i} \times \text{FRAC}_{\text{TEXTURE-COARSE}, i}) + (RF_{\text{TEXTURE-MEDIUM}, i} \times \text{FRAC}_{\text{TEXTURE-MEDIUM}, i})$$

où :

$CR_{\text{TEXTURE}, i}$	=	coefficient de rapport pondéré de la texture du sol sur les émissions de N ₂ O pour un écodistrict I de l'Ontario, du Québec ou des provinces de l'Atlantique
$CR_{\text{TEXTURE-FINE}, i}$	=	coefficient de rapport des émissions de N ₂ O pour les sols à texture fine dans un écodistrict I donné
$\text{FRAC}_{\text{TEXTURE-FINE}, i}$	=	fraction des sols à texture fine dans un écodistrict I
$CR_{\text{TEXTURE-GROSSIÈRE}, i}$	=	coefficient de rapport des émissions de N ₂ O pour les sols à texture grossière dans un écodistrict I donné
$\text{FRAC}_{\text{TEXTURE-GROSSIÈRE}, i}$	=	fraction des sols à texture grossière dans un écodistrict
$CR_{\text{TEXTURE-MOYENNE}, i}$	=	coefficient de rapport des émissions de N ₂ O pour les sols à texture moyenne dans un écodistrict I donné
$\text{FRAC}_{\text{TEXTURE-MOYENNE}, i}$	=	fraction des sols à texture moyenne dans un écodistrict I

Fumier épandu comme engrais

Les émissions de N₂O émanant de l'azote de fumier épandu comme engrais comprennent le N₂O résultant de l'épandage de fumier sur les sols agricoles sous forme sèche, liquide et selon d'autres systèmes de gestion des déchets. On utilise une méthode de niveau 2 propre au Canada pour estimer des émissions de N₂O attribuables à l'azote du fumier épandu comme engrais. La méthode est fondée sur la quantité d'azote du fumier produit par les animaux d'élevage et sur le CE_{BASE} propre à chaque pays, en tenant compte des conditions topographiques et du régime d'humidité au niveau de l'écodistrict. Les estimations des émissions de N₂O attribuables à cette source sont calculées à l'aide de l'Équation A3-17.

Équation A3-17:

$$N_2O_{\text{FUM}} = \sum_i (N_{\text{FUM, TC}, i} \times \text{CE}_{\text{BASE}, i} \times CR_{\text{TEXTURE}, i}) \times \frac{44}{28}$$

où :

N_2O_{FUM}	=	émissions provenant de l'azote de fumier épandu comme engrais sur les terres cultivables, en kg N ₂ O/an
$N_{\text{FUM, TC}, i}$	=	quantité totale d'azote de fumier épandu comme engrais sur les terres cultivables dans un écodistrict <i>i</i> , en kg N/an (Équation A3-18)
$\text{CE}_{\text{BASE}, i}$	=	coefficient d'émission moyen pondéré pour un écodistrict <i>i</i> , tenant compte de la répartition des caractéristiques de sol, en kg N ₂ O-N/kg N par an
$CR_{\text{TEXTURE}, i}$	=	Coefficient de rapport entre la texture du sol et le N ₂ O pour l'écodistrict <i>i</i>
44/28	=	Coefficient de conversion de N ₂ O-N en N ₂ O

Équation A3-18:

$$N_{\text{FUM, TC}, i} = \sum_T [(N_T \times N_{\text{EX}, T}) \times (1 - N_{\text{PRP}, T}) \times (1 - \text{FRAC}_{(\text{PerteM}, T)})]$$

où :

$N_{\text{FUM, TC}, i}$	=	fumier animal épandu comme engrais azoté sur les terres cultivables dans un écodistrict <i>i</i> , en kg N/an
N_T	=	population pour la catégorie ou sous-catégorie d'animal <i>T</i> (section A3.3.1)
$N_{\text{EX}, T}$	=	taux d'excrétion d'azote de la catégorie ou sous-catégorie d'animal <i>T</i> (Tableau A3-26 et Tableau A3-27)
$N_{\text{PRP}, T}$	=	fraction de l'azote du fumier épandu dans les pâturages, les grands parcours et les enclos pour chaque catégorie d'animaux <i>T</i> dans un écodistrict I (Tableau A3-23)
$\text{FRAC}_{(\text{PerteM}, T)}$	=	fraction des pertes totales d'azote du fumier pour chaque catégorie d'animaux <i>T</i> , à l'exclusion des pâturages, des grands parcours et des enclos dans un écodistrict <i>i</i> (Tableau A3-28)

Tableau A3-28 Pertes totales d’azote, de NH₃- et de NO_x-N, pour divers animaux d’élevage et systèmes de gestion des fumiers¹

Espèce animale	Système de gestion du fumier	FRAC _(PerteM, T) (%) ¹	Perte de NH ₃ -N et de NO _x -N (%) ^{1,2} (FRAC _{GASM})
Vaches laitières	Liquide	40 (15–45)	40 (15–45)
	Stockage du fumier solide	35 (10–55)	25 (10–40)
	Pâturages et enclos		20 (5–50)
Bovins non laitiers	Liquide	40 (15–45)	40 (15–45)
	Stockage du fumier solide	40 (20–50)	30 (20–50)
	Pâturages et enclos		20 (5–50)
Porcs	Liquide	48 (15–60)	48 (15–60)
	Stockage du fumier solide	50 (20–70)	45 (10–65)
Moutons, agneaux, lamas et alpacas	Stockage du fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
	Pâturages et enclos		20 (5–50)
Chèvres et chevaux	Stockage du fumier solide	15 (5–20)	12 (5–20)
	Pâturages et enclos		20 (5–50)
Volailles	Liquide	50	50
	Stockage du fumier solide	53 (20–80)	48 (10–60)
	Pâturages et enclos		20 (5–50)

Notes :

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

Les sources de données sur la population d’animaux et les rajustements de population sont détaillées à la section A3.3.1.

Engrais azotés synthétiques

La méthode pour estimer les émissions de N₂O résultant de l’épandage d’engrais synthétiques sur les sols agricoles tient compte des régimes d’humidité ainsi que des conditions topographiques locales. On estime les émissions de N₂O par écodistrict au moyen de l’équation A3-12. On obtient les émissions provinciales et nationales en additionnant les estimations par écodistrict.

Équation A3-19:

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

où :

N ₂ O _{ESA}	=	émissions provenant des engrais synthétiques azotés, kg N ₂ O/an
N _{ENG,i}	=	consommation totale d’engrais synthétiques dans chaque écodistrict i, kg N/an. Le N _{ENG} au niveau d’un écodistrict est estimé à l’aide de l’Équation A3-20
CE _{BASE,i}	=	moyenne pondérée des coefficients d’émission pour l’écodistrict i, tenant compte de la répartition des caractéristiques de sol, kg N ₂ O-N/kg N-an
CR _{TEXTURE,i}	=	coefficient de rapport entre la texture du sol et les émissions de N ₂ O pour l’écodistrict i
44/28	=	facteur de conversion du N ₂ O-N en N ₂ O

Les données relatives aux ventes d’engrais contenant de l’azote synthétique sont disponibles par province

seulement et ont dû être désagrégées au niveau des écodistricts. L'approche est fondée sur l'hypothèse que la quantité potentielle d'engrais épandu contenant de l'azote synthétique (N_{APPL}) est égale à la différence entre les taux d'azote recommandés (N_{RCMD}) et l'azote de fumier disponible pour être épandu sur des terres cultivées ($N_{FUM-D,TC}$).

Équation A3-20:

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

où :

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

L'élément N_{RCMD} a été estimé comme la somme des produits de chaque type de culture et du taux recommandé d'épandage d'engrais pour cette culture dans cet écodistrict (Yang *et al.*, 2007) :

Équation A3-21:

$$N_{RCMD, i} = \sum_{ij} (CROPA_{ij} \times N_{RECT, i}) \times \frac{44}{28}$$

où :

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

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

Équation A3-22:

$$N_{MAN- AV, CROPS, i} = N_{MAN, CROPS, i} - UNAV$$

où :

$N_{FUM, TC, i}$	=	quantité totale d'azote de fumier épandu comme engrais sur les terres cultivables dans un écodistrict i , en kg N/an (Équation A3-18)
UNAV	=	fraction de l'azote du fumier qui est soit sous forme organique soit non disponible pour les cultures : 0,35 (Yang <i>et al.</i> , 2007).

Comme il importe d'assurer la concordance de la quantité potentielle d'engrais et de la quantité totale de cet engrais vendue dans la province (N_{VENTES}) pour estimer la quantité effectivement épandue (N_{ENG}), nous ajustons comme suit la valeur de N_{APPL} dans chaque écodistrict :

Équation A3-23:

où :

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

Dans les écodistricts où $N_{FUM-D, TC}$ excédait N_{RCMD} , l'élément N_{ENG} a été fixé à 0. Pour les années situées entre deux années de recensement (p. ex. 1991, 1996, 2001 et 2006), on a interpolé l'élément N_{RCMD} de façon linéaire afin d'estimer successivement les valeurs annuelles de N_{APPL} et de N_{ENG} à l'échelle de l'écodistrict.

De 1990 à 2002, Agriculture et Agro-alimentaire Canada a recueilli des données annuelles sur la consommation d'engrais azotés à l'échelon provincial et publié un document intitulé *Consommation, livraison et commerce des engrais au Canada*. De 2003 à 2006, l'Institut canadien

des engrais⁵ (ICE) a recueilli et publié des données sur les engrais azotés. Enfin, depuis 2007, Statistique Canada recueille et publie chaque année des données sur les ventes d’engrais.

Fixation de l’azote biologique

La fixation de l’azote biologique par l’association légumineuses-rhizobiums, une source importante de N₂O dans la méthodologie des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC/OCDE/AIE, 1997), n’est pas incluse dans les *Lignes directrices de 2006 du GIEC* (GIEC, 2006). Cette décision est étayée par les découvertes de Rochette et Janzen (2005), selon laquelle il n’existe aucune preuve que des quantités mesurables de N₂O soient produites dans les sols agricoles au Canada pendant le processus de fixation de l’azote lui-même. Le Canada a donc décidé de déclarer cette source comme « ne survenant pas ». Toutefois, la contribution de l’azote des légumineuses aux émissions de N₂O est incluse en tant que source d’émissions de N₂O attribuables à la décomposition des résidus de récolte sur les sols agricoles (NRES).

Décomposition des résidus de récolte

Les transformations (nitrification et dénitrification) de l’azote libéré lors de la décomposition des résidus de récolte laissés sur place rejettent du N₂O dans l’atmosphère. On a utilisé une méthodologie de niveau 2 propre au Canada et semblable à celle utilisée pour les engrais azotés synthétiques et le fumier épandu comme engrais pour estimer les émissions de N₂O attribuables à la décomposition des résidus de récolte. Cette méthode repose sur les équations Équation A3–24, Équation A3–25 et Équation A3–26 :

Équation A3–24:

$$N_{2O_{RES}} = \sum_i (N_{RES,i} \times EF_{BASE,i} \times RF_{TEXTURE,i}) \times \frac{44}{28}$$

où :

$N_{2O_{RES}}$	=	émissions attribuables à la décomposition des résidus de récolte, en kg N ₂ O/an
$CE_{BASE,i}$	=	moyenne pondérée des coefficients d’émission pour un écodistrict I, en kg N ₂ O-N/kg N par an
44/28	=	facteur de conversion de N ₂ O-N en N ₂ O
$N_{RES,i}$	=	quantité totale d’azote des résidus de culture qui est laissée sur les terres cultivables pour un écodistrict I, en kg N/an (Équation A3–25)
$CR_{TEXTURE,i}$	=	Coefficient de rapport entre la texture du sol de le N ₂ O pour un écodistrict I

et

Équation A3–25:

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

où :

$FRAC_{RENOU,T,i}$	=	fraction de la superficie totale cultivée T qui est renouvelée chaque année dans un écodistrict I
$R_{AG,T}$	=	rapport entre les résidus en surface pour une culture T, en kg de matières sèches (MS)/kg
$N_{AG,T}$	=	teneur en azote des résidus en surface pour une culture T, en kg N/kg MS
$R_{BG,T}$	=	rapport entre les résidus souterrains et le rendement récolté d’une culture T, en kg/kg MS
$N_{BG,T}$	=	teneur en azote des résidus souterrains pour une culture T, en kg N/kg MS
T	=	type de culture qui est renouvelée chaque année dans un écodistrict I, kg MS/an (Équation A3–26).
$P_{T,i}$	=	production totale du type de culture T qui est renouvelée chaque année dans un écodistrict I, kg MS/an (Équation A3–26).

⁵ . Disponible en ligne : http://www.cfi.ca/Publications/Statistical_Documents.asp

Équation A3-26:

$$P_{T,i} = \frac{A_{T,i} \times Y_{T,i}}{\sum_{i=1}^N (A_{T,i} \times Y_{T,i})} \times P_{T,p} \times (1 - H_{2O_T})$$

où :

$A_{T,i}$	=	superficie d'une culture de type T dans un écodistrict I, en ha
$Y_{T,i}$	=	rendement moyen d'une culture de type T dans un écodistrict I, en kg/ha par année
H_{2O_T}	=	teneur en eau d'une culture récoltée de type T, en kg/kg
$P_{T,p}$	=	production totale d'une culture de type T dans une province p, en kg MS/an

Statistique Canada (2008) (Statistique Canada n° 22-002) recueille et publie des données annuelles par province sur les grandes cultures : blé, orge, maïs, avoine, seigle, céréales mélangées, graines de lin, canola, sarrasin, graines de moutarde, graines de tournesol, graines de l'alpiste des Canaries, maïs fourrager, betterave à sucre, foin cultivé, pois secs, soya, haricots blancs secs, haricots de couleur, pois chiches et lentilles. La superficie ensemencée et le rendement de chaque culture sont déclarés au niveau de la région du Recensement de l'agriculture et au niveau provincial, et les rendements ont été attribués aux polygones des pédo-paysages du Canada (PPC) au moyen de recouvrements de zone effectués par Agriculture et Agro-alimentaire Canada. Les paramètres qui s'appliquent à chaque type de culture sont énumérés par Janzen *et al.* (2003).

Culture des sols organiques (histosols)

La culture des sols organiques (histosols) destinés aux récoltes annuelles produit du N_2O . On a utilisé la méthode de niveau 1 du GIEC pour estimer les émissions de N_2O imputables aux sols organiques travaillés (Équation A3-26).

Équation A3-27:

$$N_2O_H = \sum_i (A_{OS,i} \times EF_{HIST} \times \frac{44}{28})$$

où :

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

À l'échelle provinciale, les superficies d'histosols cultivées ne sont pas couvertes par le *Recensement de l'agriculture*. Selon des consultations avec de nombreux spécialistes des sols et des cultures dans tout le Canada, la superficie totale des sols organiques travaillés entre 1990 et 2007 au Canada est de 16 kha (Liang *et al.*, 2004).

Variation des émissions de N_2O due à l'adoption de pratiques de réduction ou d'élimination du travail du sol

Cette catégorie est spécifique au Canada. Elle ne découle pas d'un apport additionnel d'azote (provenant d'engrais, de fumier ou de résidus de culture), mais est plutôt utilisée pour apporter des modifications au CE_{BASE} à cause du passage de méthodes culturales conventionnelles à des pratiques de conservation du sol, à savoir le travail réduit du sol (TRS) et la culture sans labour (CSL).

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

Équation A3–28:

$$N_2O_{TS} = \sum_I [(N_{ENG,i} + N_{FUM,TC,i} + N_{RES,i}) \times (CE_{BASE,i} \times FRAC_{ST-TR,i} \times (F_{TS} - 1))] \times \frac{44}{28}$$

où :

N_2O_{TS}	=	variation des émissions de N_2O attribuable à l’adoption des pratiques CSL et TRS, en kg N_2O /an
$N_{ENG,i}$	=	consommation totale d’engrais synthétiques dans chaque écodistrict I, kg N/an
$N_{FUM,TC,i}$	=	quantité totale d’azote de fumier épandu comme engrais sur les terres cultivables dans un écodistrict I, en kg N/an
$N_{RES,i}$	=	quantité totale d’azote des résidus de culture qui est laissée sur les terres cultivables pour un écodistrict I, en kg N/an
$CE_{BASE,i}$	=	moyenne pondérée des coefficients d’émission pour un écodistrict I, en kg N_2O -N/kg N par an
$FRAC_{ST-TR,i}$	=	fraction des terres cultivables touchées par CSL et TRS dans un écodistrict I
F_{TS}	=	facteur rajustant le CE_{BASE} en raison de l’adoption de CSL et de TRS : $F_{TS} = 1,0$ dans l’est du Canada et la Colombie-Britannique; $F_{TS} = 0,8$ dans les Prairies (Rochette <i>et al.</i> , 2008)
44/28	=	facteur de conversion du N_2O -N en N_2O

La fraction des terres cultivées soumises aux pratiques CSL et TRS ($FRAC_{SL-TRS}$) dans chacun des écodistricts provient du *Recensement de l’agriculture* (Statistique Canada, 1987 1992, 1997, 2002, 2007a) et est identique à celle utilisée dans la catégorie ATCATF des « terres cultivées dont la vocation n’a pas changé », en ce qui a trait aux pratiques CSL et TRS. Les données sont publiées à l’échelon de la région agricole du recensement, du secteur de recensement, à l’échelon provincial et à l’échelon national. La $FRAC_{SL-TRS}$ annuelle entre les deux années de recensement consécutives est rajustée par interpolation.

Émissions de N_2O imputables aux jachères

La jachère est une méthode agricole couramment utilisée dans la région des Prairies pour conserver l’humidité du sol en laissant celui-ci non ensemencé pendant toute une saison de croissance dans le cadre de la rotation des cultures. Durant l’année de jachère, plusieurs facteurs, comme l’augmentation de la teneur en humidité du sol, la température, le carbone et l’azote disponibles, peuvent

contribuer à une augmentation des émissions de N_2O par rapport à une situation de culture (Rochette *et al.* 2008). Pour prendre en compte ces émissions qui n’interviennent pas dans la méthode par défaut du GIEC fondée sur l’apport, nous utilisons la méthode suivante particulière au pays pour estimer l’effet de la jachère sur les émissions de N_2O en supposant que, pendant une année agricole, les émissions directes de N_2O provenant d’un champ donné se résument comme suit :

Équation A3–29:

$$N_2O_{Culture} = N_2O_{BACK} + N_2O_{ESA} + N_2O_{FUM} + N_2O_{RES}$$

où :

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

Au cours d’une année de jachère, aucun engrais ou fumier n’est épandu. En l’absence d’apports externes d’azote, les émissions de N_2O au cours de l’année de jachère ($N_2O_{JACHÈRE}$) peuvent être considérées comme formées de : i) les émissions de base qui auraient eu lieu malgré la jachère (N_2O_{BASE}) et ii) les émissions attribuables aux modifications de l’environnement du sol par la jachère ($N_2O_{EFFET-JACHÈRE}$) :

Équation 3–30:

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

Comme on a estimé que les émissions de N_2O sont les mêmes pendant les années de jachère et les années de culture ($N_2O_{TC} = N_2O_{JACHÈRE}$) et que la valeur de N_2O_{BASE} est la même en situation de culture ou de jachère, on peut estimer la valeur de $N_2O_{EFFET-JACHÈRE}$ comme suit :

Équation 3-31:

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

On calcule ainsi les émissions de N₂O découlant de la pratique de la jachère pour chacun des écodistricts en appliquant les émissions dues aux apports d'azote aux cultures annuelles (résidus de culture, engrais et fumier) à la superficie de ces écodistricts mise en jachère :

Équation A3-32:

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

où :

$N_2O_{JACHÈRE}$	=	émissions attribuables à l'effet de la jachère, kg N ₂ O-N/an
$N_2O_{ESA,i}$	=	émissions attribuables aux engrais azotés de synthèse dans un écodistrict I, en kg N ₂ O-N
$N_2O_{RES,i}$	=	émissions attribuables à la décomposition des résidus de récolte, en kg N ₂ O/an, pour l'écodistrict I
$N_2O_{FUM,i}$	=	émissions attribuables au fumier épandu sur les terres cultivées dans un écodistrict I, en kg N ₂ O-N
$FRAC_{JACHÈRE,i}$	=	fraction des terres cultivées d'un écodistrict I qui est en jachère

Les estimations de N₂O_{ESA}, de N₂O_{RES} et de N₂O_{FUM} à l'échelon d'un écodistrict sont établies à partir des quantités d'azote provenant des engrais synthétiques, de fumiers utilisés comme engrais et des résidus de cultures. La FRAC_{JACHÈRE} est tirée du *Recensement de l'agriculture* pour chaque écodistrict (Statistique Canada, 1987, 1992, 1997, 2002, 2007a) et est identique à celle qui est utilisée dans la catégorie « terres cultivées dont la vocation n'a pas changé » du secteur ATCATF pour les jachères. La valeur FRAC_{JACHÈRE} pour une année comprise entre deux années de recensement consécutives est rajustée par interpolation.

Émissions de N₂O attribuables à l'irrigation

L'augmentation de la teneur en eau lors de l'irrigation peut, à cause d'une plus grande activité biologique et d'une aération réduite des sols, entraîner une augmentation des émissions de N₂O (Jambert *et al.*, 1997). Ainsi, des

études ont montré que les plus fortes émissions de N₂O de sols agricoles du nord-ouest des États-Unis (Liebig *et al.*, 2005) et de l'ouest du Canada (Hao *et al.*, 2001) ont été observées sur les terres irriguées, suivies des terres non irriguées et des pâturages. Il n'existe aucune étude sur le terrain comparant les émissions de N₂O des terres irriguées et des terres non irriguées au Canada. On a donc posé l'hypothèse que : 1) l'eau d'irrigation stimule la production de N₂O de la même manière que l'eau de pluie; 2) le volume d'irrigation permet d'éviter le manque d'eau comme « précipitations + eau d'irrigation = évapotranspiration potentielle ». On a donc tenu compte de l'effet de l'irrigation sur les émissions de N₂O des terres agricoles à l'aide d'un CE_{BASE} estimé avec un rapport P/EP de 1 (p. ex. CE_{BASE} = 0,017 N₂O-N kg⁻¹ N) pour les zones irriguées d'un écodistrict :

Équation A3-33:

$$N_2O_{IRRI} = \sum_i [(N_{FERT,i} + N_{MAN,CROPS,i} + N_{RES,i}) \times (0.017 - EF_{BASE,i}) \times FRAC_{IRRI,i}] \times \frac{44}{28}$$

où :

N_2O_{IRRI}	=	émission attribuables à l'irrigation, kg N ₂ O/an
$N_{ENG,i}$	=	consommation totale d'engrais synthétiques dans chaque écodistrict I, kg N/an
$N_{FUM,TC,i}$	=	quantité totale d'azote de fumier épandu comme engrais sur les terres cultivables dans un écodistrict I, en kg N/an
$N_{RES,i}$	=	quantité totale d'azote des résidus de culture qui est laissée sur les terres cultivables pour un écodistrict I, en kg N/an
0.017	=	valeur attribuée à EF _{BASE} pour les terres irriguées, en kg N ₂ O-N/kg N-année
CE _{BASE,i}	=	moyenne pondérée des coefficients d'émission pour un écodistrict I, en kg N ₂ O-N/kg N par an
FRAC _{IRRI,i}	=	fraction des terres cultivables irriguées dans l'écodistrict I
44/28	=	facteur de conversion du N ₂ O-N en N ₂ O

La FRAC_{IRRI} est tirée des données du *Recensement de l'agriculture* pour chacun des écodistricts (Statistique Canada 1987, 1992, 1997, 2002, 2007). Entre deux années de recensement, on rajuste cet élément par interpolation.

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

On estime les émissions de N₂O attribuables au fumier laissé sur les pâturages, les grands parcours et les enclos à l'aide de la méthode par défaut de niveau 1 du GIEC. La méthodologie du GIEC est fondée sur la quantité d'azote de fumier produite par les animaux d'élevage dans les pâturages, les grands parcours et les enclos et on calcule les émissions de N₂O à l'aide de l'Équation A3-34.

Équation A3-34:

$$N_{2O_{PRP}} = \sum_T (N_T \times N_{EX,T} \times N_{PRP,T} \times EF_{PRP,T}) \frac{44}{28}$$

where:

N _{2O_{PRP}}	=	émissions attribuables au fumier laissé dans les pâturages, les grands parcours et les enclos par les animaux au pacage, en kg N ₂ O/an
N _T	=	population pour la catégorie ou sous-catégorie T (section A3.3.1)
N _{EX,T}	=	taux annuel d'excrétion d'azote pour la catégorie d'animal T, en kg N/sujet-année (Tableau A3-26 et Tableau A3-27)
N _{PRP,T}	=	fraction de l'azote du fumier excrété sur les pâturages, dans les parcours et dans les enclos par les animaux de la catégorie T (Tableau A3-23)
CE _{PRP,T}	=	coefficient d'émission de l'azote de fumier laissé par dans les pâturages, les grands parcours et les enclos (GIEC, 2006) (annexe 8)
44/28	=	facteur de conversion du N ₂ O-N en N ₂ O

Les sources des données sur les populations d'animaux sont présentées en détail à la section A3.3.3.1.

A3.3.6.3. Émissions indirectes de N₂O des sols

Volatilisation et dépôt d'azote

La méthode de niveau 1 du GIEC est utilisée pour estimer les émissions indirectes de N₂O attribuables à la volatilisation et au nouveau dépôt de l'azote des engrais et du fumier épandus sur les sols agricoles. On calcule les émissions à

l'aide de l'équation A3-28 :

Équation A3-35:

$$N_{2O_{VD}} = \sum_I [(N_{ENG,i} \times FRAC_{GASF}) + (N_{FUM,TC,i} + FRAC_{GASM}) + N_{FUM-VOLAT,i}] \times CE_{VD} \times \frac{44}{28}$$

where:

N _{2O_{VD}}	=	émissions attribuables à la volatilisation et au dépôt de l'azote, en kg N ₂ O/an
N _{ENG,i}	=	consommation d'engrais azotés synthétiques dans un écodistrict I, kg N/an
FRAC _{GASF}	=	fraction de l'azote d'engrais synthétiques épandus sur les sols qui se volatilise sous forme de NH ₃ -N et de NO _x -N : 0,1 kg (NH ₃ -N + NO _x -N)/kg N (GIEC, 2006)
N _{FUM,TC,i}	=	quantité totale d'azote de fumier animal épandu comme engrais sur les terres cultivables dans un écodistrict I, en kg N/an
FRAC _{GASM}	=	fraction volatilisée de l'azote du fumier épandu sur les terres cultivées : 0,2 kg (NH ₃ -N + NO _x -N)/kg N (GIEC, 2006)
CE _{VD}	=	coefficient d'émission attribuable à la volatilisation et au dépôt : 0,01 kg N ₂ O-N/kg N (GIEC/OCDE/AIE, 1997)
44/28	=	facteur de conversion du N ₂ O-N en N ₂ O
N _{FUM-VOLAT,i}	=	quantité totale d'azote de fumier perdue sous forme de NH ₃ -N et de NO _x -N par suite des excréments du bétail dans un écodistrict I, en kg N, calculée comme d'après l'Équation A3-36

Équation A3-36:

$$N_{\text{FUM-VOLAT},i} = \sum_{m,T} (N_T \times N_{\text{EX},T} \times \text{SGF}_{m,T} \times \text{FRAC}_{\text{GASMm},T})$$

where:

N_T	=	population d'animaux de la catégorie T, têtes, kg N
$N_{\text{EX},T}$	=	excrétion d'azote par les animaux de la catégorie T, en kg N/année (section A3.3.5.1)
$\text{SGF}_{m,T}$	=	fraction de l'azote de fumier des animaux de la catégorie T gérée dans le cadre d'un système de gestion des fumiers (Tableau A3-23)
$\text{FRAC}_{\text{GASMm},T}$	=	fraction d'azote de fumier excrété par les animaux de la catégorie T et gérée dans le cadre d'un système de gestion des fumiers m qui se volatilise sous forme de $\text{NH}_3\text{-N}$ et de $\text{NO}_x\text{-N}$ (Tableau A3-28).

Les sources des données utilisées pour estimer les valeurs N_{ENG} et $N_{\text{FUM-VOLAT}}$ à l'échelon d'un écodistrict ont été présentées plus haut (section A3.3.6.1 et tableau Tableau A3-28).

Lessivage et ruissellement

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

Équation A3-37:

$$N_{2O_L} = \sum_i [(N_{\text{ENG},i} + N_{\text{FUM,TC},i} + N_{\text{PRP},i} + N_{\text{RES},i}) \times \text{FRAC}_{\text{LESSIVAGE},i} \times \text{EF}_{\text{LESSIVAGE}}] \times \frac{44}{28}$$

où :

N_{2O_L}	=	émissions attribuables au lessivage et au ruissellement d'azote, en kg N_2O /an
$N_{\text{ENG},i}$	=	engrais azotés synthétiques épandus dans un écodistrict I, en kg N
$N_{\text{FUM,TC},i}$	=	azote de fumier épandu comme engrais dans un écodistrict I, en kg N
$N_{\text{PRP},i}$	=	azote de fumier laissé dans les pâturages, les grands parcours et les enclos dans un écodistrict I, en kg N
$N_{\text{RES},i}$	=	azote de résidus de culture dans un écodistrict I, en kg N
$\text{FRAC}_{\text{LESSIVAGE},i}$	=	fraction de l'azote perdue par lessivage et ruissellement dans un écodistrict I, comme défini ci-dessous
$\text{CE}_{\text{LESSIVAGE}}$	=	coefficient d'émission attribuable au lessivage/ ruissellement : 0,025 kg $\text{N}_2\text{O-N}$ /kg N (GIEC, 2000)
44/28	=	facteur de conversion du $\text{N}_2\text{O-N}$ en N_2O

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

Au Canada, les pertes d'azote par lessivage varient considérablement d'une région à l'autre. Des apports d'azote élevés dans des conditions humides peuvent mener à des pertes supérieures à 100 kg N/ha dans certains systèmes agricoles du sud de la Colombie-Britannique (Paul et Zebarth, 1997; Zebarth *et al.*, 1998). Cependant, ces systèmes agricoles ne représentent qu'une petite fraction des agroécosystèmes canadiens. En Ontario, Goss et Goorahoo (1995) ont prévu des pertes par lessivage de 0 à 37 kg N/ha⁻¹, soit de 0 à 20 % des apports d'azote. Il est possible que les pertes par lessivage dans la majeure partie des Prairies soient inférieures, les précipitations et les apports d'azote y sont moins importants par unité de surface. Une étude de longue durée menée au centre de l'Alberta par Nyborg *et al.* (1995) indique que les pertes par lessivage sont minimales. De plus, Chang et Janzen (1996) n'ont relevé aucune preuve de lessivage de l'azote dans des parcelles non irriguées et à fort épandage de fumier, et ce malgré d'importantes accumulations de nitrate dans le profil du

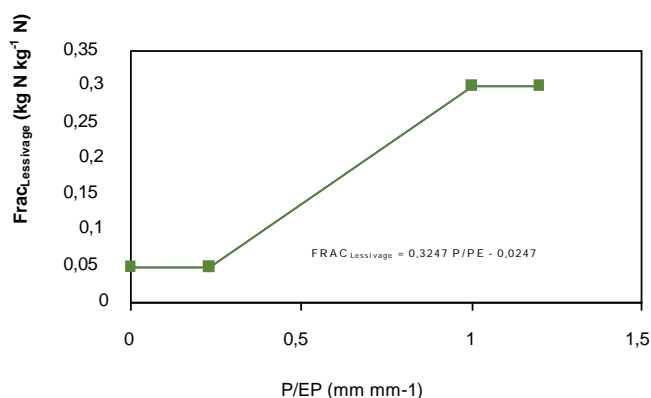
sol.

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

Pour les écodistricts où la valeur des précipitations et de l’évapotranspiration potentielle (P/EP) pendant la saison de croissance (de mai à octobre) est égale ou supérieure à 1, on a attribué la valeur maximale de $\text{FRAC}_{\text{LESSIVAGE}}$ recommandée dans les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006), soit 0,3. Pour les écodistricts affichant la plus faible valeur P/EP (0,23), une valeur minimale $\text{FRAC}_{\text{LESSIVAGE}}$ de 0,05 a été attribuée. Pour les écodistricts où la valeur P/EP variait entre 0,23 et 1, on a estimé l’élément $\text{FRAC}_{\text{LESSIVAGE}}$ à l’aide de la fonction linéaire qui relie les points de départ et d’arrivée (P/EP, $\text{FRAC}_{\text{LESSIVAGE}}$) = (0,3; 0,23,0,05 (Figure A3–3).

de mai à octobre, entre 1971 et 2000 (base de données archivées d’AAC, S. Gameda, communication personnelle, sans référence).

Figure A3–3 Détermination des valeurs de $\text{FRAC}_{\text{LESSIVAGE}}$ pour l’écodistrict



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

On a calculé la valeur $\text{FRAC}_{\text{LESSIVAGE}}$ à l’échelon d’un écodistrict en se servant des normales à long terme des précipitations et de l’évapotranspiration potentielles mensuelles,

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

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

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

La section A3.4.7 donne une brève description de quelques méthodes disponibles pour estimer les émissions différées de carbone attribuables au stockage de longue durée du carbone dans les produits ligneux récoltés et de leurs répercussions pour le Canada.

A3.4.1. Cadre spatial d'établissement des estimations et de rapprochement des secteurs dans le secteur ATCATF

Le système canadien de surveillance du secteur ATCATF repose sur une étroite collaboration entre scientifiques

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

Au niveau de résolution spatiale le plus élevé se trouvent les unités analytiques, qui sont propres à chaque système d'estimation. Dans les forêts aménagées, les unités analytiques sont les unités d'aménagement figurant dans les inventaires forestiers des provinces et des territoires. Pour les besoins de notre évaluation, les forêts aménagées ont été classées en 542 unités analytiques dans 12 provinces et territoires (tableau A-1). Les unités analytiques résultent généralement du recoupement de secteurs administratifs utilisés pour l'aménagement du bois d'œuvre et des frontières écologiques.

Tableau A3-29 Unités analytiques spatiales des forêts aménagées

Province/Territoire	Nombre d'unités analytiques
Terre-Neuve-et-Labrador	25
Nouvelle Écosse	1
Île-du-Prince-Édouard	1
Nouveau-Brunswick	1
Québec	130
Ontario	54
Manitoba	71
Saskatchewan	40
Alberta	69
Colombie-Britannique	98
Yukon	13
Territoires du Nord-Ouest	39
Canada	542

Tableau A3-30 Estimations de la superficie des terres, des plans d’eau, des forêts aménagées et des terres agricoles en 2007

Nom et numéro de la zone de déclaration	Superficie totale (ha)	Superficie totale des terres (ha)	Superficie totale d’eau douce (ha)	Forêts aménagées (ha)	Superficie des terres agricoles (ha)
1 Cordillère arctique	24 277 684	23 991 749	285 935		
2 Haut-Arctique	151 022 874	142 416 424	86 06 450		
3 Bas-Arctique	84 636 177	74 608 974	10 027 203		
4 Bouclier de la taïga-est	74 834 455	65 668 565	9 165 890	1 102 863	
5 Bouclier boréal-est	111 056 710	99 129 131	11 927 579	55 637 899	638 607
6 Maritime de l’Atlantique	20 938 606	19 736 815	1 201 791	15 479 673	1 038 780
7 Plaines à forêts mixtes	16 780 897	11 014 617	5 766 280	2 719 168	5 274 596
8 Plaines hudsoniennes	37 371 084	36 393 778	977 306	302 260	
9 Bouclier boréal-ouest	83 951 074	71 111 613	12 839 461	28 767 660	181 067
10 Plaines boréales	73 611 950	67 185 834	6 426 116	36 160 397	10 370 989
11 Prairies subhumides	22 341 203	21 598 791	742 412	1 819 950	16 155 289
12 Prairies semi-arides	23 966 465	23 493 794	472 671	16 057	12 756 781
13 Plaines de la taïga	65 803 607	58 218 579	7 585 028	20 042 865	2 308
14 Cordillère montagnarde	48 470 844	47 226 428	1 244 416	35 434 734	1 180 030
15 Maritime du Pacifique	20 809 934	20 487 877	322 057	13 222 600	110 599
16 Cordillère boréale	46 785 399	45 841 568	943 831	16 617 982	300
17 Cordillère de la taïga	26 530 375	26 373 796	156 579	412 084	
18 Bouclier de la taïga-ouest	63 167 721	52 178 220	10 989 501	1 829 546	

Le cadre spatial le mieux adapté à la surveillance des gaz à effet de serre (GES) émis par les terres agricoles (catégorie des terres cultivées) est la Banque de données nationales sur les sols du Système d’information sur les sols du Canada⁶ et les pédo-paysages. L’éventail complet des attributs qui décrivent un type distinctif de sol et les paysages qui l’accompagnent, comme le modelé de la surface, la déclivité, la teneur caractéristique en carbone du sol dans les utilisations des terres agricoles originales et dominantes, la profondeur de la nappe phréatique, s’appelle un pédo-paysage. Les paysages des sols sont liés spatialement aux polygones des pédo-paysages du Canada (PPC) qui peuvent contenir un ou plusieurs éléments distinctifs du pédo-paysage. Les polygones des PPC sont de l’ordre de 1 000 à 1 000 000 hectares et conviennent à l’établissement de cartes à l’échelle de 1:1 million.

Les polygones des PPC constituent en outre l’unité de base du Cadre écologique national pour le Canada, un cadre national hiérarchique et spatialement homogène à l’intérieur

duquel on peut décrire les écosystèmes à divers degrés de généralisation, les surveiller et en faire rapport (Marshall et Schut, 1999). Les 12 353 polygones des PPC s’inscrivent dans le degré de généralisation suivant (1 027 écodistricts), lesquels sont ensuite regroupés en 194 écorégions et 15 écozones.

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

Dans le cadre de l’inventaire des GES, le secteur ATCATF produit des rapports dans 18 zones de déclaration (chapitre 7, figure 7-1). Ces zones de déclaration sont essentiel-

⁶ Disponible en ligne à l’adresse <http://sis.agr.gc.ca/cansis>

lement les mêmes que les écozones du Cadre écologique national pour le Canada, 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. Ces subdivisions ne modifient aucunement la nature hiérarchique du cadre spatial. Le Tableau A3-31 indique les superficies de terre et d'eau de chaque zone de déclaration, ainsi que la superficie estimée des forêts gérées et des terres cultivées pour l'année d'inventaire 2007. Les méthodes qui ont servi à la collecte de ces données et la provenance des données sont décrites dans McGovern (2008).

Il est impossible d'harmoniser les données sur les activités provenant de sources différentes au niveau des unités analytiques, étant donné que les unités utilisées dans différentes catégories de terres se recoupent souvent et qu'on ignore l'emplacement exact des phénomènes, des peuplements forestiers ou des activités au sein d'une unité. Le rapprochement spatial se fait dans 60 unités de rapprochement, qui sont issues de l'intersection spatiale des zones de déclaration et des limites des provinces et des territoires. Les procédures de contrôle de la qualité (CQ) et d'assurance de la qualité (AQ) sont menées au niveau des unités analytiques (durant l'établissement des

estimations) et des unités de rapprochement (à l'étape de la compilation des estimations).

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

A3.4.2.1. Modélisation du carbone

Pour estimer les fluctuations des stocks de carbone, l'émission et l'absorption de carbone par les forêts aménagées, la conversion des terres forestières à d'autres affectations et la conversion d'autres terres en forêts, on a eu recours à la version 3 du *Modèle du bilan du carbone pour le secteur forestier canadien* [MBC-SFC3] (Kurz *et al.*, 2009), le plus récent d'une famille de modèles dont le développement remonte à la fin des années 1980 (Kurz *et al.*, 1992). Ce modèle intègre les renseignements tirés de l'inventaire des forêts (âge, superficie et composition taxinomique), des banques de données sur les courbes du volume marchand en fonction de l'âge, des équations de conversion du volume marchand des peuplements en biomasse totale, des données sur les perturbations naturelles et anthropiques, ainsi que des simulations des transferts de carbone entre réservoirs et des échanges atmosphériques qui sont associés aux processus des écosystèmes et à

Tableau A3-31 Réservoirs de carbone forestier selon le GIEC et le MBC-SFC3

Réservoirs de carbone du GIEC		Noms des réservoirs selon le MBC-SFC3
Biomasse vivante	Biomasse aérienne	Bois de tige marchand Autres (bois de tige marchand secondaire, cimes, branchages, souches, arbres invendables) Feuillage
	Biomasse souterraine	Radicelles Racines grossières
Matière organique morte (MOM)	Bois mort	Bois mort aérien rapide
		Bois mort souterrain rapide
		Moyen
		Chicot de tiges de résineux Chicot de branches de résineux Chicot de tiges de feuillu Chicot de branches de feuillu
	Litière	Litière aérienne très rapide Litière aérienne lente
Soils	Soil organic matter	Below-ground very fast ¹ Below-ground slow Black carbon ² Peat ²

Notes :

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

divers phénomènes.

Les processus de l'écosystème (ou « processus annuels ») modélisés par le MBC-SFC3 pour établir les estimations présentées ici sont la croissance, le dépôt de la litière, la mort des arbres due à des perturbations autres que naturelles et la décomposition. Parmi les phénomènes figurent les activités de gestion, la conversion des forêts et les perturbations naturelles. Les activités de gestion représentées sont l'éclaircie commerciale, la coupe à blanc, la coupe partielle, la coupe de récupération⁷ et le brûlage des résidus de récolte lors de la préparation des sites. Le modèle simule en outre différentes pratiques de conversion des forêts, y compris le brûlage dirigé.

On peut établir une correspondance entre les réservoirs de carbone forestiers représentés dans le modèle et ceux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (Tableau A3–31). Aucune description n'en est faite dans le présent rapport, mais les réservoirs de la biomasse vivante sont ensuite subdivisés en deux ensembles, pour les essences feuillues et les essences résineuses.

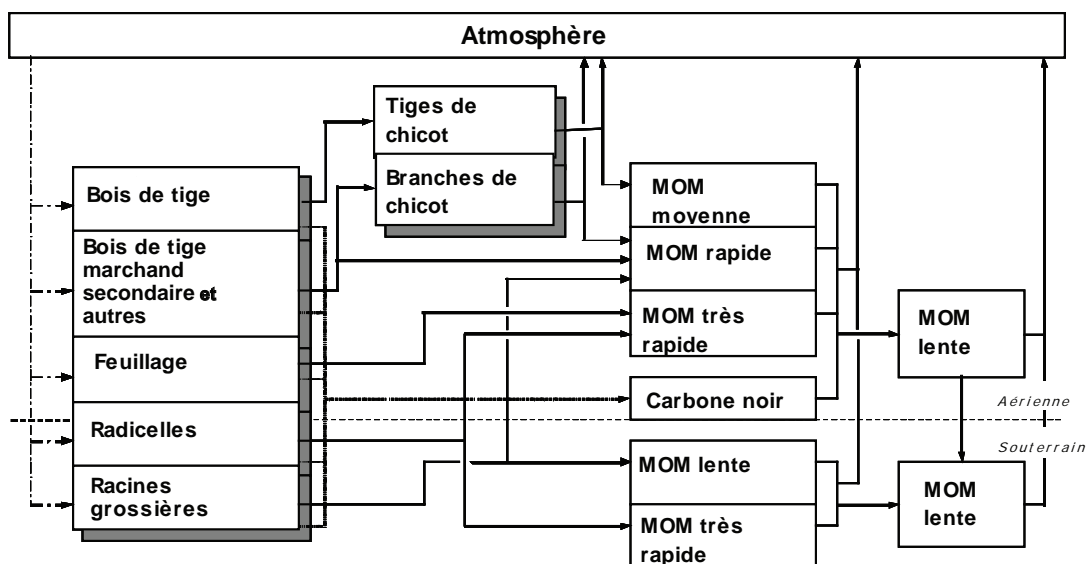
Les processus et les événements annuels sont à l'origine d'un ensemble de transferts de carbone entre les réservoirs,

comme le montre la Figure A3–4.

Les processus écosystémiques annuels englobent la croissance, le dépôt de la litière, la mortalité et la décomposition; ils sont simulés sous formes de transferts de carbone qui ont lieu à chaque pas de temps (annuel), dans chaque relevé d'inventaire. Pendant les processus annuels, le carbone est capté dans le réservoir de biomasse et une partie de cette biomasse est transférée à des réservoirs de matière organique morte (MOM). La décomposition de cette MOM entraîne le transfert du carbone qu'elle contient à un autre réservoir de MOM (p. ex., chicots de tiges et bois mort moyen), à un réservoir de sol lent ou à l'atmosphère. On trouvera d'autres précisions sur la structure des réservoirs et les taux de décomposition dans Kurz *et al.* (2009). On définit les rythmes de transfert du carbone pour chaque bassin, en fonction des taux de renouvellement propres au réservoir (pour les réservoirs de biomasse) ou des taux de décomposition (réservoirs de matière organique morte). Les taux de renouvellement peuvent être très élevés (par exemple 95 % pour le feuillage des feuillus) ou très lents (par exemple < 1 % pour le bois de tige). Les taux de décomposition annuels sont définis en fonction d'une température de référence moyenne annuelle de 10 °C et affichent une sensibilité à la température selon les relations Q10 définies. Ils varient entre 50 % (pour les réservoirs de MOM très rapides, comme les racinelles mortes) et 0,0032 % (pour les réservoirs de

7 La coupe de récupération consiste à récolter le bois marchand après une perturbation naturelle. On distingue autant que possible la coupe de récupération des activités de récolte conventionnelles, de façon à éviter de surdéclarer la superficie totale touchée par les perturbations naturelles et anthropiques combinées.

Figure A3–4 Réservoirs de carbone et transferts de carbone simulés au moyen du MBC-SFC3. Le carbone noir n'est pas compris dans l'estimation.



sol lents).

La simulation considère la croissance comme un processus annuel. Chaque relevé de l'inventaire forestier utilisé dans chacune des 542 unités analytiques est associé à une courbe de rendement qui définit la dynamique du volume marchand dans le temps. L'affectation d'un relevé de l'inventaire à la courbe appropriée repose sur un ensemble de facteurs de classification qui englobe la province, la strate écologique, les essences dominantes, la classe de productivité et plusieurs autres éléments de classification qui diffèrent entre les provinces et les territoires. Les ensembles de courbes pour chaque province et territoire du Canada sont extraits de parcelles d'échantillonnage permanentes ou provisoires ou d'autres données des inventaires forestiers.

Pour convertir les courbes de volume marchand en courbes de biomasse aérienne, on utilise une série d'équations conçues pour l'Inventaire forestier national du Canada (Boudewyn *et al.* 2007). Élaborées pour chaque province ou territoire, chaque écozone, chaque essence dominante ou type de forêt, ces équations estiment la biomasse aérienne de chaque élément de peuplement à partir du volume du bois de tige marchand (par hectare).

Enfin, les réservoirs de biomasse souterraine sont estimés au moyen d'équations de régression (Li *et al.*, 2003). On ne se sert pas des accroissements annuels moyens dans les estimations.

Les perturbations déclenchent différentes combinaisons de transferts de carbone, selon le type et la gravité de la perturbation, l'écosystème forestier touché et la région écologique. Pour les besoins de la modélisation, les diverses pratiques de conversion des forêts sont également représentées comme des perturbations. L'impact d'une perturbation est défini dans une matrice des perturbations, qui précise pour un ou plusieurs types de perturbation la proportion de carbone de chaque réservoir de l'écosystème qui est transféré vers d'autres réservoirs, rejetée dans l'atmosphère (dans divers GES) ou transférée dans les produits ligneux récoltés. La Figure A3-5 illustre une de ces matrices, qui simule la conversion des forêts dans la cordillère montagnarde, au cours de laquelle le bois est récolté et les résidus (rémanents) sont brûlés. Dans la déclaration de 2010, l'impact des incendies de forêts et des infestations d'insectes a été simulé pour 1 et 15 types de perturbation différents, respectivement. Les activités d'aménagement sont simulées pour 8 types de perturbation et les pratiques de changement d'affectation

Figure A3-5 Matrice des perturbations simulant les transferts de carbone associés à la coupe à blanc dans la zone de déclaration 14 (cordillère montagnarde)

	13	14	15	16	17	18	19	24	25	Produits
1. Bois de résineux marchand					0,15					0,85
2. Feuillage de résineux	1									
3. Autres composantes de résineux				1						
4. Bois de résineux marchand secondaire				1						
5. Racines grossières de résineux			0,5	0,5						
6. Radicelles de résineux	0,5	0,5								
7. Bois de feuillu marchand					0,15					0,85
8. Feuillage de feuillu	1									
9. Autres composantes de feuillu			1							
10. Bois de feuillu marchand secondaire			1							
11. Racines grossières de feuillu			0,5	0,5						
12. Radicelles de feuillu	0,5	0,5								
13. C de MOM aérienne très rapide	1									
14. C de MOM souterraine très rapide		1								
15. C de MOM aérienne rapide			1							
16. C de MOM souterraine rapide				1						
17. C de MOM moyenne					1					
18. Bassin de C MOM aérienne lente						1				
19. C de MOM souterraine lente							1			
20. Chicot de tiges de résineux					0,5					0,5
21. Chicot de branches de résineux			1							
22. Chicot de tiges de feuillu					0,5					0,5
23. Chicot de branches de feuillu			1							
24. Carbone noir								1		
25. Tourbe									1	

des terres pour 29 types. Si on prend en compte le rajustement des valeurs des paramètres pour les écozones, la simulation de l'impact des perturbations utilise au total 294 matrices de perturbations. Le nombre de matrices des perturbations dépend de l'existence de données sur les activités (par exemple la résolution spatiotemporelle des sources des données utilisées pour illustrer les perturbations) et des connaissances nécessaires pour paramétrer les matrices des perturbations.

La proportion de CO₂-C émise par chaque réservoir, documentée dans chacune des matrices de perturbation, peut être propre au réservoir, au type de forêts, à l'intensité de la perturbation, ou encore à la zone écologique; c'est pourquoi aucun facteur d'émission de CO₂ ne s'applique à tous les incendies. À quelques exceptions près, la proportion de carbone total émis dans chaque GES qui renferme du carbone (CO₂, CO et CH₄) associé à des incendies demeure constante : 90 % du carbone est émis sous forme de CO₂, 9 % sous forme de CO et 1 % sous forme de CH₄ (Cofer *et al.*, 1998; Kasischke et Bruhwiler, 2003).

Bien que le MBC-SFC3 permette de modéliser les flux de carbone à différentes échelles spatiales, il a fallu harmoniser, intégrer et ingérer d'énormes quantités de données provenant de nombreuses sources pour arriver à produire des estimations nationales. La section suivante présente les principales sources de données utilisées.

A3.4.2.2. Sources

Terres forestières aménagées

Les gouvernements provinciaux et territoriaux du Canada, dont le champ de compétence englobe la gestion des ressources naturelles, ont fourni des données essentielles, notamment des données détaillées sur les inventaires forestiers et, lorsqu'elles étaient disponibles, des précisions sur les activités et les méthodes d'aménagement des forêts, les perturbations et leur prévention ou leur maîtrise, des tableaux de rendement régionaux (courbe de volume/âge) pour les essences dominantes et les indices de qualité de station de même qu'une expertise régionale (Tableau A3-32). On a utilisé les données de l'Inventaire forestier du Canada (IFC, 2001) pour le Labrador, la Nouvelle-Écosse, le Nouveau-Brunswick, le Manitoba, la Saskatchewan, l'Alberta, le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest. Les provinces de l'Île-du-Prince-Édouard, de Terre-Neuve-et-Labrador, de la Nouvelle-Écosse, du Québec, de l'Ontario et de la Colombie-Britannique ont fourni des données d'inventaire

plus récentes et à plus haute résolution. Il a fallu déployer des efforts considérables pour harmoniser, formater et présenter les données détaillées d'inventaire sous forme de données d'entrée pour le MBC-SFC3. Une série de « documents méthodologiques » décrivent le processus de compilation pour chaque inventaire forestier provincial ou territorial. Comme les données des inventaires forestiers n'ont pas toutes été recueillies la même année, il a fallu ajouter des étapes pour synchroniser les données d'inventaire de l'année 1990 (Stinson *et al.*, 2006a).

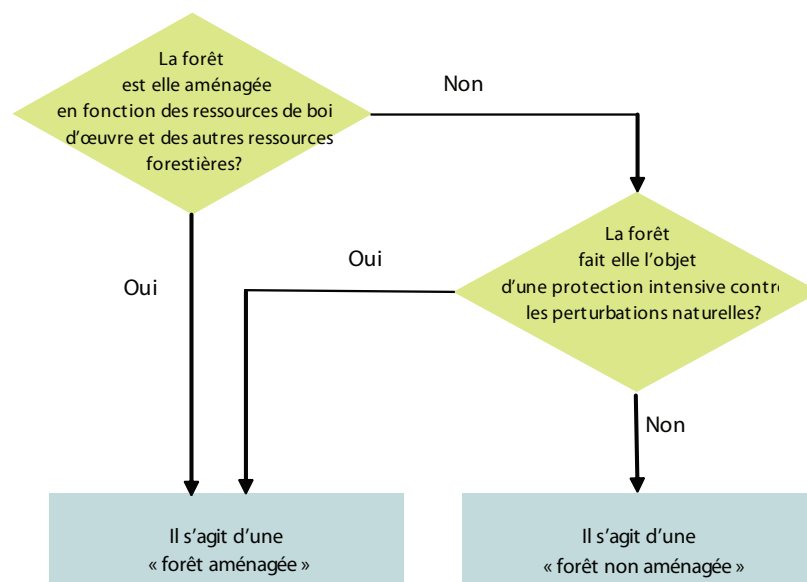
Conceptuellement, on classe les forêts dans la catégorie des « forêts aménagées » ou celle des « forêts non aménagées », d'après la fréquence des activités de gestion visant la récolte de bois d'œuvre ou d'autres produits du bois et le degré de protection contre les perturbations (Figure A3-6). Pour estimer la superficie de forêts aménagées, il a fallu procéder à la délimitation spatiale et à la combinaison des limites de plusieurs zones d'aménagement forestier, y compris toutes les unités d'aménagement forestier exploitées, les zones d'approvisionnement en bois d'œuvre, les concessions de fermes forestières, les terres boisées industrielles en franche tenure, les terres boisées privées et toutes les autres forêts faisant l'objet d'un aménagement actif des ressources en bois d'œuvre et autres, de même que toute autre terre dans la catégorie des forêts faisant l'objet de mesures de protection intensive contre les perturbations naturelles. Toutes ces couches sont regroupées et recoupées avec les données d'inventaire forestier sous-jacentes. Les procédures sont documentées dans Stinson *et al.* (2006b). La Figure A3-7 illustre l'emplacement des terres avec forêts aménagées et non aménagées du Canada, aux fins de l'estimation et de la déclaration des GES. En 2008, la superficie totale de forêts aménagées était de 229 481 kha, dont 68 % se trouvent dans les quatre zones de déclaration suivantes : secteur Bouclier boréal-est, cordillère montagnarde, plaines boréales et secteur Bouclier boréal-ouest (Tableau A3-30).

Les activités d'aménagement forestier sont illustrées dans la Base de données nationales sur les forêts⁸; d'autres renseignements sur des activités bien précises ont été obtenus directement auprès des organismes provinciaux et territoriaux responsables de l'aménagement des forêts.

Les données historiques sur les secteurs perturbés par des feux de végétation sont extraites de la Base de données canadiennes sur les gros incendies. Elles sont complé-

⁸ . Base de données nationale sur les forêts, disponible sur Internet à l'adresse : http://nfdp.cfm.org/about_us_f.php

Figure A3-6 Arbre décisionnel pour le calcul de la superficie des forêts aménagées



tées par les données provinciales et territoriales pour les années 1990 à 2003 et par les images composites de la superficie brûlée à l'échelle nationale du Système canadien d'information sur les feux de végétation pour les années 2004 à 2008 (Tableau A3-32). Les images composites de la

superficie brûlée à l'échelle nationale sont fondées sur des données de télédétection à résolution faible et moyenne et des données de cartographie des feux fournies par des organismes de gestion des ressources de toutes les régions du Canada qui utilisent les meilleures sources de données

Figure A3-7 Terres avec forêts aménagées et non aménagées au Canada

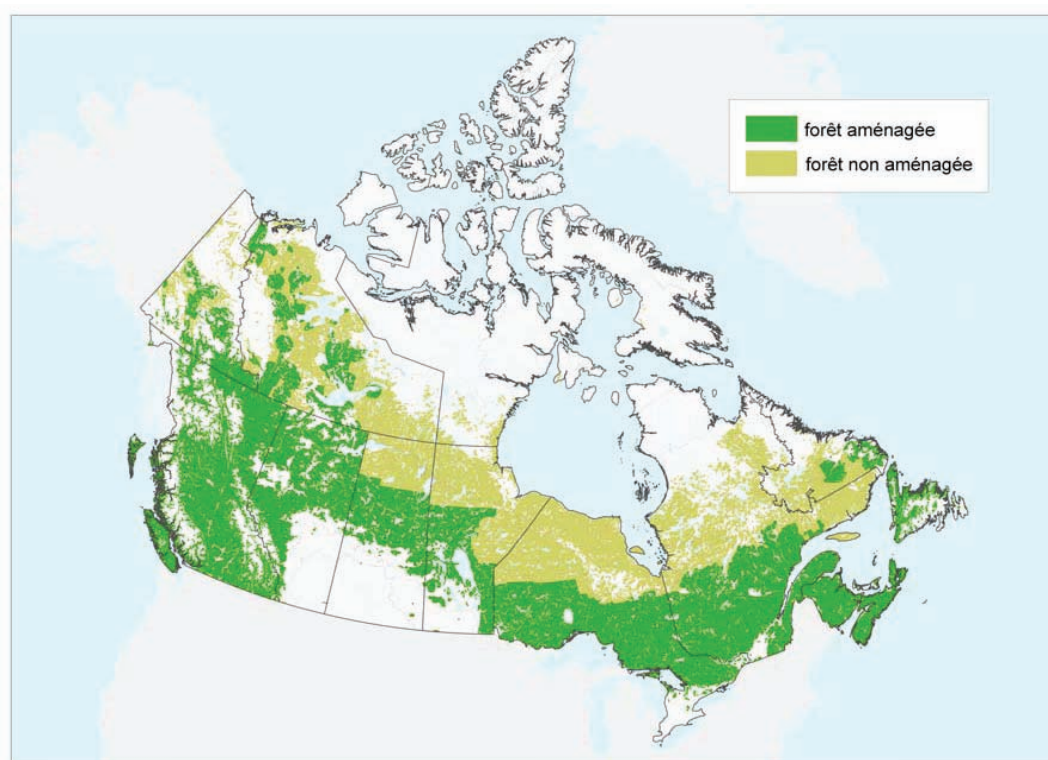


Tableau A3-32 Principales sources d’informations et de données sur les forêts aménagées

Description	Source	Résolution spatiale	Couverture temporelle	Référence	
Données sur les incendies	Système canadien d’information sur les feux de végétation	Spatialement explicite	2004-2008	http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/	
	Base de données sur les gros incendies au Canada	À référence spatiale	1959-2003	http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/fr_CA/lfdb	
Inventaires forestiers	Inventaire forestier canadien	Maille de l’IFC	1949-2004	https://nfi.nfis.org/home.php?lang=fr	
	Alberta	Unités analytiques	ND	Courbes de rendement des experts provinciaux	
	Colombie-Britannique	Unités analytiques	1993-2000	Expert provincial	
	Terre-Neuve	Unités analytiques	2006	Expert provincial	
	Nouvelle Écosse	Unités analytiques	2000	Expert provincial	
	Ontario	Unités analytiques	2000	Expert provincial	
	Île-du-Prince-Édouard	Unités analytiques	2000	Expert provincial	
	Québec	Unités analytiques	2000	Expert provincial	
Harvest data	Base nationale de données sur les forêts	Limites provinciales	1990–2008	http://nfdp.ccfm.org/	
	Alberta	Unités analytiques	1990–2008	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/	
	Colombie-Britannique	Unités analytiques	1990–2008	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/	
	Terre-Neuve	Unités analytiques	1990–2008	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/	
	Manitoba	Unités analytiques	1990–2008	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/	
	Nouveau-Brunswick	Unités analytiques	1990–2008	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/	
	Territoires du Nord-Ouest	Unités analytiques	1990–2008	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/	
	Nouvelle Écosse	Unités analytiques	1990–2008	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/	
	Ontario	Unités analytiques	1990–2008	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/	
	Île-du-Prince-Édouard	Unités analytiques	1990–2008	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/	
	Québec	Unités analytiques	1990–2008	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/	
	Saskatchewan	Unités analytiques	1990–2008	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/	
	Yukon	Unités analytiques	1990–2008	Base nationale de données sur les forêts http://nfdp.ccfm.org/	
		Relevé des insectes et des maladies des arbres	Spatialement explicite	1990–2008	Centre de foresterie de l’Atlantique et Centre de foresterie du Pacifique http://www.srd.alberta.ca/Managing-Programs/ForestPests/ForestPestSurveyData.aspx
	Données sur les insectes	Alberta	Spatialement explicite	1970–2008	
		Colombie-Britannique	Spatialement explicite	1990–2008	Expert provincial
		Saskatchewan	Spatialement explicite	1990–2008	Expert provincial
Données climatiques	SCF	Unités de rapprochement	Normales de 1961-1990	McKenney (2005)	

Note : ND = Non disponible

accessibles. On a recours en priorité aux données de télé-détection à résolution moyenne quand elles sont disponibles, autrement on utilise les données des organismes de gestion des ressources, et les données de télédétection à faible résolution ne sont utilisées que lorsqu'aucune autre donnée de cartographie des feux n'est disponible.

Les perturbations causées par les insectes font l'objet d'une surveillance par relevé aérien (Tableau A3-32). Les superficies annuelles brutes sont converties en superficies d'impact effectif, qui représentent la superficie perturbée à l'exception des secteurs boisés non touchés (secteurs non arborés ou secteurs arborés ne contenant pas d'essences hôtes). Les superficies d'impact effectif sont ensuite associées à des unités d'analyse et, selon les espèces d'insectes en cause, elles sont subdivisées en deux ou trois niveaux de gravité d'impact qui varient en fonction du nombre de mortalité et de la réduction de la croissance (Kurz *et al.*, 2009).

Conversion des forêts

Pour tenir compte des effets résiduels durables de la conversion des forêts, on a estimé les taux de conversion à compter de 1970. La démarche adoptée pour estimer les superficies forestières converties en d'autres utilisations repose sur trois grandes sources de renseignements : l'échantillonnage systématique ou représentatif des images de télédétection, les registres de données et le jugement d'experts. Les méthodes de base ayant été mises à l'essai dans le cadre de plusieurs projets pilotes (SCF, 2006a), la méthodologie est maintenant bien établie partout au Canada.

La méthode de base consiste à cartographier le déboisement par télédétection sur des échantillons d'images du Landsat datant de 1975, 1990 et 2000. En faisant ressortir les changements survenus entre deux dates d'images, on met en évidence les secteurs où le couvert forestier a subi des changements, ce qui permet de déceler les éventuels phénomènes de conversion de forêts (les phénomènes candidats). Ensuite, on interprète ces « images de changement » pour déterminer si la couverture terrestre du phénomène candidat était à l'origine une forêt (au moment 1) et si on observe un changement de couverture terrestre ou un changement d'affectation des terres au moment 2 (Leckie *et al.*, 2002; Paradine *et al.*, 2004). Cette procédure d'interprétation du déboisement est fortement étayée par d'autres données de télédétection, notamment des photographies aériennes numérisées; des images Land-

sat hivernales de manteau neigeux et de défoliation; des images Landsat secondaires provenant d'autres dates et années; des données auxiliaires, comme les cartes situant les routes, les établissements, les terres humides, la couverture boisée et l'emplacement des mines et des gravières; et enfin des bases de données spécialisées qui indiquent l'emplacement des oléoducs et des gazoducs ainsi que des plates-formes d'exploitation (Leckie *et al.*, 2006). Lorsqu'elles sont facilement accessibles, on utilise également les données détaillées des inventaires forestiers.

Chaque phénomène de déboisement identifié dans les images comme étant supérieur à un hectare a été délimité à la main. On a interprété le grand type de forêt avant le déboisement⁹ et consigné l'affectation des terres après le déboisement (« post-classe »). Les intervalles de confiance relatifs à l'affectation des terres au moment 1 et au moment 2 sont utilisés dans les « contrôles de qualité » subséquents et de validation sur le terrain.

Loin de se limiter aux forêts aménagées, la surveillance de la conversion des forêts couvre toutes les terres forestières du Canada. L'ensemble des zones boisées du Canada ont été stratifiées en régions selon le niveau prévu de conversion des forêts et la cause dominante, ce qui a déterminé l'intensité d'échantillonnage cible. Selon le profil spatial escompté et les taux des phénomènes de conversion des forêts, les méthodes d'échantillonnage ont varié d'une cartographie détaillée à un échantillonnage systématique sur toute l'unité d'analyse d'intérêt à la sélection représentative de cellules d'échantillonnage dans une maille systématique. Par exemple, dans les zones peuplées du sud du Québec et à la limite des prairies, on a atteint en général un taux d'échantillonnage de 12,3 %, avec des mailles de 3,5 × 3,5 km à des nœuds d'une grille de 10 km (Figure A3-9). En pratique, les contraintes de ressources limitent la taille de l'échantillon de télédétection. Les superficies totales, qu'elles fassent l'objet d'une cartographie détaillée ou d'un échantillonnage, couvrent environ 326 millions d'hectares, dont plus de 16 millions d'hectares cartographiés pour 1975-1990 et 43 millions d'hectares cartographiés pour 1990-2000 (Figure A3-8). De nouvelles images postérieures à 2000 sont en cours d'interprétation; les résultats seront incorporés à la série chronologique dans les prochains rapports.

Des échantillons représentatifs sont utilisés dans les secteurs où les taux de conversion des forêts sont mo-

9 Voir les paramètres de définition de « forêt » au chapitre 7.

Figure A3–8 Unités d’analyse du déboisement et secteurs d’échantillonnage pour le rapport de 2010 Traduction de l’image

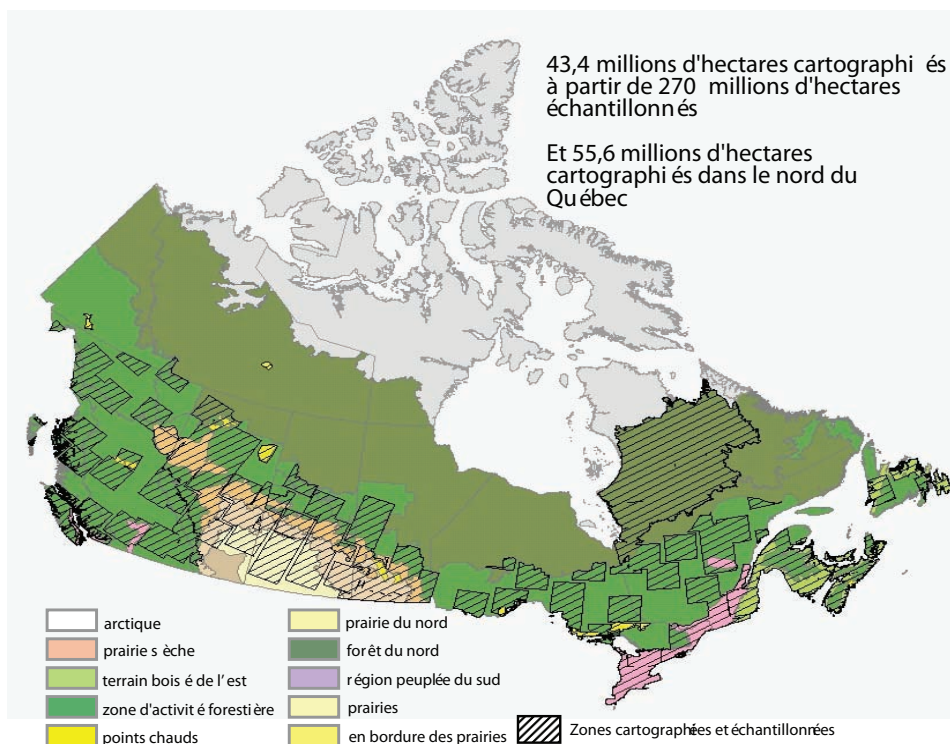
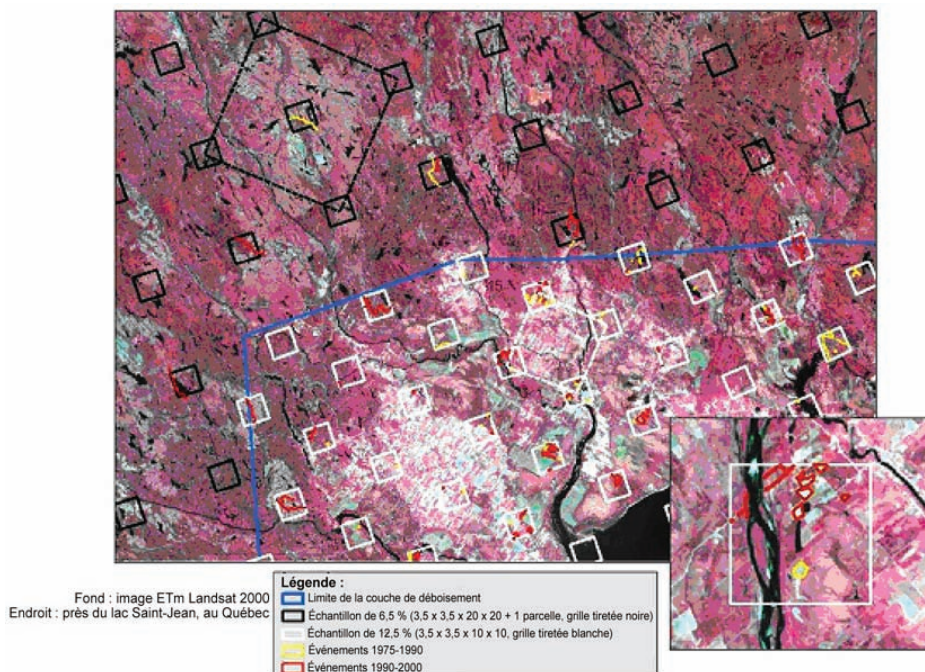


Figure A3–9 Grilles d’échantillonnage sur des images de cartes de conversion des forêts et de phénomènes délimités de conversion des forêts. Fond : secteur près du lac Saint Jean, Québec, image Landsat ETm, été 2000



dérés (par exemple les boisés de l'est dans les Maritimes; les Cantons de l'Est au Québec; la vallée du Bas-Fraser en Colombie-Britannique; et la zone agricole du sud des Prairies). La strate d'activité forestière est une vaste région du Canada à faible densité de population, dont les principales activités économiques sont la foresterie et l'extraction d'autres ressources naturelles. À nouveau, on utilise une méthode d'échantillonnage représentatif, étoffée par d'autres échantillons (provenant p. ex. d'études pilotes) au Québec, en Ontario et en Colombie-Britannique. On définit en outre les cas spéciaux connus et localisés d'activités de déboisement d'envergure, comme les réservoirs hydroélectriques et l'exploitation des sables bitumineux de l'Alberta. Ces cas sont traités comme des phénomènes isolés, au moyen d'une cartographie spatialement détaillée¹⁰. Pour estimer l'étendue des forêts touchées par la submersion des terres, on multiplie la superficie de terres submergées par la proportion de couverture forestière dans la région entourant le réservoir, déterminée d'après une carte du couvert forestier fondée sur la classification des images Landsat (Wulder et al., 2004).

On a rassemblé les registres existants, lesquels renferment surtout des données sur les chemins forestiers, les lignes de transport d'électricité, les infrastructures pétrolières et gazières et les réservoirs hydroélectriques (Leckie et al., 2006). Pour déterminer les sources de données (registres ou images) les plus pertinentes, on se base sur la couverture temporelle, la disponibilité et la pertinence des registres. On utilise les registres de six provinces pour les chemins forestiers et les registres de trois provinces pour les lignes de transport d'électricité. L'évaluation de la conversion des forêts en Alberta¹¹ attribuable aux pipelines de l'industrie pétrolière et gazière repose sur une base de données de systèmes d'information géographique (SIG) commerciale de pipelines et de plates-formes d'exploitation et sur une base de données distincte portant sur la largeur des couloirs des pipelines. Environ 95 % des emprises de pipelines font moins de 20 mètres de large, la plupart ayant une largeur de 14 à 16 mètres et les autres, de 20 mètres ou légèrement plus. Dans la plupart des cas, les registres indiquent uniquement la superficie totale de terres converties en couloirs à pipeline, peu importe la catégorie des terres avant la conversion. Pour établir des estimations uniformes, toutes les emprises des

pipelines se voient attribuer une largeur de 20 mètres; 5 % de la superficie ainsi obtenue est déclarée comme secteur potentiel de conversion des forêts. Lorsqu'on ignore l'affectation des terres avant la conversion, on se sert des registres de l'Inventaire forestier national du Canada (IFC, 1991) pour déterminer la superficie de terres converties en couloirs à pipeline qui étaient auparavant boisées.

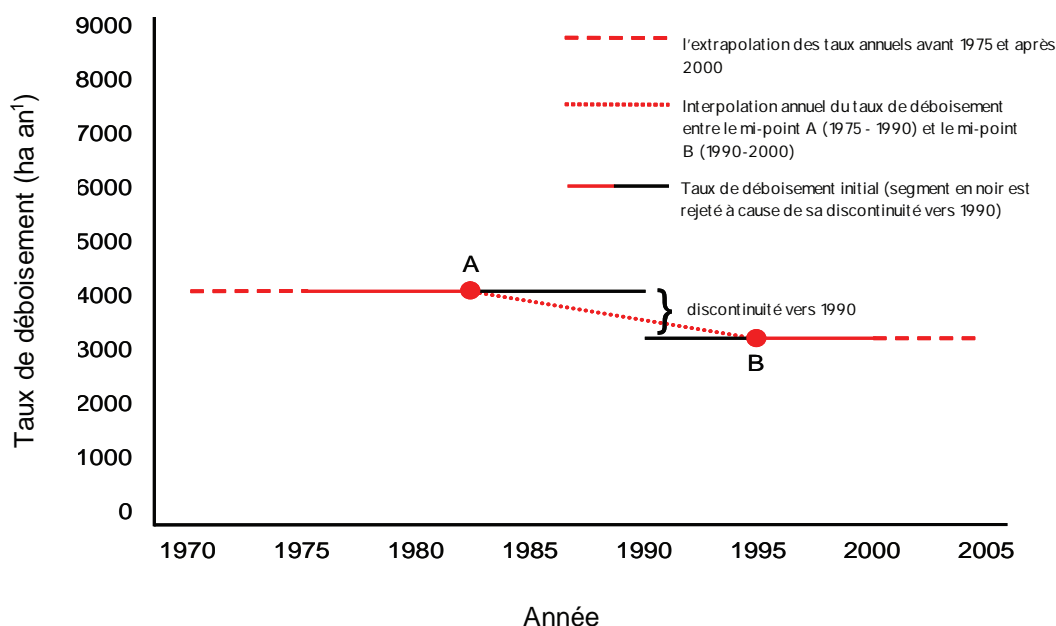
Lorsque les données des registres ne sont pas disponibles ou de piètre qualité, ou que l'échantillon de télédétection est insuffisant, on sollicite l'avis d'experts. On fait également appel au jugement d'experts pour rapprocher les différences entre les registres et les données de télédétection et résoudre les grands écarts entre l'estimation de la superficie réalisée en 1975-1990 et en 1990-2000. Dans ces cas, on regroupe les avis d'experts et les sources de données, on examine les données de télédétection et les données des registres et on prend les décisions requises (SCF, 2006b). La plupart des estimations, en tout cas celles provenant des catégories de changement d'affectation des terres qui ont eu les incidences les plus marquées, proviennent directement des échantillons de télédétection.

Les données d'activité sont recueillies et résumées en fonction des unités d'analyse dans un premier temps, puis elles sont mises à l'échelle des unités de rapprochement. On rassemble tous les phénomènes dans une vaste base de données. Par un système de compilation, on résume les phénomènes pour chaque unité d'analyse et on regroupe les taux de conversion des forêts en fonction des unités de rapprochement. Cette compilation fait également appel à l'insertion de données des registres et au jugement d'experts. Pendant cette procédure, on compile tous les phénomènes pour générer un taux de déboisement local (ha/an) d'après le temps qui s'est écoulé entre les images. Comme les images disponibles ne sont pas forcément datées de 1975, 1990 ou 2000, les taux couvrent différentes périodes. Au moment de compiler les données, on associe chaque phénomène de conversion des forêts à l'une des deux périodes de temps (1975-1990 ou 1990-2000) et on attribue le taux de conversion des forêts correspondant à cette période. Par exemple, un phénomène de 7,0 hectares observé sur les images datant de la période 1975-1989 génère un taux de 0,5 ha/an (7,0 ha/14 ans), qu'on attribue ensuite à la période 1975-1990. La superficie totale interprétée dans une unité d'analyse pour cette période sert ensuite à calculer un taux de conversion des forêts relatif ((ha/an)/km² interprété) pour tous les phénomènes du même type. Il s'agit ensuite de mettre les taux relatifs à l'échelle de chaque unité d'analyse. Enfin, les données

¹⁰ Dans le cas des réservoirs hydroélectriques, certains registres servent à déterminer la superficie submergée.

¹¹ En Colombie-Britannique et en Saskatchewan, où l'exploitation pétrolière et gazière occupe aussi une grande place, étant donné la piètre qualité des registres, on a utilisé la méthode de télédétection de base.

Figure A3–10 Procédure d'établissement d'une série chronologique cohérente des taux de conversion des forêts



sont regroupées selon l'utilisation finale (p. ex. le taux de changement pour les cultures agricoles ou les secteurs résidentiels ruraux), puis résumées selon des catégories plus vastes au moment de la recompilation par unité de rapprochement.

Les données de télédétection proviennent des images datant d'environ 1975, 1990 et 2000, tandis que les données des registres sont des données annuelles ou des données résumées sur plusieurs périodes. Comme nous l'avons vu ci-dessus, la méthode de télédétection de base donne deux taux de conversion des forêts distincts, le premier pour 1975-1990 et l'autre pour 1990-2000, mais aucune estimation annuelle de ces taux. Pour déterminer des taux annuels de conversion des forêts pour la période 1970-2008, il a fallu appliquer deux procédures simultanées : 1) extrapoler les taux annuels d'avant 1975 et d'après 2000; 2) interpoler des taux entre les données de 1975-1990 et de 1990-2000. En l'absence de procédures documentées ayant fait leurs preuves, la méthode la plus simple consiste à attribuer le taux de 1975-1990 à chaque année qui s'est écoulée entre 1970 et 1983 et le taux de 1990-2000 à chaque année qui s'est écoulée entre 1995 et 2008 (l'extrapolation). On applique une interpolation linéaire entre les deux points d'ancrage temporels (1983 et 1995), ce qui donne une estimation du taux annuel de conversion des forêts pour chaque année intermédiaire. La procédure est illustrée à la Figure A3–10. Les exceptions notables à cette procédure sont les grands phénomènes

individuels comme les réservoirs hydroélectriques, dont on connaît l'année de submersion, et quelques phénomènes fondés sur les registres.

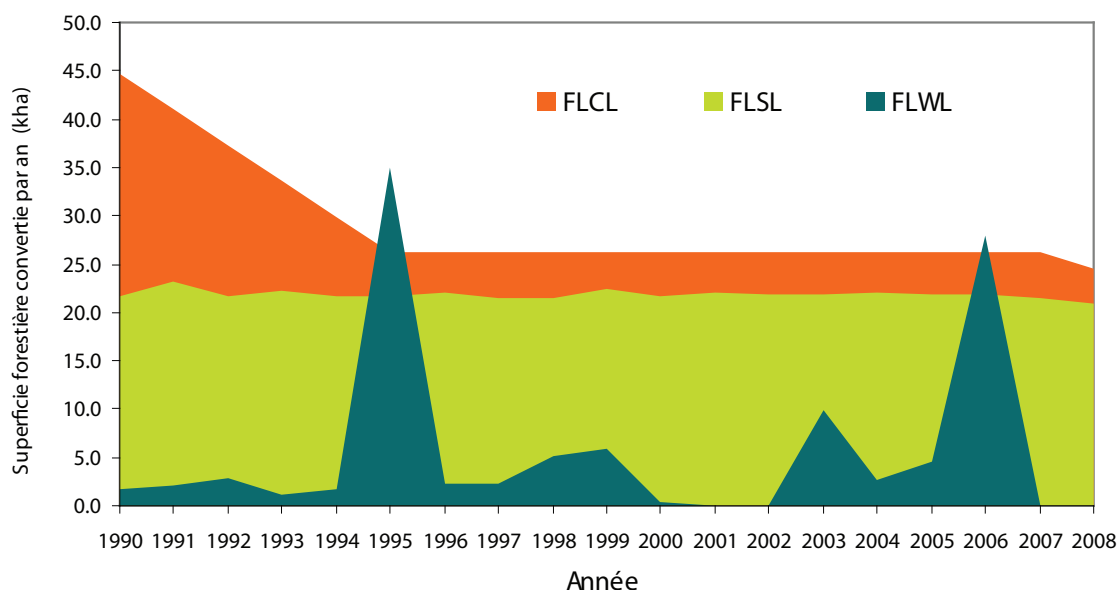
La Figure A3–11 illustre les taux annuels de conversion des forêts selon l'affectation finale : forêts converties en terres cultivées (FCTC), forêts converties en zones de peuplement (FZPE), forêts converties en terres humides (FCTH). La conversion de forêts en zones de peuplement comprend les routes forestières, tout le développement d'infrastructures, le développement minier, l'extraction pétrolière et gazière ainsi que les zones urbaines, commerciales, industrielles et récréatives. Signalons que les données illustrées diffèrent de celles que l'on trouve dans les tableaux du cadre uniformisé de présentation de rapports (CUPR), lesquels cumulent les superficies des catégories « terres converties en ».

AQ/CQ des données sur la conversion des forêts

On s'est attaché avec soin à comprendre les données des registres, leur pertinence et leurs limites. On a examiné la provenance des données des registres, interrogé les personnes qui ont pris part à la gestion et à la mise en œuvre du système de collecte et de stockage des données et, lorsqu'ils étaient disponibles, on a vérifié les chiffres par rapport à des sources de données indépendantes et aux attentes des experts.

L'interprétation des données de télédétection se fait selon

Figure A3-11 Taux annuels de conversion des forêts au Canada



une procédure définie (Paradine *et al.*, 2004), même si elle est réalisée par divers organismes, dont des groupes de foresterie ou de géomatique des gouvernements provinciaux, des entreprises de télédétection ou de cartographie, des organismes de recherche et développement et les experts internes du gouvernement. La procédure de contrôle de qualité (CQ) de base comprend : des contrôles de qualité effectués au sein même de l'organisme ou de la société de cartographie par un employé de rang supérieur; l'AQ en temps réel, réalisée durant l'interprétation par des spécialistes du Service canadien des forêts (SCF) qui communiquent leur commentaires dans les jours qui suivent l'interprétation de chaque secteur; et une AQ ou une vérification finale de l'interprétation des données, réalisée par le SCF. On a procédé à des vérifications sur le terrain dans le cadre de projets pilotes établis. Chaque point de CQ et révision a été documenté dans les bases de données SIG sur les phénomènes. On a effectué une procédure d'AQ indépendante sur un vaste échantillon d'interprétations.

Les rapports de décision quant aux données utilisées, au jugement d'experts et à la conciliation des données contradictoires ont été documentés (SCF, 2006b) et mis à jour pour le rapport de 2010. La provenance et les limites des données ont été consignées, et les données et les interprétations de télédétection archivées. Les calculs et le jugement des experts sont retraçables grâce au système de compilation.

Degré d'incertitude des données sur la conversion des forêts

Il existe trois grandes sources d'incertitude dans l'estimation de la superficie de forêts converties en d'autres catégories de terres :

- omission et inclusion erronée de phénomènes candidats;
- erreur d'échantillonnage;
- erreur de délimitation.

La procédure de cartographie comporte trois autres sources d'incertitude qui influent sur les estimations des émissions :

- type de forêt éliminé;
- catégorie de terre après la conversion;
- moment de survenue du phénomène.

Dans cette section, nous analyserons les trois premières sources d'incertitude. Les travaux en cours visant à estimer le degré d'incertitude des émissions porteront sur les trois derniers facteurs. Les résultats complets seront présentés dans les rapports futurs.

Dans l'estimation réalisée à partir des données de télédétection, la quantification des erreurs d'omission (phénomènes de conversion des forêts manquants) et des erreurs d'inclusion erronée (notamment de phénomènes qui ne représentent pas la conversion de forêts) prend en compte toute la procédure de cartographie, y compris

l'interprétation des images, le CQ, la validation sur le terrain et les autres activités de vérification. Les principales incertitudes dans les phénomènes de conversion des forêts entre 1975 et 1990 résultent de la faible résolution et de la piètre qualité des images de 1975, ainsi que de l'absence de données auxiliaires. Dans l'ensemble de la série chronologique, les omissions sont généralement de taille réduite, tandis que les erreurs d'inclusion erronée, qui résultent généralement d'une mauvaise interprétation plutôt que d'un oubli, sont moins tributaires de la taille. Les erreurs d'inclusion erronée proviennent soit de la désignation incorrecte d'une forêt (ou d'une terre non forestière) au moment 1, soit d'une erreur de caractérisation d'une forêt (ou d'une terre non forestière) au moment 2 (p. ex. après la récolte). Dans l'ensemble du processus, les erreurs d'inclusion erronée arrivent plus souvent que les erreurs d'omission. Les registres, utilisés surtout pour les chemins et les lignes de transport d'électricité, sont plus susceptibles d'omettre des phénomènes que de les attribuer par erreur. Selon les experts, une marge de $\pm 20\%$ constitue une estimation acceptable et prudente du degré total d'incertitude attribuable aux erreurs d'omission ou d'inclusion erronée.

L'échantillonnage est un mélange de cartographie détaillée des régions, d'échantillons systématiques couvrant des régions entières, d'échantillons prélevés dans des secteurs représentatifs et d'une cartographie complète de secteurs locaux choisis. Dans certains secteurs, la couverture et la conception de l'échantillon diffèrent entre 1975-1990 et 1990-2000. Le degré d'incertitude attribuable à l'échantillonnage est donc variable sur le plan régional et, étant donné que certains types de conversion des forêts dominant plus dans certaines régions qu'ailleurs, le degré d'incertitude par type est lui aussi complexe et variable. On n'a pas estimé les incertitudes d'échantillonnage selon la région ou le type de conversion des forêts, mais plutôt globalement, en faisant appel au jugement d'experts et en tenant compte des différences régionales dans les activités de conversion des forêts et l'intensité d'échantillonnage. On estime la marge d'erreur d'échantillonnage à $\pm 25\%$ pour toute la superficie forestière convertie.

Une erreur de délimitation désigne le déplacement du tracé par rapport à la limite réelle, ce qui se solde par une estimation inexacte de la superficie. La superficie peut être surestimée ou sous-estimée, selon les profils spatiaux du paysage. Faute de preuves quantitatives, on a présumé que les erreurs de délimitation n'entraînaient aucun biais positif ni négatif et qu'une fourchette de $\pm 20\%$ représen-

tait le mieux le degré d'incertitude lié à ce type d'erreur.

Le degré d'incertitude global résulte d'une combinaison des erreurs de délimitation des limites, des erreurs d'omission et d'inclusion erronée et des erreurs d'échantillonnage. Les estimations simplifiées du degré d'incertitude établies pour chaque type d'erreur ont été regroupées au moyen d'une simple méthode de propagation d'erreur : $(0,2^2 + 0,2^2 + 0,252)^{1/2} = 0,38$.

Ce degré d'incertitude de $\pm 38\%$ de l'estimation de la superficie forestière totale convertie chaque année au Canada situe la valeur vraie de cette superficie en 2008 entre 28 kha et 63 kha, avec un intervalle de confiance de 95 %.

En raison de l'inexistence des sources de données et de l'intensité plus faible de l'échantillonnage cartographique du déboisement, on s'attend à un degré d'incertitude plus élevé dans les estimations relatives à la période 1970-1990 que pour celles de la période 1990-2000, et il est possible qu'on ait surestimé la conversion des forêts de 1970 à 1990 ou qu'on l'ait analysée de manière conservatrice. Une telle tendance affecterait la plage d'incertitude pour ces années et les années ultérieures. Il faut donc faire preuve de prudence lorsqu'on applique la fourchette de 38 % à la superficie cumulative de terres forestières converties à une autre catégorie depuis 20 ans (superficies déclarées dans le CUPR). Cette question sera abordée dans l'avenir.

Améliorations prévues à la conversion des forêts

En général, les améliorations se feront par paliers, et auront pour but de réduire le degré d'incertitude et d'améliorer certaines estimations. Les stratégies d'amélioration associent une plus grande couverture de télédétection, la compilation d'un nombre accru de registres, des activités de CQ plus détaillées et des vérifications sur le terrain. On a obtenu et assemblé des images en vue de mettre à jour les estimations pour la période débutant vers 2000. Ces nouvelles données portant sur la période débutant vers 2008 s'ajouteront aux données cartographiques et de registres dans le prochain rapport d'inventaire.

Terres converties en terres forestières

Les registres de conversion de terres en terres forestières au Canada étaient disponibles pour 1990-2002 grâce à l'initiative d'EFBMPC¹² (White et Kurz, 2005). Les activi-

12 <http://scf.rncan.gc.ca/soussite/analysepolitique/initiativeetude>

tés de conversion pour 1970-1989 et 2003-2008 ont été estimées en fonction des taux d'activité observés dans les données de l'EFBMPC. D'autres données provenant du Programme d'évaluation et de démonstration de plantations de Forêt 2020¹³ sont comprises en 2004 et 2005 et un examen environnemental a été réalisé pour relever d'autres sources d'information sur les taux de déboisement de 2000 à 2008. Chaque phénomène, quels qu'en soient la date, la source, le type ou l'emplacement, a été converti en un relevé d'inventaire pour les besoins des modèles du carbone. Tous les phénomènes ont été regroupés en un seul ensemble de données sur les activités de boisement au Canada entre 1970 et 2008. De nouveaux efforts ont été entrepris en vue d'obtenir des données supplémentaires sur les récentes activités de boisement au Canada.

Pour 1990-2008, la superficie plantée a été stratifiée par écozone, province et essence. La superficie totale plantée par province et écozone, parallèlement à la proportion d'essences plantées dans chaque province, a servi à calculer la superficie plantée par essence, ce qui a permis d'estimer la superficie convertie en forêts, par essence, dans chaque unité de rapprochement. Les estimations de 2008 reflètent ces améliorations qui seront appliquées à l'ensemble de la série chronologique au Canada dans le prochain rapport annuel.

Les courbes de rendement ne sont pas toujours disponibles pour certaines essences de plantation ou conditions de croissance (niveau de charge ou historique de la station); les courbes utilisées pour estimer les paliers d'accroissement proviennent d'une diversité de sources, et le plus souvent directement d'experts provinciaux. Lorsque des essences n'avaient pas leur propre courbe de rendement, on leur a attribué celle d'une autre essence présentant des caractéristiques de croissance semblables ou de l'essence qui était le plus susceptible d'être présente dans ce secteur. Les fluctuations des stocks de carbone dans le sol sont hautement incertaines, en raison des difficultés qu'il y a à trouver des données sur les stocks de carbone avant la plantation. On a présumé que l'écosystème accumulerait généralement lentement le carbone dans le sol; compte tenu de l'échéancier limité de cette analyse et de l'ampleur des activités concernant d'autres activités d'affectation des terres et de changement d'affectation des terres, on peut en déduire que l'impact de ce degré d'incertitude, s'il existe, est minime.

A3.4.2.3. Estimation des fluctuations des stocks de carbone, des émissions et des absorptions

Au début de chaque pas de temps annuel, le MBC-SFC3 commence par affecter les activités de changement d'affectation des terres aux relevés d'inventaire et à redistribuer ces relevés pour faire en sorte que les incidences du changement d'affectation des terres (conversion en forêts et conversion de forêts) soient déclarées dans la nouvelle catégorie de terres. Les perturbations de la forêt ne sont simulées qu'après l'établissement des conversions d'affectation de terres. La sélection des peuplements forestiers touchés par les perturbations liées au changement d'affectation des terres et par les perturbations liées à d'autres facteurs repose sur certaines règles d'admissibilité (Kurz *et al.*, 2009).

Lorsque le modèle calcule l'effet immédiat des perturbations sur tous les peuplements forestiers, il applique les ensembles de transferts de carbone liés aux processus annuels à tous les registres (forêts aménagées, terres converties en forêts et terres forestières converties à d'autres affectations), ce qui englobe à la fois les peuplements boisés et non boisés. Comme nous l'avons vu ci-dessus, les processus annuels associent la croissance, le renouvellement et les processus de décomposition qui sont appliqués à la superficie totale des forêts aménagées. Les extrants désignent le bilan net de GES des forêts aménagées, y compris la croissance; les émissions immédiates attribuables aux perturbations (fluctuations des stocks de carbone, pertes de carbone dans l'atmosphère et dans les produits forestiers); et la décomposition à la fois de la MOM et de la matière organique du sol, notamment dans les peuplements affectés par les perturbations. À cette étape, les relevés d'inventaire qui se trouvaient dans une catégorie de « terres converties en » depuis 20 ans passent à la catégorie de terres « dont la vocation n'a pas changé » et la simulation de la dynamique du C (en général une décomposition) continue dans cette nouvelle catégorie.

Les mêmes données (à l'exception de la croissance des arbres) sont disponibles au sujet des terres forestières converties, mais sont déclarées dans la nouvelle catégorie de terre, par exemple les terres converties en terres cultivées (tableau 5.B du CUPR, rangée 2), les terres converties en terres humides (tableau 5.D du CUPR, rangée 2) et les terres converties en zones de peuplement (tableau 5.E du CUPR, rangée 2). L'estimation des émissions de la matière organique du sol des terres forestières converties en terres

13 <http://scf.rncan.gc.ca/soussite/analysepolitique/programme-foret2020/forest2020pda>

Tableau A3–33 Émissions/absorptions de GES des forêts aménagées, 2008

Processus/ phénomène	Bilan des GES (Gg d'éq. CO ₂)				Bilan net de l'écosystème
	Biomasse	MOM	Sol	N ₂ O ²	
Processus annuels	-2 930 827	2 114 228	614 613	0	-201 986
Récolte	118 247	17 608	0	340	136 195
Feux de végétation	9 989	36 331	0	2 060	48 381
Insectes ¹	0	0	0	0	0
Total	-2 802 591	2 168 167	614 613	2 400	-17 411

Notes :

1. Les phénomènes ayant un niveau d'émission de 0 n'engendrent pas d'émission dans l'atmosphère ni d'absorption de gaz de l'atmosphère. Au lieu de cela, ils suppriment une partie de la biomasse qui est transférée à la MOM.

2. Le carbone dans les émissions de CH₄ et de CO est compris dans l'évaluation de chaque réservoir, mais les émissions de N₂O sont calculées séparément des émissions totales de CO₂ (voir annexe 8).

cultivées fait exception, étant établie séparément; les méthodes sont décrites aux sections A3.4.3.3 et A3.3.5.1 De même, les méthodes d'estimation des émissions (par opposition aux fluctuations des stocks de carbone) des terres forestières converties en terres submergées sont décrites à la section A3.4.5.2.

Signalons que l'effet immédiat des perturbations est décelable dans les ensembles de données de sortie pour l'année de la perturbation. Pour les années ultérieures, les émissions et les absorptions postérieures à la perturbation sont simulées comme des procédés annuels. Le MBC-SFC3 ne fait pas la distinction entre la décomposition postérieure à la perturbation et les autres processus qui touchent le C de l'écosystème. C'est pourquoi il est impossible de clarifier parfaitement l'incidence à long terme des différents phénomènes sur les forêts aménagées.

Le Tableau A3–33 illustre les estimations de 2008 des grands éléments du bilan des GES dans les forêts aménagées générées par le MBC-SFC3. Les flux les plus importants sont l'absorption du carbone par la biomasse et son rejet par la décomposition de la MOM (respiration hétérotrophique). Le premier est fortement influencé par la répartition des classes d'âge des forêts aménagées; la décomposition de la matière organique dépend du dépôt de litière, de la mortalité et des perturbations survenues avant l'année d'inventaire. Les perturbations dues aux insectes ont provoqué très peu d'émissions immédiates; toutefois, suivant la gravité des infestations et des dégâts causés par les insectes, elles peuvent engendrer 1) une diminution de l'assimilation du C par suite de la réduction de la croissance, 2) d'importants transferts de carbone de la biomasse à la MOM et 3) des effets sur la dynamique à

long terme de la décomposition de la matière organique (Kurz *et al.*, 2008a).

A3.4.2.4. Degré d'incertitude

Les recommandations en matière de bonnes pratiques préconisent l'utilisation de méthodes numériques pour l'évaluation des incertitudes au moyen des cadres de modélisations complexes avec interactions multiples entre les données et les paramètres. Les méthodes de Monte-Carlo nécessitant beaucoup de données, les exigences de calculs peuvent rapidement devenir un facteur limitatif. Les paramètres des modèles et les données d'entrée n'ont pas tous une incidence similaire sur les sorties des modèles. Il est donc important de rechercher un équilibre entre la capacité de calcul disponible et l'inclusion dans l'évaluation de l'incertitude de données d'entrée, de paramètres et d'autres fonctions, pouvant influencer considérablement sur les résultats des modèles.

Les deux principales sources d'incertitude dont il a été question dans les rapports antérieurs sont les données des inventaires forestiers et les principaux paramètres des modèles. Les données des inventaires forestiers utilisées dans les simulations informatiques répondent à des besoins de planification et d'exploitation. Les méthodes, normes, définitions et niveaux de qualité diffèrent d'une instance à l'autre, selon les objectifs de l'inventaire. Bien que les différentes techniques et procédures d'inventaire utilisées à travers le pays soient généralement documentées, il est rare que cette documentation contienne une évaluation quantitative de l'incertitude. Bien qu'il soit actuellement impossible de quantifier les incertitudes qui entachent, par exemple, les superficies de forêts amé-

nagées, les effets de cette source d'incertitude peuvent indirectement accroître l'incertitude associée à la simulation de l'augmentation de la biomasse.

Pour les besoins de la présente évaluation, on a présumé un accroissement de 50 % de la biomasse; outre les superficies de forêts aménagées, ce pourcentage tient compte des incertitudes associées à la répartition des classes d'âge, aux courbes de rendement et aux équations allométriques utilisées pour l'estimation.

Les superficies de forêts aménagées touchées annuellement par des perturbations naturelles et anthropiques ont une grande incidence sur la dynamique du carbone forestier dans son ensemble. Les perturbations influent sur les émissions et les absorptions de C à court terme, et à long terme par la décomposition des résidus et la répartition des classes d'âge. On a présumé des incertitudes de 10 % pour les superficies de forêts aménagées sujettes chaque année à des incendies et de 25 % pour celles sujettes à des infestations d'insectes, et de 10 % pour la quantité de carbone libéré par volume marchand récolté annuellement. L'évaluation établissant également les incertitudes

liées aux émissions découlant de la conversion des forêts, on a utilisé un taux d'incertitude de 38 % pour les zones converties chaque année. La section de cette annexe portant sur la conversion des forêts donne une description du calcul de cette valeur.

Les réservoirs du sol et de la MOM à décomposition lente contiennent un volume considérable de carbone. Même si les taux de décomposition de la matière organique du sol modélisés par les processus annuels sont infimes, en raison de la taille des réservoirs et des superficies boisées, ils influent fortement sur les émissions attribuables aux processus annuels (lesquels comprennent en outre les émissions non immédiates qui résultent de toutes les perturbations). Une analyse de la sensibilité des émissions de carbone issues de la matière organique morte et des réservoirs de sol a révélé que les paramètres de modèle les plus influents étaient le taux de décomposition pour la matière organique du sol et les rejets atmosphériques de carbone et la décomposition de réservoirs à cycle très rapide, comme la litière et les racelles mortes (White *et al.*, 2008).

Pour les besoins de la présente analyse, on a également in-

Tableau A3-34 Liste des paramètres de modèle pouvant varier et valeurs des paramètres pour leur répartition triangulaire. Toutes les unités sont exprimées en taux par an⁻¹. Source : White *et al.* 2008; Metsaranta *et al.* 2009

Paramètres	Valeur par défaut	Minimum	Maximum
Taux de renouvellement des branches	0,04	0,012	0,04
Taux de renouvellement des racines grossières	0,02	0,007	0,023
Taux de décomposition de la base aérienne rapide	0,1435	0,1	0,29
Proportion de C libéré par respiration du réservoir aérien rapide	0,83	0,7	0,9
Taux de décomposition de la base souterraine rapide	0,1435	0,1	0,29
Proportion de C libéré par respiration du réservoir souterrain rapide	0,83	0,7	0,9
Taux de renouvellement des racelles	0,641	0,6	0,92
Taux de renouvellement du feuillage de feuillus	0,95	0,8455	0,999
Taux de renouvellement du feuillage de résineux	0,1	0,1	0,2
Température annuelle moyenne	-0,435	-3,555	2,684
Taux de décomposition de la base moyenne	0,0374	0,01	0,08
Proportion de C libéré par respiration de la base moyenne	0,83	0,7	0,9
Taux de décomposition de la base aérienne lente	0,015	0,002	0,04
Taux de décomposition de la base souterraine lente	0,0041	0,0046	0,0032
Intervalle de perturbation pour remplacement de peuplement	75	65	85
Taux de renouvellement annuel des tiges	0,005	0,003	0,007
Taux de renouvellement des tiges de résineux	0,032	0,032	0,14
Taux de décomposition de la base aérienne très rapide	0,355	0,284	0,426
Proportion de C libéré par respiration de la base aérienne très rapide	0,815	0,742	0,888
Taux de décomposition de la base souterraine très rapide	0,5	0,4	0,6
Proportion de C libéré par respiration de la base souterraine très rapide	0,83	0,55	0,85

clus les vingt-et-un paramètres de l’étude de la sensibilité dans l’évaluation de l’incertitude (Tableau A3–34).

En l’absence d’indications probantes pour étayer des fonctions plus complexes, toutes les fonctions de répartition des probabilités des données d’entrée pour l’augmentation de la biomasse, les données d’activité sur les perturbations humaines et naturelles et les paramètres de décomposition étaient des données triangulaires.

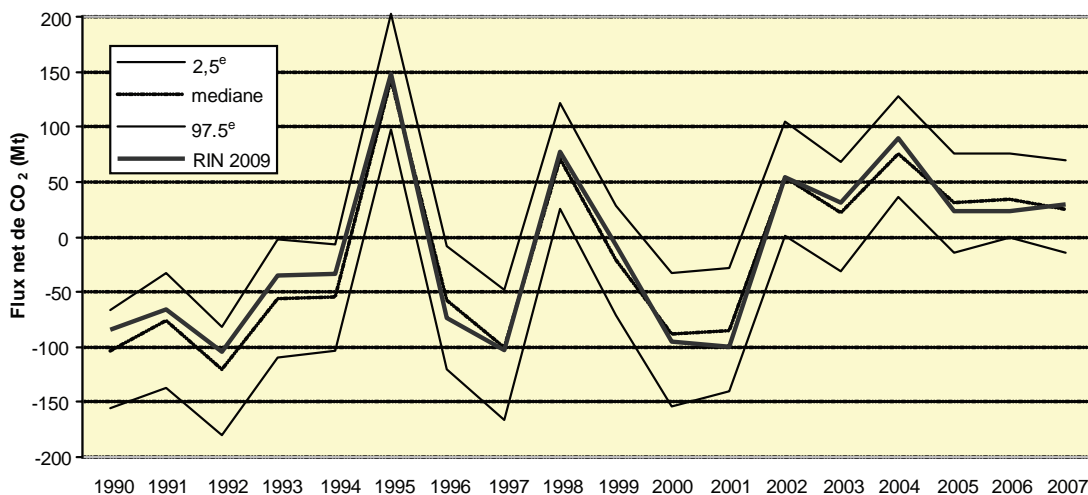
L’incertitude significative qui entache les résultats du cadre de modélisation est attribuable à la sélection aléatoire de peuplements d’arbres sujets à des perturbations (Kurz *et al.* 2008b), laquelle interagit avec l’incertitude liée aux données des inventaires forestiers. L’analyse tient compte de l’effet aléatoire des algorithmes de sélection des peuplements, en permettant l’initialisation de ces algorithmes au moyen de différentes valeurs de départ.

Il est important de noter les interactions entre les données d’entrée et les paramètres. Par exemple, l’incertitude associée à l’âge d’un peuplement forestier (ou structure de classe d’âge d’un paysage forestier) peut influencer sur la productivité simulée du peuplement (ou paysage), selon les courbes de rendement et l’emplacement spécifique d’une catégorie d’âge donnée le long de ces courbes. Les émissions dues aux perturbations – y compris la conversion des forêts à d’autres catégories de terres – ne sont pas seulement régies par les zones touchées, mais aussi

par les stocks de carbone présents avant la conversion, les paramètres des matrices de perturbation qui répartissent le carbone entre les réservoirs ou les « rejets » dans l’atmosphère, et les taux de décomposition après la conversion. Par conséquent, et pour les fins d’estimation, il est impossible d’établir les incertitudes associées aux estimations simplement en combinant les incertitudes liées aux « données d’activité » et aux « coefficients d’émission ».

La présente évaluation de l’incertitude des estimations des flux nets de GES des forêts aménagées est la première du genre au Canada. Ses résultats, illustrés à la Figure A3–12, font présentement l’objet d’une analyse. Toutes les sources d’incertitude n’ont pas été prises en compte. Fait important, l’analyse n’a pas porté sur les impacts des processus qui n’ont pas été simulés jusqu’à maintenant, tels que la variabilité interannuelle du climat, la concentration élevée de CO₂ atmosphérique ou le dépôt de N. Les résultats ne doivent donc pas servir à évaluer le biais (ou l’exactitude) potentiel des estimations. Il y aurait sans doute lieu de prendre d’autres aspects en considération pour mettre en évidence les effets directs de l’activité humaine, et les incertitudes, en ce qui concerne la dynamique du carbone forestier. Des améliorations sont prévues pour les prochaines années, par suite de l’amélioration des connaissances, des procédures et de l’accès à une capacité de calcul supérieure.

Figure A3–12 Plage d’incertitude du flux net de CO₂ (FLFL) (lignes pleines minces), la valeur médiane des 100 simulations de la méthode de Monte-Carlo (ligne tiretée) et les estimations du rapport de 2009 (ligne épaisse) pour chaque année d’inventaire de la série chronologique de 1990-2007. Source : Metsaranta *et al.* 2009



A3.4.3. Terres cultivées

Les méthodes décrites dans la présente section s'appliquent aux variations des stocks de carbone dans les sols minéraux soumis à la gestion des terres cultivées; à la conversion des terres des catégories des forêts et des prairies en terres cultivées; aux émissions et à l'absorption de CO₂ provenant du chaulage; aux émissions de CO₂ dues à la culture des histosols; aux variations de la biomasse des espèces vivaces ligneuses; et aux émissions de N₂O causées par la perturbation des sols consécutive à la conversion en terres cultivées. La méthode d'estimation des fluctuations des stocks de carbone et des émissions de GES des réservoirs de biomasse et de MOM au moment de la conversion des terres forestières en terres cultivées est décrite à la section A3.4.2.3.

A3.4.3.1. Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé

On trouvera une description détaillée des méthodes utilisées pour cette catégorie dans McConkey *et al.* (2007a).

Fluctuations des stocks de carbone dans les sols minéraux

Évolution des pratiques d'aménagement

La quantité de carbone organique retenue dans le sol représente l'équilibre entre les taux d'introduction dus à la production agricole de biomasse et les pertes dues à la décomposition du carbone organique dans le sol (COS). La façon dont le sol est aménagé détermine si la quantité de carbone organique stocké dans un sol augmente ou baisse. La démarche du GIEC (2003), à l'origine de l'élaboration de la méthode d'estimation du CO₂, part du principe que les fluctuations des stocks de C du sol au cours d'une certaine période surviennent après des changements dans les méthodes de gestion du sol qui influent sur les taux d'ajout de carbone ou de déperdition du carbone du sol. Si aucun changement ne survient dans les pratiques de gestion, on présume que les stocks de C sont en état d'équilibre, et que leur taux de fluctuation est nul.

On sait qu'un certain nombre de pratiques d'aménagement augmentent le COS dans les terres cultivées travaillées, comme une réduction de l'intensité de travail du sol, l'intensification des systèmes cultureux, l'adoption de pratiques d'augmentation du rendement et le rétablissement d'une végétation pérenne (Janzen *et al.*, 1997; Bruce *et al.*, 1999). L'adoption de pratiques de travail

réduit du sol (TRS) ou de culture sans travail (CSL) peut entraîner une accumulation sensible du COS comparative-ment à ce qu'on obtient avec les techniques de travail intensif (TI) (Campbell *et al.*, 1995; 1996a; 1996b; Janzen *et al.*, 1998; McConkey *et al.*, 2003). Il est possible d'intensifier de nombreux systèmes cultureux en rallongeant la durée de l'activité photosynthétique par réduction des jachères (Campbell *et al.*, 2000, 2005; McConkey *et al.*, 2003) et utilisation accrue de plantes fourragères pérennes (Biederbeck *et al.*, 1984; Bremer *et al.*, 1994; Campbell *et al.*, 1998). L'intensification des systèmes cultureux non seulement augmente la quantité de C qui pénètre dans le sol, mais également réduit les taux de décomposition en refroidissant le sol par ombrage et en l'asséchant. À l'inverse, le fait de passer de systèmes de travail du sol classiques à des systèmes conservateurs ou de systèmes intensifs à des systèmes extensifs a pour effet de réduire les apports de C et d'augmenter le taux de décomposition, ce qui réduit le COS.

VandenBygaart *et al.* (2003) ont rassemblé les données publiées dans des études de longue durée menées au Canada en vue d'évaluer l'effet des pratiques de gestion agricole sur le COS. Cette compilation, de même que l'existence de données sur les activités provenant du *Recensement de l'agriculture*, ont permis de définir plusieurs pratiques d'aménagement et changements de gestion essentiels, utilisés par la suite pour estimer les fluctuations des stocks de C dans le sol. Les taux d'émission et d'absorption du CO₂ des sols minéraux sont estimés pour chacun des changements d'aménagement des terres (CAT) suivants :

1. Changement dans la gamme des cultures
 - a) Augmentation des cultures pérennes
 - b) Augmentation des cultures annuelles
2. Changement des pratiques de travail du sol
 - a) TI à TRS
 - b) TI à CSL
 - c) TRS à TI
 - d) TRS à CSL
 - e) CSL à TI
 - f) CSL à TRS
3. Changement dans la superficie en jachère
 - a) Augmentation de la superficie des jachères
 - b) Diminution de la superficie des jachères

Lorsque les éléments nutritifs sont d'importants facteurs de limitation, une fertilisation adéquate peut augmenter le

COS; en pareil cas, toutefois, on utilise généralement déjà l'épandage d'engrais ou d'autres pratiques d'augmentation des éléments nutritifs. L'irrigation dans les régions semi-arides peut affecter le COS, mais l'impact manque de clarté, et la superficie de terres irriguées est toujours demeurée relativement constante au Canada. C'est pourquoi on présume que les CAT choisis représentaient les influences les plus importantes et les plus uniformes affectant le COS dans les sols minéraux.

Coefficient de variation des stocks de carbone

Pour estimer les émissions ou les absorptions de C, on multiplie un coefficient de variation des stocks de COS propre à chaque combinaison de polygone PPC et de changement d'aménagement par la superficie de changement. Le coefficient est le taux moyen de fluctuation du COS par an et par unité de superficie de CAT.

Équation A3–38:

$$\Delta C = F \times A$$

où :

ΔC	=	variation du stock de COS pour l'année d'inventaire, en Mg de C
F	=	fluctuation annuelle moyenne du COS soumis à un changement d'aménagement (mg C/ha par an)
A	=	superficie touchée par le CAT, en ha

Les superficies de CAT tels que les changements dans les méthodes de culture, le type de récolte et les jachères, proviennent du *Recensement de l'agriculture*. Les données du Recensement fournissent des éléments sur les fluctuations nettes de la superficie durant les périodes quinquennales du Recensement. Dans la pratique, les terres sont assujetties et soustraites à une pratique d'aménagement, et il se produit des combinaisons de changement d'aménagement. Toutefois, étant donné qu'on ne dispose que de données sur les changements nets, deux hypothèses sont formulées : l'additivité et la réversibilité des coefficients de COS. La réversibilité présume que le coefficient lié à un CAT de A à B est l'opposé de celui d'un CAT de B à A. L'additivité présume que les fluctuations de C attribuables à chaque CAT qui survient sur la même parcelle de terrain sont indépendantes et par conséquent qu'elles s'additionnent. Cette hypothèse est corroborée par

les constatations de McConkey *et al.* (2003), qui affirment que l'impact du travail du sol et de la rotation des cultures sur le COS est généralement additif.

Il existe un ensemble relativement important d'observations canadiennes sur les fluctuations à long terme du COS attribuables au CAT, comme l'adoption de la CSL et la fréquence réduite des jachères (VandenBygaart *et al.*, 2003; Campbell *et al.*, 2005). Cependant, même cet ensemble de données relativement important ne couvre pas toute l'étendue géographique de l'agriculture canadienne. En outre, les données de mesure présentent plusieurs difficultés quand il s'agit de comparer les mesures d'une station de recherche à l'autre, de déterminer la durée d'un effet, d'estimer le degré d'incertitude total à partir de l'éventail des interactions avec l'état initial du sol et la combinaison de différentes pratiques, et de déterminer la variabilité des fluctuations du C sans changement d'aménagement des terres.

En raison de ces limites, un modèle bien étalonné et validé de la dynamique du carbone du sol, le modèle CENTURY (Parton *et al.* 1987, 1988) est utilisé pour calculer les coefficients de carbone pour les changements survenus entre la CSL et le TI, le TRS et le TI, le TRS et la CSL, les cultures annuelles et vivaces et la superficie des jachères. On a beaucoup utilisé le modèle CENTURY pour simuler le changement de COS dans les conditions propres au Canada (Voroney et Angers, 1995; Liang *et al.*, 1996; Monreal *et al.*, 1997; Bolinder, 2004; Campbell *et al.*, 2000, 2005; Pennock et Frick, 2001; Carter *et al.*, 2003, Bolinder 2004).

Smith *et al.* (1997, 2000, 2001) ont conçu une approche fondée sur le modèle CENTURY pour estimer les fluctuations du COS dans les terres agricoles du Canada. Le modèle a été soumis à une procédure soignée d'étalonnage et de validation. Pour estimer les fluctuations de C, il a fallu établir une description généralisée de l'affectation et de l'aménagement des terres à partir de 1910 sur les terres cultivées pour un échantillon représentatif des types de sols et des conditions climatiques de tout le Canada. Ces scénarios ont été créés à partir d'une combinaison de connaissances d'experts et de statistiques agricoles sur l'aménagement des terres, notamment les types de cultures, les jachères, les engrais épandus (Smith *et al.*, 1997, 2000). Ils ont été utilisés pour les premières évaluations détaillées des fluctuations du COS des terres agricoles, dans le cadre d'une évaluation élargie de l'état de santé des sols (McCrae *et al.*, 2000).

La méthode générale utilisée pour établir les coefficients est illustrée à la Figure A3-13 et à la Figure A3-14. Comme point de départ, on a utilisé le COS dans la base de données des attributs des polygones PPC (SISCan). Les valeurs du COS dans la base de données proviennent des mesures prises dans le cadre de relevés pédologiques et d'études sur les ressources pédologiques (Tarnocai, 1997); on a présumé qu'elles représentaient la teneur moyen en COS dans les terres cultivées en 1985. Le COS initial de 1910 a été estimé à 1,25 fois le COS dans le polygone PPC. On a estimé les coefficients de fluctuation du COS à partir de la différence dans les stocks de COS entre la simulation d'une affectation généralisée des terres et un scénario d'aménagement avec et sans le CAT d'intérêt (Smith *et al.*, 2001).

Un régime de culture et travail sur 10 ans (RCT) a été établi pour chaque unité d'analyse et année de recensement, au moyen des données du *Recensement de l'agriculture*. Le RCT se cristallise sur sept cultures et types de cultures (céréales, oléagineux, légumineuses, luzerne, cultures racines, cultures vivaces et jachère) et trois méthodes de

travail du sol (TI, TRS et CSL). Essentiellement, chaque RCT représente une combinaison spatiale de cultures et de pratiques de travail du sol sous la forme d'une combinaison temporelle de cultures et de pratiques de travail. Dans ce système, un polygone comptant 20 % de terres plantées de céréales et 20 % de terres de CSL équivaut à 2 ans sur 10 de céréales et 2 ans sur 10 de CSL. Des séquences temporelles des pratiques culturales et de travail du sol sont établies à partir d'ensembles de règles définies par des experts, comme « une jachère ne suit jamais une jachère » et « la culture du blé suit généralement celle du soja ». Ainsi, on arrive facilement à saisir un RCT de base et des remplacements des CAT dans le RCT dans le modèle CENTURY.

Le coefficient de fluctuation du COS a été choisi comme $\text{Coefficient} = (C \text{ pour RCT avec remplacements du CAT} - C \text{ pour RCT de base}) / [(fraction \text{ du RCT remplacé par le CAT}) \times (durée \text{ considérée})]$. Si un régime d'aménagement des terres est défini comme une combinaison particulière de pratiques culturales et de travail du sol sur une superficie donnée, la variation du COS due à un CAT (ΔC_{CAT}) peut être

Figure A3-13 Méthode d'établissement de fichiers de données d'entrée pour l'aménagement des terres utilisés par le modèle Century afin d'estimer le coefficient de carbone pour un changement d'intérêt d'aménagement des terres

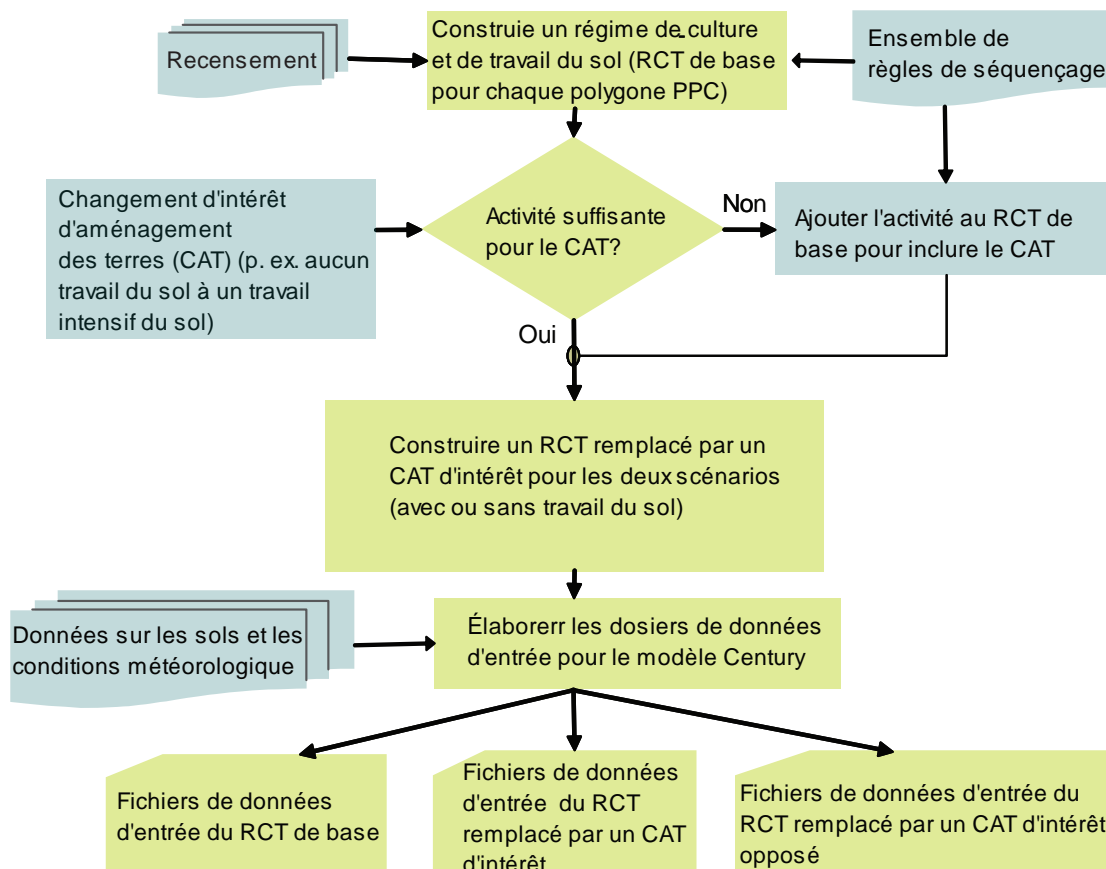
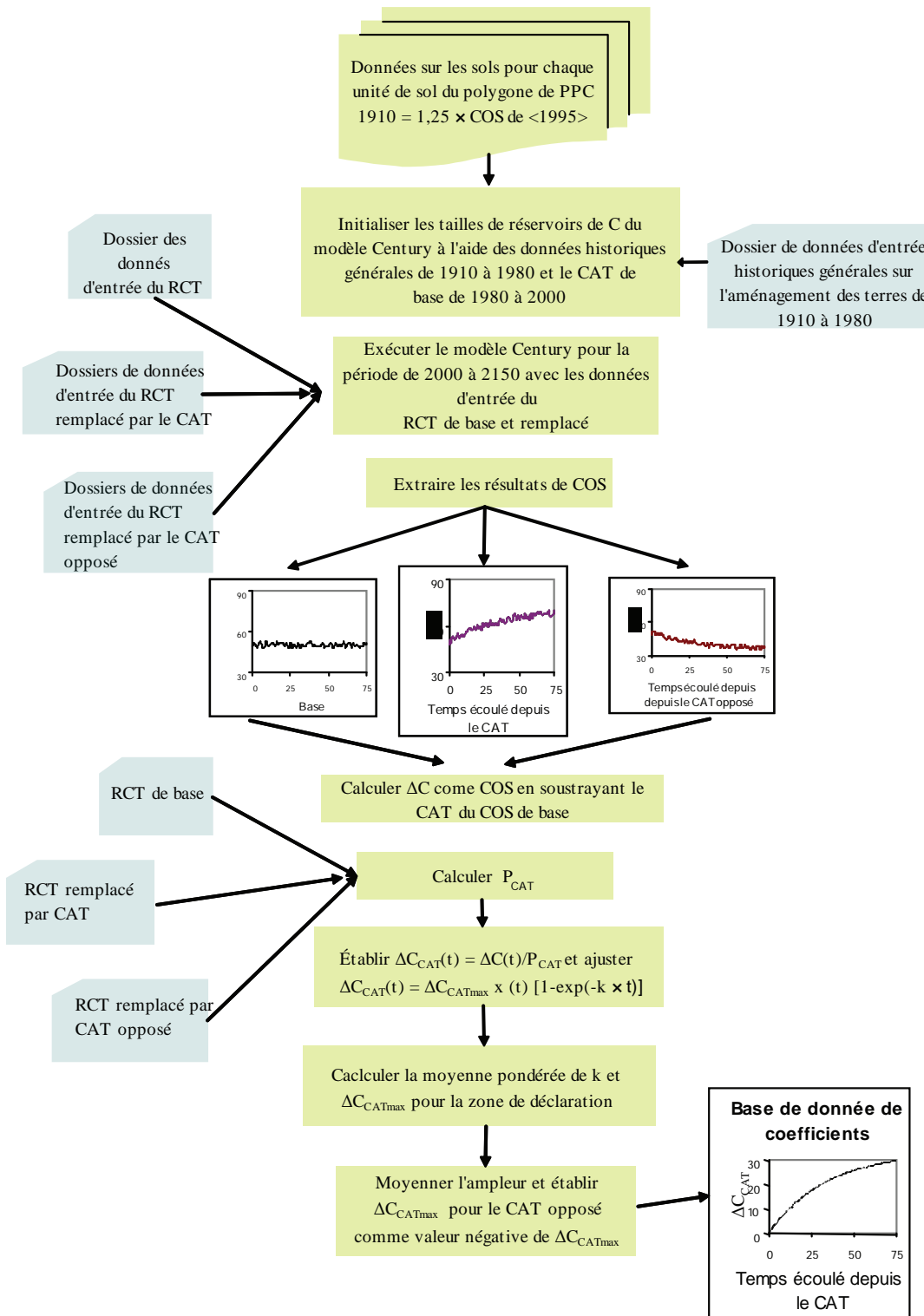


Figure A3-14 Méthode d’établissement des coefficients de carbone pour un changement d’intérêt d’aménagement des terres



estimée comme la différence du stock de COS entre deux régimes d’aménagement des terres, divisée par la proportion des terres sujettes à un CAT.

Équation A3-39:

$$\Delta C_{\text{CAT}}(t) = \frac{\Delta C}{p_{\text{CAT}}}$$

où :

- $\Delta C_{\text{CAT}}(t)$ = différence du COS entre les systèmes de gestion d'une année à l'autre (Mg COS/ha)
- p_{CAT} = variation de la proportion de la superficie soumise à un système de gestion donné sous réserve du CAT.

On peut calculer la proportion (p_{CAT}) en soustrayant la proportion d'AT dans le régime de base de celle d'AT dans le nouveau régime après le changement d'aménagement des terres, comme suit :

Équation A3-40:

$$p_{\text{CAT}} = p_{\text{ATbase}} - p_{\text{ATnouveau}}$$

where:

- p_{ATbase} = proportion du régime d'aménagement des terres de base
- $p_{\text{ATnouveau}}$ = proportion du nouveau régime d'aménagement des terres

On trouvera ci-dessous un exemple de séquences d'utilisation du modèle Century pour un loam de Lethbridge (tchernoziom brun foncé d'orthite) dans l'écozone de déclaration des prairies semi-arides. On a effectué une passe du modèle à l'aide d'une combinaison de base de 10 ans de cultures reposant sur le *Recensement de l'agriculture* de 1996 et les données météorologiques de 1951 à 2001. On a procédé à des simulations du COS avec le modèle CENTURY en remplaçant les sept cultures annuelles par des cultures vivaces dans la combinaison de base. Dans un essai distinct, quatre années de TI dans la combinaison de base ont été remplacées par la CSL (Figure A3-15). L'étape suivante consiste à calculer la fonction $\Delta C_{\text{CAT}}(t)$ en soustrayant les valeurs simulées de COS pour la combinaison de base de celles imposées par le CAT (Équation A3-39). Enfin, on calcule la valeur de $\Delta C_{\text{CAT}}(t)$ qui correspond à la proportion de la superficie soumise au système cultural

Figure A3-15 Carbone organique du sol (COS) pour une combinaison de cultures de base et le remplacement de cultures annuelles (blé) par une culture vivace (luzerne) et le remplacement du travail intensif (TI) par une culture sans labour (CSL), en fonction de passes du modèle CENTURY pour un loam à Lethbridge

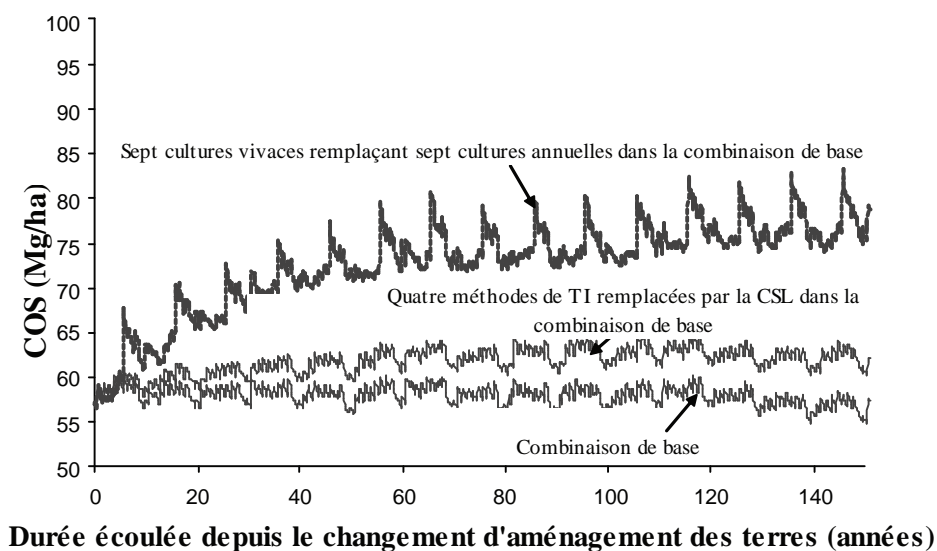
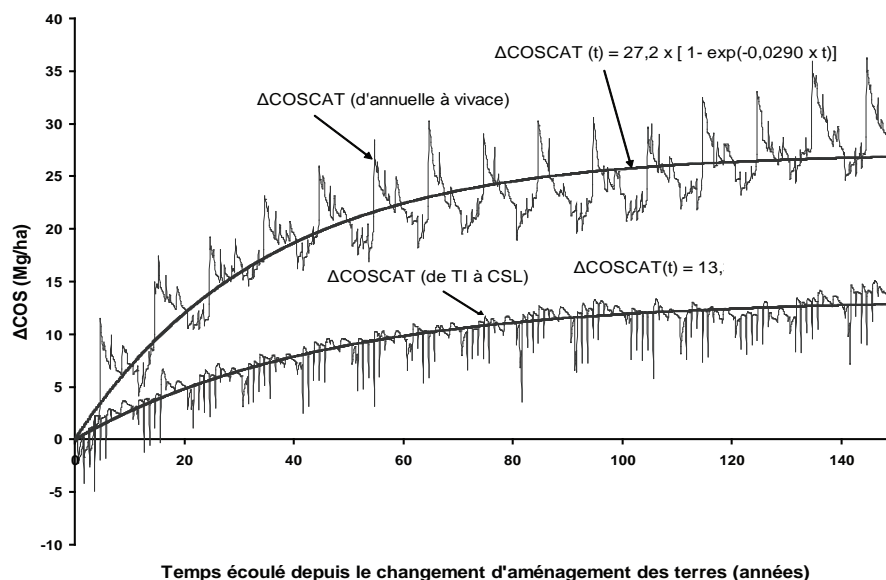


Figure A3–16 Fluctuations du COS dans le cadre de simulations avec remplacements par rapport à des simulations sur la combinaison de cultures de base



divisée par p_{CAT} (Équation A3–40); la Figure A3–16 illustre la série chronologique de ΔC_{CAT} . Dans ce cas particulier, les valeurs respectives de p_{CAT} pour la transition du TI à la CSL et l’ajout des cultures vivaces ont été de 4/10 et de 7/10.

Comme on croit que la dynamique du COS est régie par une cinétique de premier ordre, les fluctuations du C peuvent s’exprimer comme suit :

Équation A3–41:

$$\Delta C_{LMC}(t) = \Delta C_{LMCmax} \times [1 - \exp^{-k \times t}]$$

où :

- ΔC_{CATmax} = variation maximale du COS induite par le CAT
- k = constante de taux
- t = année

Dans la pratique, les équations exponentielles sont rajustées statistiquement à l’aide d’un logiciel standard d’analyse statistique selon les méthodes des moindres carrés. La pente de l’équation exponentielle a des unités de Mg C/ha par an et représente la valeur instantanée des facteurs. Comme l’estimation est fondée sur des variations annuelles, l’équation utilisée pour l’estimation du facteur

de variation annuelle par rapport à l’année précédente (de l’an $t-1$ à l’an t) est :

Équation A3–42:

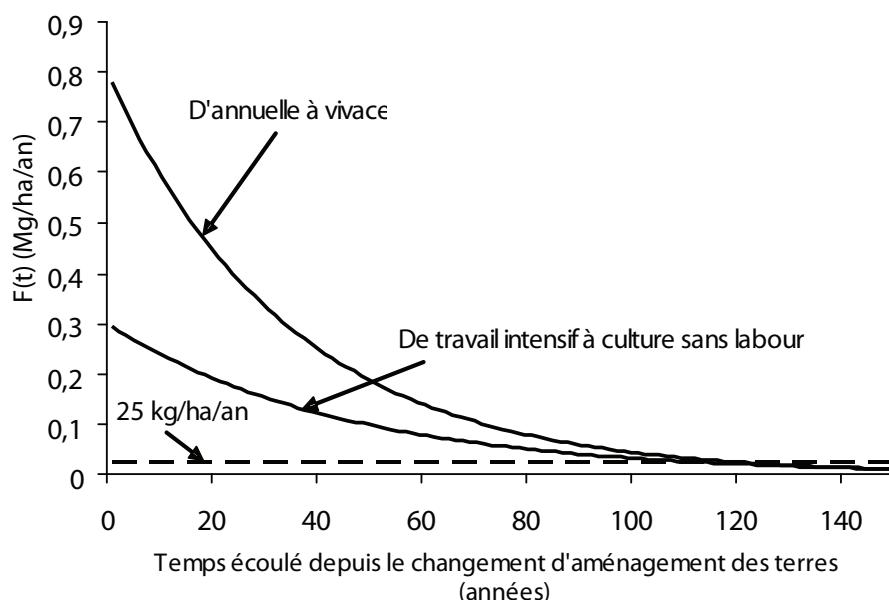
$$F_{CAT}(t) = \Delta C_{CATmax} \times [\exp^{-k \times (t-1)} - \exp^{-k \times t}]$$

Comme on ne parvient jamais à un état d’équilibre parfait, l’équation exponentielle doit théoriquement s’appliquer pour toujours. Dans la pratique toutefois, l’équation exponentielle a été tronquée lorsque la valeur $F_{CAT}(t)$ a chuté à 25 kg C/ha par an. Ce taux est inférieur à une limite de mesure pratique (Figure A3–17).

Estimation des valeurs moyennes de k et de ΔC_{CATmax} aux fins des calculs des coefficients pratiques

Les paramètres ΔC_{CATmax} et k ont été calculés pour la totalité des 11 602 échantillons de sol de la base de données SISCan. Ces échantillons de sol représentent un vaste éventail d’états initiaux du COS et de combinaisons de cultures de base et de volumes de remplacement. Les valeurs des paramètres ont été estimées pour chaque zone de déclaration comme étant la moyenne entre ces échantillons de sol, pondérée par la superficie agricole sur chaque échantillon (tableau A-7). On a utilisé la moyenne géométrique

Figure A3-17 F(t) résultant de l'équation exponentielle



pour k , étant donné que sa distribution est désaxée vers la droite. Ces moyennes ont été calculées pour trois classes générales de textures du sol (sablonneux, loameux et argileux) et appliquées à chaque échantillon de sol en fonction de sa classe de texture. À l'occasion, des valeurs de k inférieures à 0 ou supérieures à 0,15 ont résulté de l'ajustement par rapport à la valeur ΔC_{CAT} ; les valeurs de k et de ΔC_{CATmax} résultant de ces rajustements ont été exclues des moyennes des zones de déclaration.

La dynamique des fluctuations du COS en fonction des changements de la jachère a fait l'objet de nombreuses études au Canada. C'est pourquoi, au lieu d'utiliser la valeur de ΔC_{CATmax} tirée des simulations du modèle Century, on a fixé la valeur de ΔC_{CATmax} de manière à ce que F soit de 0,15 Mg C/ha par an (Campbell *et al.*, 2005) à 20 ans selon une valeur p_{CAT} de 0,5 (par exemple, passage d'une proportion des superficies en jachère de 50 % à zéro). La valeur k a été établie à partir des simulations du modèle Century, comme nous l'avons vu ci-dessus.

En général, on peut s'attendre à ce que les déperditions de COS lors d'un CAT soient supérieures aux gains de COS lors d'un CAT inverse. Toutefois, cet effet dépend dans une large mesure de la quantité relative de COS au moment du CAT. Pour le moment, par souci de transparence et de simplicité, comme il est impossible de documenter le niveau de COS correspondant à chaque CAT, on tient pour acquis

que les coefficients sont réversibles. Or, la réversibilité présume que l'effet d'un CAT sur le COS dans un sens est exactement l'inverse de l'effet du changement de pratique sur le COS dans le sens opposé.

Validation des coefficients associés au carbone au sol

On a comparé les coefficients d'évolution du COS applicables aux CAT utilisés dans l'inventaire aux coefficients empiriques que donnent VandenBygaert *et al.* (2008). Cette comparaison a révélé que les données empiriques comparant les fluctuations du COS entre le TI et la CSL étaient très variables, notamment pour l'est du Canada. Néanmoins, les facteurs modélisés demeuraient dans la fourchette dérivée des données empiriques. Le coefficient TI-CSL moyen des expériences menées dans la région des Prairies subhumides était plus de quatre fois supérieur à celui des Prairies semi-arides. Le coefficient moyen dérivé du modèle Century pour la région des Prairies semi-arides était sensiblement le même que celui tiré des expériences sur le terrain. Toutefois, le coefficient TI-CSL dérivé du modèle Century pour la zone de déclaration des Prairies subhumides était inférieur d'environ 30 % au coefficient dérivé des expériences sur le terrain.

Si on considère le passage de cultures annuelles aux cultures vivaces, le coefficient empirique moyen était de 0,59 Mg C/ha par an, ce qui se compare favorablement à

Tableau A3-35 Valeurs généralisées des paramètres relatifs à $F_{CAT}(t) = \Delta C_{CATmax} \times [1 - \exp^{-(k \times t)}]$ pour prévoir les fluctuations résultant du changement d'affectation des terres (CAT) et les coefficients linéaires efficaces de fluctuation du COS

Zone ¹	CAT ²	ΔC_{CATmax} (Mg/ha)	Dernière année d'effet d'après le CAT ³	Coefficient linéaire moyen annuel de durée de l'effet du CAT (Mg/ha par an)	Coefficient linéaire moyen annuel pour les 20 premières années après le CAT (Mg/ha par an)	
		<i>k/an</i>				
Est de l'Atlantique	TI à CSL	0,0216	3,5	52	0,05	0,06
	TI à TRS	0,0251	2,4	36	0,04	0,05
	TRS à CSL	0,0233	1,1	1	0,03	0,00
	Diminution des jachères	0,0305	13,1	91	0,14	0,30
	Augmentation des vivaces	0,0217	43,4	167	0,25	0,77
Centre-Est	TI à CSL	0,0250	5,0	65	0,06	0,10
	TI à TRS	0,0261	1,9	25	0,04	0,04
	TRS à CSL	0,0255	3,2	46	0,05	0,06
	Diminution des jachères	0,0305	13,1	91	0,14	0,30
	Augmentation des vivaces	0,0247	38,2	147	0,25	0,74
Forêts-parcs	TI à CSL	0,0286	6,5	70	0,08	0,14
	TI à TRS	0,0242	2,8	41	0,04	0,05
	TRS à CSL	0,0263	3,7	51	0,05	0,07
	Diminution des jachères	0,0305	13,1	91	0,14	0,30
	Augmentation des vivaces	0,0233	29,4	142	0,20	0,55
Prairies semi-arides	TI à CSL	0,0261	4,9	63	0,06	0,10
	TI à TRS	0,0188	2,3	30	0,03	0,04
	TRS à CSL	0,0222	2,5	37	0,04	0,05
	Diminution des jachères	0,0305	13,1	91	0,14	0,30
	Augmentation des vivaces	0,0281	26,1	120	0,21	0,56
Ouest	TI à CSL	0,0122	4,8	69	0,04	0,05
	TI à TRS	0,0116	0,8	0	0,00	0,00
	TRS à CSL	0,0119	3,9	53	0,03	0,04
	Diminution des jachères	0,0305	13,1	91	0,14	0,30
	Augmentation des vivaces	0,0155	34,4	198	0,17	0,46

Notes :

1. Résumé pondéré par zone : « Est de l'Atlantique » est la zone de déclaration maritime de l'Atlantique plus la zone de déclaration du bouclier boréal à Terre-Neuve-et-Labrador; « Centre-Est » est la zone de déclaration des plaines de forêts mixtes plus la section Est de la zone de déclaration du bouclier boréal en Ontario et au Québec; « Forêts-parcs » désigne les zones des Prairies subhumides, du Bouclier boréal-ouest et des plaines boréales plus les régions des zones de la cordillère montagnarde où des activités agricoles sont attenantes aux activités agricoles dans le reste de la zone des forêts-parcs; enfin, « Ouest » désigne la zone maritime du Pacifique plus la cordillère montagnarde, à l'exception de la portion de cette dernière comprise dans la zone des forêts-parcs décrite ci-dessus.

2. Pour les changements d'aménagement des terres dans le sens opposé à celui qui est énuméré, la valeur F_{CATmax} est l'inverse additif de la valeur indiquée.

3. Aucune autre fluctuation de C dès lors que la valeur absolue du taux de fluctuation n'est inférieure à 25 kg C/ha par an.

la fourchette de 0,46 à 0,56 M COS/ha par an des facteurs modélisés dans les zones pédologiques de l'Ouest canadien. Dans l'est du pays, il n'existait que deux facteurs de fluctuation empiriques, mais ils semblaient correspondre aux valeurs modélisées (valeurs empiriques : 0,60-1,07 M COS/ha par an; valeurs modélisées : 0,74-0,77 M C/ha par an).

Pour ce qui est de la conversion de l'alternance culture-jachère à la culture continue, le taux de stockage du C (0,33 Mg/ha par an) dépassait le double du taux moyen de $0,15 \pm 0,06$ Mg/ha par an dérivé de deux études documentaires indépendantes. Cet écart justifie la décision d'utiliser des facteurs empiriques pour évaluer les fluctuations de la jachère d'été dans l'inventaire.

Estimation des changements des stocks de carbone du sol

Les fluctuations du carbone du sol résultant d'un CAT ont été déclarées pour la période 1990-2008. Compte tenu de l'effet de la diminution des CAT avec le temps, une année ou une période où le changement est censé être survenu est attribuée à chaque CAT. Le coefficient de variation du C a été multiplié par la superficie sujette à un CAT. La somme de la valeur résultante pour chaque composante du sol donne une estimation des changements de COS pour le polygone PPC. Il s'agit de la plus petite unité géoréférencée des stocks de carbone organique des sols et des variations des stocks de carbone, la comptabilisation reposant sur une méthode de niveau 2 du GIEC comme suit :

Équation A3-43:

$$\Delta C_{\text{CAT}} = \sum_{1951-2008} \sum_{\text{TOUSPPC}} (\Delta C_{\text{TRAVAIL}} + \Delta C_J + \Delta C_{\text{CULTURE}})$$

où :

ΔC_{CAT}	=	changement des stocks de COS attribuable au CAT d'une année donnée depuis 1951
$\Delta C_{\text{TRAVAIL}}$	=	changement des stocks de COS attribuable à un changement des méthodes de travail du sol dans chaque PPC, étant donné que chaque pratique de travail change
ΔC_J	=	changement des stocks de COS attribuable au changement des jachères dans chaque PPC
$\Delta C_{\text{CULTURE}}$	=	changement des stocks de carbone attribuable au changement des cultures annuelles et vivaces dans chaque PPC

La Figure A3-18 illustre la méthode de comptabilisation du C.

Sources de données

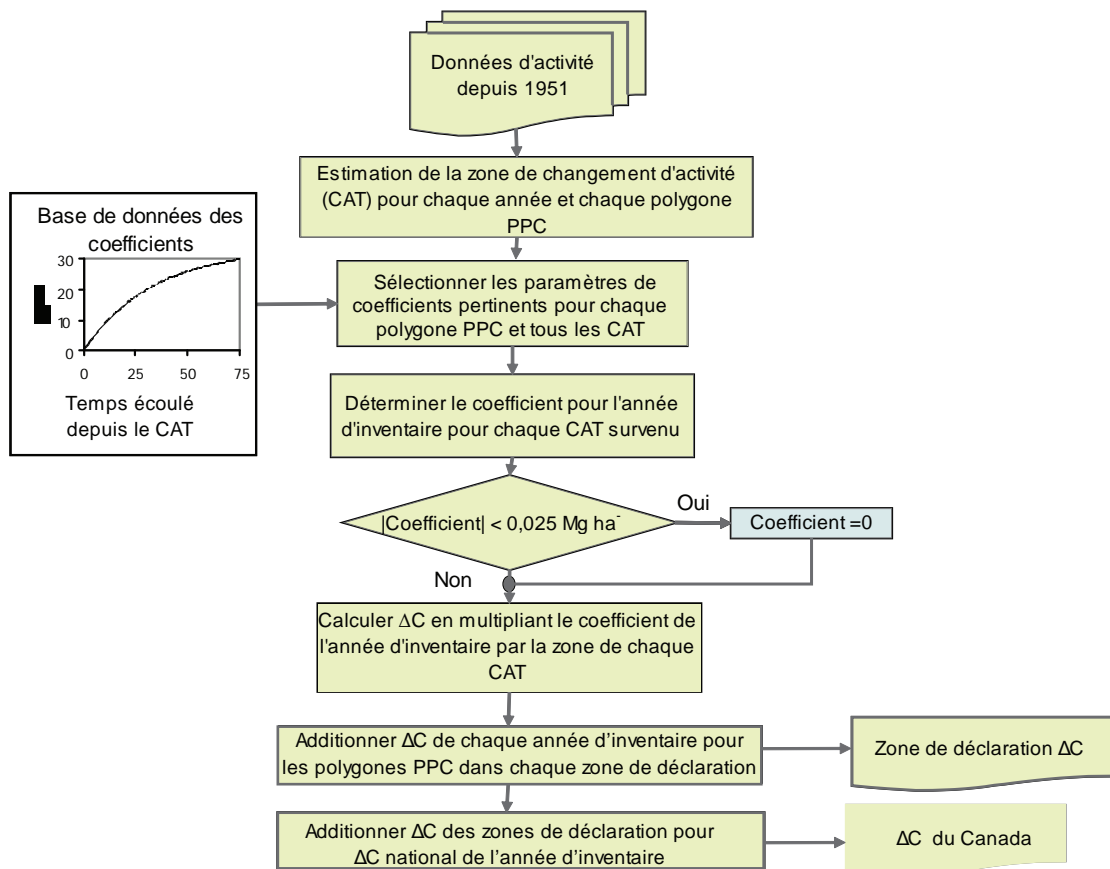
Pour estimer les fluctuations des stocks de carbone, on utilise les coefficients de C et une série chronologique de données de gestion des terres tirée du *Recensement de l'agriculture*. Deux types de données servent à calculer les coefficients de carbone (modélisation) et à établir les estimations réelles des changements des stocks de C. Parmi les données qui servent essentiellement à la modélisation des coefficients de C figurent les PPC, les systèmes de culture et de labour tirés des données du Recensement de l'agriculture ainsi que le rendement des cultures, les données climatologiques et les données sur les activités provenant d'autres relevés et bases de données.

Informations sur les terres et activités

Les pédo-paysages du Canada (PPC) sont une base de données spatiales nationale qui décrit les types de sols associés à la topographie et présentés comme polygones à une échelle voulue de représentation de 1:1 million¹⁴. La version 3.0 des PPC a été retenue pour le secteur ATCATF parce que tous les polygones des PPC sont « emboîtés »

14 Disponible sur Internet à l'adresse <http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/slc/v1/intro.html>.

Figure A3-18 Méthode d'utilisation des coefficients de changement d'aménagement des terres pour estimer la variation du carbone sur de grandes superficies



dans le Cadre écologique national pour le Canada de 1995, ce qui permet d'augmenter ou de réduire l'échelle des données et des estimations selon les besoins.

Dans toutes les provinces situées dans la région agricole du Canada, on a utilisé les données détaillées des relevés pédologiques, à des échelles de carte supérieures à 1:1 million, pour délimiter les polygones des PPC et constituer les fichiers des bases de données connexes. Les fichiers de composante, de nom de sol et de couche de sol des PPC ont fourni des données d'entrée spécifiques telles que la teneur en C du sol, la texture du sol, le pH, la densité apparente et les propriétés hydrauliques du sol, requises pour modéliser les coefficients de C avec le modèle CENTURY. Les polygones des PPC sont le fondement spatial qui permet d'attribuer des pratiques d'aménagement des terres, comme les pratiques de travail du sol ou les systèmes culturaux provenant du *Recensement de l'agriculture*, ou encore la conversion de terres forestières et de prairies en terres cultivées, à des coefficients de C modélisés.

Unités analytiques

On dénombre 3 264 polygones des PPC où sont menées des activités agricoles. Étant donné que les polygones des PPC comportent plusieurs éléments des pédo-paysages, la résolution spatiale la plus fine pour l'analyse des activités agricoles est constituée par 11 602 combinaisons uniques de composantes du sol dans les polygones des PPC. Ces combinaisons uniques représentent les unités analytiques de base. L'emplacement des composantes de gestion des terres et des sols n'est pas spatialement explicite, mais renvoie plutôt spatialement aux polygones des PPC.

On a élaboré une procédure permettant d'attribuer les activités agricoles aux PPC en tenant compte du caractère approprié de chacune des composantes d'un polygone de sol. Les composantes des sols ont différentes propriétés intrinsèques qui les rendent plus ou moins susceptibles d'avoir différents types d'activités agricoles. Chaque composante d'un sol dans le fichier des attributs des PPC a une cote de probabilité élevée, modérée ou faible de porter

des cultures agricoles annuelles. Les cultures agricoles annuelles sont liées à ces composantes avec une cote de probabilité élevée. En cas de superficie insuffisante assortie d'une cote élevée de probabilité de porter des cultures agricoles annuelles pour la superficie des cultures annuelles, les cultures agricoles annuelles restantes ont été liées aux composantes présentant une probabilité modérée de porter des cultures agricoles annuelles et, au besoin, à des composantes assorties d'une cote faible. Après avoir lié la superficie des cultures agricoles annuelles, on a lié la superficie plantée de plantes fourragères pérennes et de pâturages ensemencés aux composantes résiduelles de la même façon, en commençant par les composantes les plus susceptibles de porter des cultures annuelles et en terminant par les moins susceptibles de porter des cultures.

Rendement des cultures

Le rendement des cultures au niveau des écodistricts a été calculé à partir des sondages annuels menés par Statistique Canada auprès d'un maximum de 31 000 agriculteurs, stratifiés par région, afin d'établir des estimations de la superficie, du rendement, de la production et des stocks des principaux produits de grande culture cultivés au Canada. Statistique Canada publie huit documents, à des moments stratégiques de la campagne agricole; le premier rapport sectoriel contient les intentions de plantation des producteurs, alors que les estimations de juin sont établies après qu'on ait terminé la majeure partie de l'ensemencement. Les rendements et les niveaux de production par province sont estimés à deux reprises, selon les attentes à la fin de la récolte, alors que l'estimation du mois de novembre est publiée après la récolte. Les données, diffusées au niveau des régions agricoles du Recensement, font état des rendements des cultures d'environ 70 unités spatiales au pays. Les limites des régions agricoles du Recensement recourent les limites des PPC dans un SIG, et on attribue une valeur de rendement de chaque culture dans chaque polygone des sols en fonction d'une proportion majoritaire. Les données qui ont servi à la comptabilisation englobent les données sur le rendement de 1975 à 2008 pour le blé, l'orge, l'avoine, le maïs, le soja, les pommes de terre et le canola. Ces rendements ont servi à étalonner le sous-modèle de croissance des cultures Century.

Données climatiques

On dénombre 958 stations météorologiques dans la base de données météorologiques archivées d'AAC. Pour modé-

liser les coefficients de C, On a utilisé les normales à long terme des températures mensuelles maximales et minimales (en °C) et des précipitations (en mm) de 1951 à 2001 dans chaque écodistrict. Les données météorologiques archivées d'AAC ont été fournies par le Service météorologique du Canada d'Environnement Canada.

Recensement de l'agriculture

La comptabilisation des données sur les terres agricoles dont la vocation n'a pas changé se fonde principalement sur les données provenant du *Recensement de l'agriculture*¹⁵. Le plus petit secteur pour lequel Statistique Canada est prêt à divulguer des données à l'extérieur, pour des raisons de confidentialité, est le secteur de diffusion/dénombrement (environ 52 000 au Canada). Agriculture et Agroalimentaire Canada a reconfiguré les données du Recensement relatives à 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006 des secteurs de diffusion en polygones des PPC (et en unités d'écostratification de niveau supérieur) à l'aide d'une procédure qui prévoit des recouvrements géographiques des fichiers des limites pertinentes.

Les données sur les pratiques de travail du sol sont extraites du Recensement selon les catégories suivantes : i) TI - travail qui incorpore la majeure partie des débris végétaux dans le sol; ii) TRS - travail qui maintient la majeure partie des débris végétaux à la surface du sol; iii) CSL - culture sans labour ou semis direct. Pour ce qui est des jachères, les catégories sont les suivantes : i) CSL - superficie sur laquelle on a utilisé seulement des produits chimiques pour lutter contre les mauvaises herbes; ii) TI - superficie sur laquelle on a uniquement travaillé le sol; iii) TRS - superficie sur laquelle on a utilisé une combinaison de travail et de produits chimiques. Les données du Recensement présentent deux limites relatives aux pratiques de travail du sol qui se sont soldées par des incertitudes : i) les données de Statistique Canada et les avis d'experts révèlent que les composantes de conservation sont généralement sous-estimées; ii) les distributions du travail du sol telles qu'elles sont déclarées pour une région doivent être appliquées de manière égale à toutes les cultures au sein de cette région.

Degré d'incertitude

Pour dériver des degrés d'incertitude associés à

15 Statistique Canada recueille des données et publie le Recensement de l'agriculture tous les cinq ans. La dernière publication date de 2006 (Recensement de l'agriculture de 2006, no 95-629 au catalogue). Disponible sur Internet à l'adresse : <http://www.statcan.gc.ca/ca-ra2006/index-fra.htm>.

l'estimation des émissions ou des absorptions de CO₂, il faut d'abord estimer l'incertitude reliée à la superficie des CAT et aux coefficients de C correspondant aux changements d'aménagement des terres entre la jachère, le travail du sol et les cultures annuelles et vivaces (McConkey *et al.*, 2007b).

On a déterminé le degré de l'incertitude relative à la superficie du changement à l'échelle des écodistricts (un niveau d'agrégation spatiale au-dessus du PPC). La superficie moyenne de terres agricoles par écodistrict est d'environ 140 kha, ce qui est assez pour qu'on puisse considérer la superficie de chaque pratique d'aménagement indépendamment de la superficie de la même pratique dans les autres écodistricts, y compris les écodistricts attenants. On suppose que les erreurs dans la superficie des pratiques d'aménagement de chaque écodistrict représentent une incertitude inhérente, aucunement touchée par le degré d'incertitude associé à la même pratique dans les autres écodistricts. En outre, chaque écodistrict est assez vaste pour qu'on puisse présumer que la déclaration d'une activité nulle signifie que cette activité n'a pas cours dans l'écodistrict. En conséquence, le degré d'incertitude relative à la superficie peut être considéré relativement plus fiable pour un écodistrict que pour un polygone de PPC.

Le degré d'incertitude de la superficie sujette à une pratique d'aménagement à un moment précis pour un écodistrict moyen est fondé sur la proportion relative de la superficie sujette à cette pratique d'aménagement, comparativement à la superficie totale des terres agricoles de cet écodistrict. L'incertitude relative de la superficie d'une pratique de gestion (exprimée comme l'écart type d'une population supposée normale) a baissé, passant de 10 % à 1,25 % de la superficie à mesure qu'augmentait la superficie relative de cette pratique¹⁶.

Les hypothèses relatives aux degrés d'incertitude associés aux coefficients de fluctuation du C pour les terres en jachère, en travail du sol et en cultures annuelles et vivaces ont deux sources d'influence principales : 1) l'incertitude des processus associée aux changements du C, attribuable à l'inexactitude des prédictions relatives aux changements du C, même si la situation de la pratique d'aménagement était définie à la perfection; 2) l'incertitude situationnelle associée aux changements du C, attribuable à la variation de la situation de la pratique d'aménagement.

L'incertitude des processus comprend l'effet du degré d'incertitude du modèle, lequel englobe l'incertitude des prédictions du modèle découlant de paramètres incertains et celle qui découle d'une représentation inexacte ou incomplète de tous les processus pertinents par le modèle. Lorsqu'on utilise des données empiriques, l'incertitude des processus peut découler de carences dans les techniques de mesure, d'erreurs d'analyse, de la piètre représentativité des mesures et de composantes des variations du C non prises en compte. Pour estimer la marge d'erreur des processus, on s'est servi de l'écart par rapport aux variations du C mesurées dans le cadre d'expériences contrôlées. On présume que cet écart représente le degré d'incertitude inhérent, même lorsque la situation est décrite avec précision. Les coefficients de mise à l'échelle associés à l'incertitude des processus pour le travail du sol et la jachère ont été dérivés pour le Canada des données de VandenBygaard *et al.* (2003).

L'incertitude situationnelle provient de l'incapacité à décrire précisément chaque situation. Elle comprend notamment l'effet des interactions avec les changements passés ou simultanés de l'utilisation ou de l'aménagement des terres, la variabilité des conditions météorologiques ou des propriétés du sol, la variabilité de l'aménagement des cultures et la continuité des changements d'affectation des terres. Les coefficients de mise à l'échelle associés à l'incertitude situationnelle pour les changements d'aménagement des terres en jachère, en travail du sol et en cultures annuelles et vivaces ont été estimés à partir de la variabilité observée des changements du C simulés dans le modèle CENTURY pour toutes les combinaisons composantes du sol - aménagement - climat de l'unité de conciliation. On a calculé les changements du C pour un grand nombre de combinaisons d'aménagements. On a également inclus un éventail de conditions météorologiques historiques par écodistrict aux simulations du modèle Century. L'incertitude situationnelle inclut aussi la variabilité additionnelle des facteurs régionaux introduits par l'imposition de la réversibilité des changements du C. Des coefficients de mise à l'échelle moyens du degré d'incertitude situationnelle ont été dérivés pour le Canada (McConkey *et al.*, 2007b).

Bien qu'on s'attende à une interaction entre l'incertitude de processus et l'incertitude situationnelle, étant donné la complexité des nombreuses interactions possibles entre les écarts attribuables à l'incertitude des processus et ceux attribuables à l'incertitude situationnelle, il est impossible de décrire leurs relations. On a donc supposé que l'écart

16 Huffman T. (Agriculture et Agroalimentaire Canada). 2006. Communication personnelles à B.G. McConkey (Agriculture et Agroalimentaire Canada).

total des variations du C correspond à la somme des écarts associés aux incertitudes des processus et situationnelle. On trouvera dans McConkey *et al.* (2007b) des renseignements détaillés sur la façon d'estimer l'incertitude. Le chapitre 7 donne les résultats de cette estimation.

Émissions de CO₂ attribuables à l'épandage de chaux agricole

Le calcaire (CaCO₃) et la dolomite (CaMg(CO₃)₂) sont souvent utilisés pour neutraliser les sols acides, accroître l'assimilabilité des éléments nutritifs du sol, en particulier le phosphore, réduire la toxicité des métaux lourds comme l'aluminium et améliorer le milieu de croissance des cultures. Durant le processus de neutralisation, du CO₂ est rejeté lors des réactions d'équilibre du bicarbonate qui ont lieu dans le sol.

Le taux de rejet varie selon l'état du sol et les types de produits que l'on épand. Dans la plupart des cas, on répète l'épandage à plusieurs reprises. Ainsi, pour les besoins de l'inventaire, on présume que le taux annuel d'ajout de chaux est pratiquement en état d'équilibre avec la consommation de chaux des années précédentes. Les émissions liées à l'épandage de chaux sont calculées à partir de la quantité et de la composition de la chaux épandue chaque année.

La quantité de C rejetée par l'épandage de calcaire est calculée au moyen de la méthode de niveau 1 par défaut du GIEC :

Équation A3-44:

$$C = \sum (A_i \times 12/100)$$

où:

A _i	=	consommation annuelle du calcaire dans la province i (Mg/an)
12/100	=	rapport entre le poids moléculaire du carbone et celui du calcaire

De même, la quantité de C rejetée à la suite de l'épandage de dolomite est calculée de la manière suivante :

Équation A3-45:

$$C = \sum (A_i \times 24/184,3)$$

où:

A _i	=	consommation annuelle de chaux dolomitique dans la province i (Mg/an)
24/184,3	=	rapport entre le poids moléculaire de 2C et celui de la dolomite

Il n'existe pas de source unique de données sur l'épandage de chaux sur les sols agricoles. La quantité de chaux utilisée dans l'agriculture n'est pas une donnée que recueille Statistique Canada. Les données sur l'utilisation de chaux ont été fournies par les associations de producteurs d'engrais de l'Ouest du Canada, de l'Atlantique, de l'Ontario et du Québec.

Degré d'incertitude

L'incertitude (intervalle de confiance de 95 %) associée aux données sur la consommation annuelle de chaux a été estimée à ±50 %¹⁷. On a supposé que ce degré d'incertitude comprenait l'incertitude des ventes de chaux, l'incertitude de la proportion entre chaux dolomitique et chaux calcitique, l'incertitude quant au moment où la chaux vendue est réellement épandue et l'incertitude quant au moment des émissions découlant de l'épandage de la chaux. On n'a pas tenu compte de l'incertitude du coefficient d'émission parce que la conversion chimique est supposée être finie et on a utilisé la valeur maximale de ce coefficient.

Émissions et absorptions de CO₂ imputables à la biomasse ligneuse

Les vignobles, les vergers à fruits et les plantations d'arbres de Noël font l'objet d'un aménagement intensif afin d'assurer leur rendement soutenu. Les plants de vigne sont taillés chaque année, ne laissant que le tronc et les tiges âgées d'un an. De même, les arbres fruitiers sont taillés chaque année pour préserver la forme et la taille voulues du couvert. Les vieux plants font l'objet de remplacement par rotation pour empêcher les maladies, améliorer les sujets ou introduire de nouvelles variétés. En général, les arbres de Noël sont récoltés vers l'âge de 10 ans. Pour ces

¹⁷ B.G. McConkey (Agriculture et Agroalimentaire Canada), communication personnelle à Chang Liang (Environnement Canada), 2007.

trois récoltes, en raison des pratiques de rotation et des impératifs de rendement soutenu, on a présumé que la répartition des classes d'âge dans les exploitations était généralement uniforme. C'est pourquoi il ne devrait pas y avoir de hausse ou de baisse nettes du C de la biomasse dans les exploitations existantes, car le C perdu à l'occasion de la récolte ou du remplacement des arbres est équilibré par les gains attribuables à la croissance des nouveaux végétaux. La méthode s'est donc limitée à déceler les changements survenus dans les superficies des vignobles, des vergers à fruits ou des plantations d'arbres de Noël et à estimer les variations des stocks de C correspondantes dans la biomasse totale.

Aucune étude n'a été réalisée au Canada sur la dynamique du C aérien ou souterrain dans les vignobles ou les vergers à fruits. Toutefois, on peut estimer que les résultats d'autres études sont valables dans la mesure où les variétés, les techniques de production et même les porte-greffes sont souvent les mêmes. On utilise la littérature canadienne sur les plantations d'arbres de Noël dans la mesure du possible.

D'après les travaux de Mailvaganam (2002), on a présumé qu'en moyenne, les plants de vigne étaient remplacés à l'âge de 28 ans et que l'âge moyen d'un plant de vigne était donc de 14 ans. En raison de la taille intensive, la biomasse des pousses et des feuilles est fixée à la valeur constante de 4 Mg/ha, alors que les taux linéaires d'accumulation de biomasse aérienne et souterraine dans les troncs et les racines sont respectivement de 0,4 et de 0,3 Mg/ha par an (Nendel et Kersebaum, 2004). Ces taux ont été convertis en valeurs du C en utilisant une teneur de la biomasse en C de 50 %. En cas de diminution de la superficie d'un vignoble, on présume une déperdition instantanée de 6,9 Mg C/ha, ce qui équivaut à la biomasse sur pied moyenne de plants de vigne âgés de 14 ans (McConkey *et al.*, 2007a).

À cause de différences de densité de plantation, la biomasse moyenne d'un arbre adulte varie de 18 kg pour un pommier à 72 kg pour un pêcher. Par contre, la fourchette de biomasse sur pied par unité de superficie est plus étroite, les valeurs oscillant entre 36 et 40 Mg/ha (McConkey *et al.*, 2007a). Cette similitude n'a rien d'étonnant étant donné que, quelles que soient la taille des arbres et la densité de plantation, la forme et le couvert des arbres sont modifiés de manière à maximiser la photosynthèse nette par superficie. On a calculé le taux annuel de piégeage du C sur une période de croissance de 12 ans, ce qui a donné

1,6 Mg C/ha par an. Le même taux, multiplié par un rapport système racinaire/système foliacé de 0,40 (Bartelink, 1998), a été utilisé pour estimer le taux de piégeage du C dans la biomasse souterraine. On a présumé que, dans les nouveaux vergers, les arbres accumulent de la biomasse à un taux linéaire pendant 10 ans (l'âge moyen des arbres d'une plantation). La déperdition instantanée de C lors d'une diminution des vergers équivaut à 50 % de la biomasse totale d'un arbre âgé de 10 ans (22,4 Mg C/ha).

En général, les arbres de Noël sont commercialisés à l'âge d'environ 10 ans (McConkey *et al.*, 2007a). Le bois représente environ 70 % de la biomasse d'un arbre de Noël, et le bois vert a un taux d'humidité de 60 à 80 %. Avec un espacement type et une masse marchande prévue de 10 kg, une plantation d'arbres marchands a une densité de biomasse aérienne de 17,1 Mg/ha. Avec un rapport système racinaire/système foliacé de 0,3 (Bartelink, 1998; Litton *et al.*, 2003; Xiao et Ceulemans, 2004), le C total de la biomasse d'une plantation d'arbres marchands est donc estimé à 11,1 Mg C/ha. Le piégeage du carbone dans la biomasse de nouvelles plantations d'arbres de Noël est calculé pour cinq ans à des taux de 0,85 et 0,26 Mg C/ha respectivement pour la biomasse aérienne et la biomasse souterraine. Une diminution de la superficie de plantation provoque la déperdition immédiate de 5,6 Mg C/ha.

Degré d'incertitude

Les plants qui poussent mal sont régulièrement enlevés et remplacés. Souvent, les arbres fruitiers et les vignes sont irrigués afin de maintenir la croissance désirée au cours des périodes de sécheresse. En conséquence, la variabilité des changements des stocks de C devrait être moindre que pour les autres activités agricoles.

En ce qui concerne la perte de superficie, on présume que tout le C de la biomasse ligneuse est émis immédiatement. Comme il n'existe aucune donnée particulière au Canada sur cette incertitude, on a utilisé le degré d'incertitude par défaut de ± 75 % pour la biomasse ligneuse sur les terres cultivées, tiré des Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (GIEC, 2003). Si on estime que la perte de superficie d'arbres fruitiers, de vignes ou d'arbres de Noël s'est faite au profit de cultures annuelles, on présume également une certaine conversion des cultures vivaces au profit des cultures annuelles, associée à son propre degré d'incertitude quant aux variations du C, lequel contribue à l'incertitude

globale des variations du C pour une zone de déclaration donnée.

Travail des sols organiques

Le travail des histosols pour les cultures agricoles annuelles comprend généralement des opérations de drainage, de labour et de fertilisation. Toutes ces pratiques ont pour effet d'accélérer la décomposition du COS et par conséquent de rejeter du CO₂ dans l'atmosphère.

Méthodologie

La méthode de niveau 1 du GIEC repose sur le taux de carbone rejeté par unité de superficie :

Équation A3-46:

$$C = \sum (A_i \times CE)$$

where:

A _i	=	superficie de sols organiques travaillés pour les cultures agricoles annuelles dans la province i, en ha
CE	=	coefficient d'émission de carbone, en Mg de C perdu/ha par an. On a utilisé un CE par défaut de 5,0 Mg C/ha par an (GIEC, 2006).

Sources de données

Les superficies d'histosols travaillés à l'échelle provinciale ne sont pas comprises dans le Recensement de l'agriculture. Faute de ces données, on a consulté de nombreux spécialistes des sols et des cultures du Canada. D'après ces consultations, on estime la superficie totale de sols organiques travaillés au Canada à 16 kha (Liang *et al.*, 2004)

Degré d'incertitude

Le degré d'incertitude associé aux émissions de cette source provient des incertitudes liées aux estimations de la superficie pour les histosols cultivés ainsi qu'au coefficient d'émission. On évalue la limite de confiance à 95 % associée à l'estimation de la superficie des histosols cultivés à ±50 % (Hutchinson *et al.*, 2007). La limite de confiance à 95 % du coefficient d'émission proposée dans les recommandations du GIEC (GIEC, 2006) est de ±90 %.

A3.4.3.2. Prairies converties en terres cultivées

La conversion de prairies indigènes en terres cultivées entraîne généralement des déperditions de COS et d'azote organique du sol, ce qui a pour effet de rejeter du CO₂ et du N₂O dans l'atmosphère.

Un certain nombre d'études sur les changements du COS et de l'azote organique du sol dans les prairies converties en terres cultivées ont été menées dans les zones de sol brun, brun foncé et noir des Prairies du Canada; McConkey *et al.* (2007a) en résumant les résultats.

Déperditions de carbone organique du sol

D'après les observations de terrain, la déperdition moyenne de COS s'établit à 22 % (McConkey *et al.*, 2007a). Bon nombre des études comportaient des comparaisons dans les 30 ans suivant la mise en culture, alors que d'autres étaient réalisées 70 ans ou plus après la mise en culture. Étant donné que beaucoup de ces études ne précisaient pas le délai écoulé depuis la mise en culture, on présume qu'une déperdition de 22 % du COS correspond à un intervalle d'environ 50 à 60 ans après la mise en culture.

Le modèle CENTURY (version 4.0) est utilisé pour estimer la dynamique du COS résultant de la conversion des prairies en terres cultivées pour les tchernoziomes bruns et brun foncé (figure A-16). Peu après la mise en culture, on constate une augmentation de la matière organique du sol, étant donné que la biomasse souterraine des herbes fait maintenant partie du COS. Au bout de quelques années, le COS baisse en deçà de la quantité de COS qui existait dans les conditions de prairie. Le taux de diminution du COS ralentit progressivement avec le temps. Si l'on ne tient pas compte de l'augmentation initiale du COS attribuable au C qui est ajouté par les racines mortes depuis peu, cette dynamique du COS est décrite par l'équation suivante :

Équation A3–47:

$$\Delta C(t) = \Delta C_{B_{\max}} \times [1 - \exp^{(-k \times [t - t_{\text{lag}}])}]$$

où :

- $\Delta C(t)$ = variation du COS pour la $t^{\text{ième}}$ année après la conversion, en Mg C/ha
- $\Delta C_{B_{\max}}$ = le changement ultime maximal du COS des prairies à la terre cultivée, MgC/ha
- k = vitesse constante qui décrit la décomposition
- t = temps écoulé depuis la mise en culture des prairies, en années
- t_{lag} = temps écoulé avant que le ΔC ne devienne négatif, en années

Si on suppose que la perte de 22 % survenue environ 50 à 60 ans après la mise en culture initiale représente la perte totale, la valeur de $\Delta C_{B_{\max}}$ s'établit alors à $0,22/(1-0,22) = 28\%$ du COS stabilisé sous des conditions de culture. Étant donné l'incertitude de la dynamique réelle, on n'a présumé qu'il n'y avait eu aucun décalage dans la déperdi-

tion de COS depuis la mise en culture des prairies jusqu'au déclin immédiat suivant la mise en culture. Compte tenu de ces hypothèses, l'équation générale qui permet de prédire la déperdition de COS à partir de la mise en culture des prairies devient la suivante :

Équation A3–48:

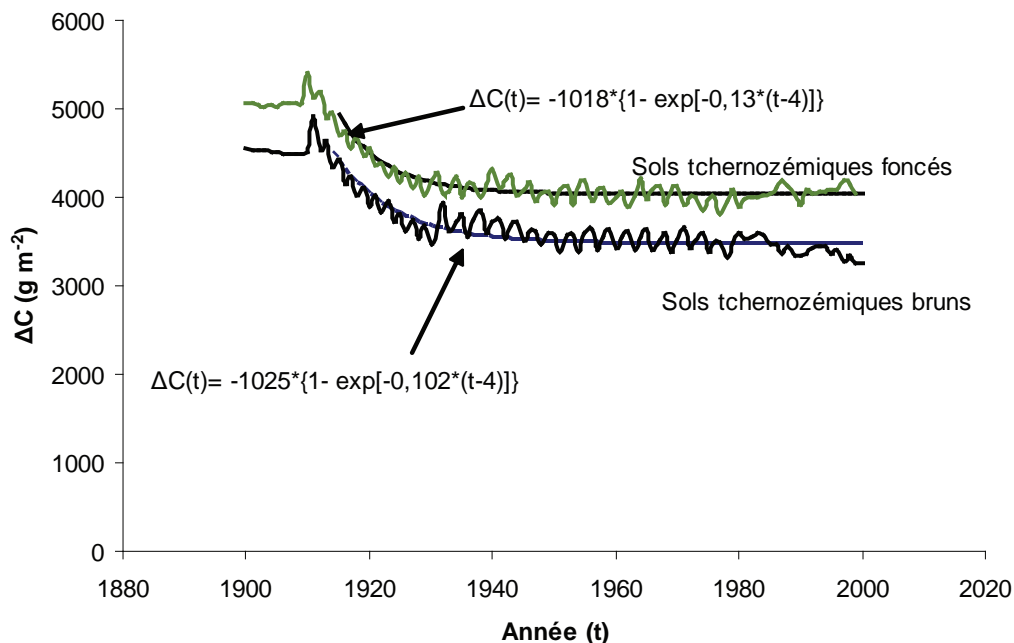
$$\Delta C(t) = 0,28 \times \text{SOC}_{\text{agric}} \times [1 - \exp^{(-0,12 \times t)}]$$

où :

- $\Delta C(t)$ = variation du COS pour la $t^{\text{ième}}$ année après la conversion, en Mg C/ha
- t = temps écoulé depuis la mise en culture, en années
- $\text{COS}_{\text{agric}}$ = COS de 0 à 30 cm, tiré de la Base de données nationales sur les sols de SISCan pour le profil pédologique des terres agricoles (catégorie des terres cultivées), en Mg C/ha

C'est ainsi que les déperditions totales de COS dans les prairies converties en terres cultivées ont été calculées à l'aide de la méthode de niveau 2 du GIEC :

Figure A3–19 Dynamique du COS simulée sur un siècle après la conversion de prairies en terres agricoles pour des sols tchernozyémiques bruns (rose) et foncés (noir)



Équation A3-49:

$$\Delta C_{GL - CL} = \sum_{1951-2008} \sum_{ALL} \sum_{SLC} \sum_t (\Delta C_t \times AREA_{GL - CL})$$

où :

ΔC_{PR-TC}	=	dépense de COS attribuables à la conversion des prairies en terres cultivées de 1951 à 2008, en Mg C
TOUSPPC	=	tous les polygones du sol qui contiennent des prairies
t	=	temps qui s'est écoulé depuis la conversion de la prairie, en années
ΔC_t	=	variation du COS pour la t ^{ième} année après la conversion, en Mg C/ha
AIRE _{PR-TC}	=	superficie des prairies converties en terres cultivées, en ha

Dépense de l'azote organique du sol et émissions de N₂O

On estime que la variation de la concentration en azote organique du sol correspond à une proportion fixe des pertes de carbone. Lorsqu'on décelait à la fois des fluctuations de l'azote organique du sol et du COS, on a déterminé que la fluctuation moyenne de l'azote organique du sol était de 0,06 kg N perdu/kg C (McConkey *et al.*, 2007a). Ainsi, les émissions de N₂O dans les prairies converties en terres cultivées ont été calculées au moyen de la méthode de niveau 2 du GIEC :

Équation A3-50:

$$N_2O_{PR-TC} = \sum_{1951-2008} \sum_{TOUSPPC} \sum_t (\Delta C_t \times AIRE_{PR-TC} \times 0,06 \times CE_{BASE}) \times \frac{44}{28}$$

où:

N_2O_{PR-TC}	=	émissions de N ₂ O attribuables à la conversion des prairies en terres cultivées depuis 1998, en kt
TOUSPPC	=	tous les polygones du sol qui contiennent des prairies
t	=	temps qui s'est écoulé depuis la conversion de la prairie, en années
ΔC_t	=	variation du COS pour la t ^{ième} année après la conversion, en Mg C/ha
AIRE _{PR-TC}	=	superficie des prairies converties en terres cultivées, en ha
CE _{BASE}	=	coefficient d'émission de base, défini comme une fonction des normales climatiques à long terme (précipitations mensuelles divisées par l'évapotranspiration potentielle de mai à octobre; P/EP) à l'échelle de l'écodistrict (voir la section A3.3.6)
0,06	=	rapport entre les pertes de NO et de CO
44/28	=	rapport entre le poids moléculaire du N ₂ O et celui du N ₂

Sources de données

Pour les années de recensement 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006, les pâturages non bonifiés au niveau des PPC proviennent de la base de données « reconfigurée » du *Recensement de l'agriculture* vers les polygones SLC. Pour 1951, 1961 et 1971, les totaux provinciaux des pâturages non bonifiés ont été subdivisés selon les PPC en fonction de la répartition en vigueur en 1981. Dans un PPC, les pâturages non bonifiés ont été affectés aux composantes du sol cotées « faibles » en ce qui concerne la « probabilité d'être cultivées ». Une fois attribuées aux polygones des PPC, les superficies totales des pâturages non bonifiés ont été regroupées au niveau de l'écodistrict ou de l'unité de rapprochement, comme prescrit pour chaque année depuis 1990. On a attribué les superficies de conversion de prairies aux polygones qui affichaient un accroissement de la superficie des terres cultivées, tout en veillant à préserver la cohérence par rapport à la perte totale de prairies au sein de l'unité de rapprochement.

Degré d’incertitude

La conversion de prairies agricoles en terres cultivées est permise, contrairement à la conversion dans l’autre. L’incertitude de la superficie soumise à cette conversion dans un écodistrict donné ne peut être plus grande que l’incertitude de la superficie finale des terres cultivées ou de la superficie initiale de prairie. Par conséquent, on a établi le degré d’incertitude de la superficie de conversion au moindre du degré d’incertitude de la superficie de terres de la catégorie des terres cultivées ou de celle des prairies. On a présumé que le coefficient de mise à l’échelle était le même que pour les conversions entre cultures annuelles et vivaces (McConkey *et al.*, 2007b).

A3.4.3.3. Forêts converties en terres cultivées

Émissions de CO₂ et de N₂O des sols

Le défrichage des forêts pour accroître la superficie de terres agricoles est en baisse, mais reste important au Canada. La présente section décrit la méthode d’estimation des changements des émissions de CO₂ et de N₂O se rattachant aux perturbations du sol. La méthode d’estimation des émissions de la biomasse au moment de la conversion est présentée à la section A3.4.2.3. En ce qui concerne les fluctuations du COS, il faut faire la distinction entre l’est et l’ouest du pays.

Est du Canada

Il existe quantité d’observations qui comparent le COS dans les terres couvertes de forêts et les terres agricoles attenantes dans l’Est du Canada. La déperdition moyenne

de C était de 20,3 % à une profondeur d’environ 30 cm (McConkey *et al.*, 2007a). Cette valeur est comparable à celle qu’on retrouve dans la base de données des sols de SISCan (tableau A-8), laquelle montre qu’en moyenne, le COS dans la couche supérieure de 30 cm des sols affectés à l’agriculture était inférieur de 20,5 % au carbone dans les sols couverts de forêts.

Même si, dans le tableau A-8, le COS des terres boisées représente le C dans la couche de litière au-dessus du sol minéral, dans la pratique, il subsiste toujours un degré d’incertitude rattaché à la quantification du C dans la couche de litière et du C dans les débris du sol (Paul *et al.* 2002). L’érosion du sol, dont on présume généralement qu’elle augmente dans les sols affectés à l’agriculture, a aussi pour effet de réduire le COS mesuré dans les sols agricoles.

On a utilisé le modèle CENTURY (version 4.0) pour estimer la dynamique du COS résultant de la conversion des forêts. La figure A-17 donne un exemple d’une telle dynamique. Au cours des premières années qui suivent la conversion, on constate une augmentation de la matière organique du sol, car la litière et la MOM aérienne et souterraine deviennent partie intégrante du COS. Au bout de quelques années, le COS baisse en deçà de la quantité qui existait avant la conversion des forêts. Le taux de diminution du COS ralentit progressivement avec le temps.

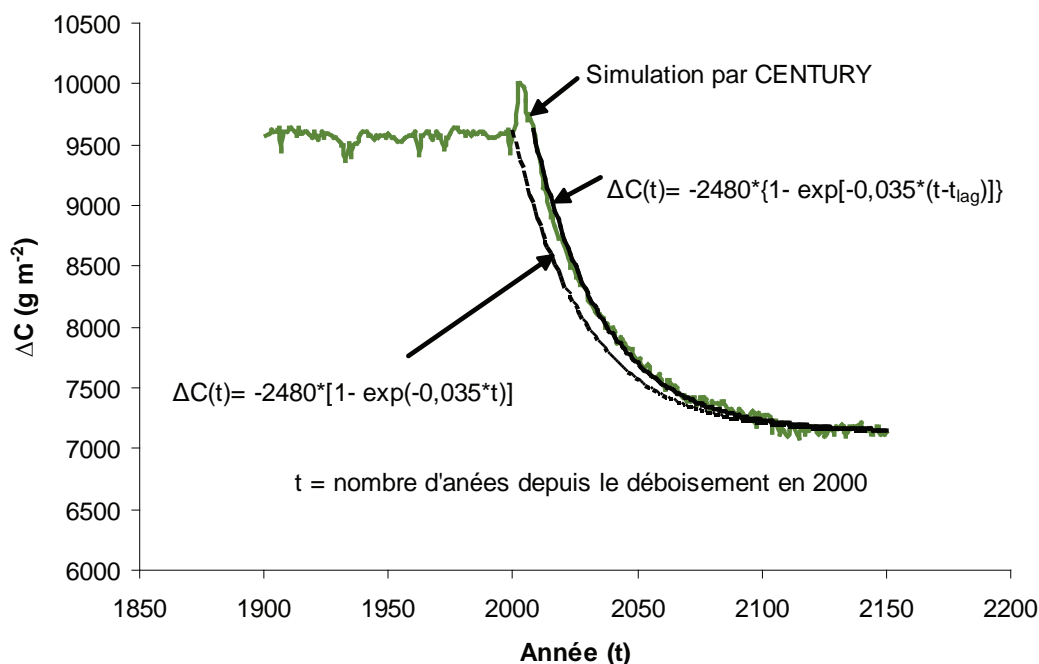
Tableau A3–36 COS dans les terres forestières et agricoles de l’Est et de l’Ouest du Canada selon le Système d’information sur les sols du Canada (profondeur de sol de 0 à 30 cm)

Texture du sol	Carbone organique du sol (Mg C/ha)		Différence (%)
	Terre forestière ¹	Terre cultivée ¹	
Est du Canada			
Grossière	85 (26)	68 (42)	-20
Moyen	99 (38)	77 (35)	-22
Fine	99 (58)	78 (36)	-21
Ouest du Canada			
Grossière	73 (39)	74 (38)	0
Moyen	66 (30)	73 (30)	4
Fine	74 (38)	77 (25)	1

Note:

1. L’écart-type est entre parenthèses

Figure A3–20 COS simulé selon le modèle CENTURY après la conversion d'une forêt caducifoliée de longue durée en terres cultivées



L'équation suivante a été ajustée aux résultats du modèle CENTURY dans l'équation A-14, en négligeant l'augmentation initiale du COS :

Équation A3–51:

$$\Delta C(t) = \Delta C_{D_{\max}} \times [1 - \exp^{-k \times [t - t_{\text{lag}}]}]$$

où :

$\Delta C(t)$	=	variation du COS pour la $t^{\text{ième}}$ année après la conversion, en Mg C/ha
$\Delta C_{D_{\max}}$	=	changement ultime du COS depuis la conversion des forêts jusqu'à l'agriculture, Mg C/ha
k	=	constante qui décrit la décomposition, par année
t	=	temps écoulé depuis la conversion des terres, en années
t_{lag}	=	temps écoulé avant que le ΔC ne devienne négatif, en années

Dans l'exemple présenté à la figure A-17, 25 % des pertes de C se produisent dans les 20 ans qui suivent le déboisement et 90 %, dans les 100 ans. Compte tenu de l'incertitude de la dynamique réelle, on a présumé qu'il n'y avait

pas de décalage dans la déperdition du COS depuis la conversion des forêts, de sorte que le COS commence à régresser immédiatement après la conversion des forêts; on utilise donc la déperdition de COS rajustée (équation A-14) pour estimer la déperdition de COS avec un décalage fixé à 0 après rajustement. Le rajustement de l'équation A-14 en fonction des simulations illustrées à la figure A-17 donne une valeur moyenne de k_D de 0,0262/an. Si l'on utilise cette valeur, on constate que 92,7 % de la déperdition de COS survient 100 ans après la conversion des forêts.

On a supposé que la perte moyenne de 20,5 % de COS découlant de la conversion des forêts au profit de l'agriculture dans l'est du Canada, estimée à partir des données du système SISCan, correspondait à la période d'environ 100 ans écoulée depuis la conversion des forêts. Ainsi, la valeur de $\Delta C_{D_{\max}}$ s'établit à 1/0,927 fois cette valeur, soit 22,1 % du COS des zones forestières à long terme. Comme la base de données SISCan contient plus de données sur le COS dans les conditions de culture à long terme que sur le COS dans des conditions forestières à long terme dans les régions où on trouve des terres cultivées, les pertes maximales de COS ont été calculées par rapport à un COS de terres cultivées stabilisées (perte = $0,221 / (1 - 0,221) \times \text{COS}$, ou = $0,284 \times \text{COS}$ dans des conditions de culture). Ainsi, l'équation finale qui permet d'estimer la dé-

perdition de COS attribuable à la conversion des forêts au profit de l'agriculture dans l'est du Canada est la suivante :

Équation A3–52:

$$\Delta\text{COS}(t) = 0,284 \times \text{COS}_{\text{agric}} \times [1 - \exp^{(-0,0262 \times t)}]$$

où :

- $\Delta\text{C}(t)$ = variation du COS pour la t^{ème} année après la conversion, en Mg C/ha
- $\text{COS}_{\text{agric}}$ = COS de 0 à 30 cm, d'après les données de SISCan pour un profil de terre cultivée, en Mg C/ha
- 0,0262 = constante qui décrit la décomposition, par année
- t = temps écoulé depuis la conversion, en années

Ainsi, la quantité totale de COS perdu des terres forestières converties en terres cultivées est estimée de la manière suivante :

Équation A3–53:

$$\Delta\text{C}_{\text{TF-TC}} = \sum_{\text{TOUSPPC}} \sum_{t_1, t_2} \sum_{t_1+1, t_2} (\Delta\text{COS}_t \times \text{AIRE}_{\text{TF-TC}, t})$$

où :

- $\Delta\text{C}_{\text{TF-TC}}$ = perte totale de COS en 2008 dans les terres forestières converties en terres cultivées depuis 1970, en Mg C/ha
- t
TOUSPPC = temps écoulé depuis la conversion, en années
- tous les polygones du sol qui contiennent des terres forestières converties en terres cultivées
- ΔC_t = variation du COS pour la t^{ème} année après la conversion, en Mg C/ha (voir l'Équation A3–52)
- $\text{AIRE}_{\text{TF-TC}, t}$ = perte totale dans les terres forestières converties en terres cultivées chaque année depuis 1970, ha

Signalons que la perte de COS définie par l'Équation A3–53 s'ajoute aux variations du stock de carbone dans la bio-

masse ligneuse et dans la MOM ligneuse qui existait dans la forêt au moment de la conversion des forêts.

D'après les observations effectuées sur le terrain, on a établi la variation moyenne de la concentration de N dans l'est du Canada à -5,2 %, soit 0,4 Mg N/ha (McConkey *et al.*, 2007a). Pour les comparaisons où l'on a déterminé à la fois la déperdition de N et de C, la déperdition correspondante de C est de 19,9 Mg C/ha, et la déperdition de carbone est 50 fois supérieure à celle de N. Par souci de simplicité, on a présumé que la déperdition de N était fixée à une valeur constante de 2 % de la déperdition de C. Ainsi, les émissions de N₂O des terres forestières converties en terres cultivées sont estimées de la manière suivante :

Équation A3–54:

$$\text{N}_2\text{O}_{\text{FL-CL}} = \sum_{1970-2008} \sum_{\text{ALL SLC}} \sum_t (\Delta\text{C}_t \times \text{AREA}_{\text{FL-CL}} \times 0,02 \times \text{EF}_{\text{BASE}}) \times \frac{44}{28}$$

où :

- $\text{N}_2\text{O}_{\text{TF-TC}}$ = émissions de N₂O attribuables à la conversion des forêts en terres cultivées depuis 1970, en kt
- TOUSPPC = temps qui s'est écoulé depuis la conversion des forêts, en années
- ΔC_t = variation du COS pour la t^{ème} année après la conversion, en mg C/ha
- $\text{AIRE}_{\text{TF-TC}}$ = superficie des forêts converties en terres cultivées, en ha
- 0,02 = conversion du C en N
- CE_{BASE} = coefficient d'émission de base, défini comme une fonction des normales climatiques à long terme (précipitations mensuelles divisées par l'évapotranspiration potentielle de mai à octobre; P/EP) à l'échelle de l'écodistrict (voir la section A3.3.6)
- 44/28 = rapport entre le poids moléculaire du N₂O et celui du N₂

Ouest du Canada

Une bonne part des sols agricoles actuels de l'Ouest du Canada étaient des prairies avant d'être cultivés. C'est ainsi que la conversion des forêts a concerné principalement les forêts attenantes aux prairies. On constate également la conversion limitée des forêts de seconde venue qui ont poussé sur d'anciennes prairies depuis la suppression des feux de végétation grâce au développement agricole. Historiquement, la conversion a été moins importante que

dans l'Est du Canada; c'est pourquoi la documentation offre moins de comparaisons entre le COS dans les sols forestiers et dans les sols agricoles. Ellert et Bettany (1995) ont signalé qu'il n'y avait aucune différence entre le COS des forêts de tremble indigène et celui des pâturages à long terme qui n'ont pas été cultivés depuis le défrichage pour un luvisol brun orthique, près de Star City, en Saskatchewan.

Ce sont les données du SISCan qui autorisent les comparaisons les plus nombreuses du COS dans les sols forestiers et dans les sols agricoles (tableau A-8). En moyenne, ces données indiquent qu'il n'y a pas de déperdition de COS attribuable à la conversion des forêts. Cela semble indiquer qu'à long terme, l'équilibre entre les apports de C et la minéralisation du COS demeure semblable dans les sols agricoles et dans les sols forestiers. Il est important de savoir que la périphérie nord des secteurs agricoles de l'Ouest du Canada, où se produit actuellement la majeure partie de la conversion des forêts, est marginale pour ce qui est des cultures annuelles; les pâturages et les cultures fourragères sont les principales utilisations agricoles après le défrichage. En général, la déperdition de C des forêts converties en terres cultivées sont moindres lorsque les terres agricoles portent des fourrages et des pâturages.

Pour l'Ouest du Canada, on n'a présumé aucune déperdition de COS à long terme résultant de la conversion des terres forestières en pâturages et en cultures fourragères. C'est pourquoi la déperdition de C résultant de la conversion des terres dans l'Ouest du Canada serait attribuable aux pertes de C dans la biomasse aérienne et souterraine des arbres et dans la MOM ligneuse grossière qui existait dans la forêt au moment de la conversion. De même, les changements moyens de l'azote organique dans l'Ouest du Canada aux stations déboisées depuis au moins 50 ans étaient de +52 % (McConkey *et al.* 2007a), ce qui traduit l'ajout appréciable de N aux systèmes agricoles par rapport à la situation des forêts. Toutefois, considérant le degré d'incertitude qui entache la dynamique du ratio C-N dans les sols en conditions de conversion, on a présumé que les terres forestières converties en terres cultivées n'étaient pas une source de N₂O provenant du réservoir pédologique. Des émissions de N₂O sont déclarées chaque fois que la conversion s'accompagne d'une combustion de biomasse (voir la section A3.4.2.1).

Sources

La méthode qui a servi à estimer la superficie de terres for-

estières converties en terres cultivées est décrite à la section A3.4.2.2. La conversion annuelle de terres forestières par unité de rapprochement a été subdivisée en polygones des PPC en fonction des changements simultanés qui surviennent dans la superficie des terres cultivées dans les polygones des PPC. Seuls les polygones qui affichaient une hausse de la superficie des terres cultivées au cours de la période voulue ont été affectés à la conversion des forêts, et la quantité affectée équivaut à la proportion de l'augmentation totale des terres cultivées de ce polygone au sein de l'unité de rapprochement.

Degré d'incertitude

Le degré d'incertitude des changements du carbone dans chaque zone de déclaration a été estimé différemment dans l'est et dans l'ouest du Canada, en raison d'écarts entre les méthodes d'estimation (McConkey *et al.*, 2007b). Dans l'ouest du Canada, on a estimé un degré d'incertitude des variations du C, même si la valeur moyenne du coefficient de variation du COS était de zéro. L'hypothèse était que le degré d'incertitude des changements du COS après la conversion de forêts en terres cultivées dans l'ouest du Canada suivrait une tendance similaire à celle de l'est du Canada.

A3.4.4. Prairies

Les terres de la catégorie des prairies agricoles sont des « pâturages non bonifiés » qui servent à l'alimentation du bétail domestique dans les régions géographiques où les prairies ne retournent pas naturellement à l'état de forêt si elles sont abandonnées, soit le Sud de la Saskatchewan et l'Alberta et une petite partie du Sud de la Colombie-Britannique. Ces prairies se sont développées au cours de millénaires de broutage par de grands animaux comme les bisons et de brûlage périodique. Essentiellement, les prairies agricoles peuvent être définies comme des grands parcours naturels aménagés de manière extensive.

Les principales activités humaines directes menées sur les prairies agricoles du Canada sont le brûlage, l'ajout de nouvelles espèces végétales dans les prairies et le volume, la durée et le moment du broutage par les animaux domestiques.

A3.4.4.1. Sources

Les données sur les activités proviennent de diverses sources, notamment du Recensement de l'agriculture, lequel recense les exploitations agricoles tous les cinq

ans, et d’autres données recueillies par les gouvernements et les associations industrielles. La superficie des prairies aménagées peut se définir comme les terres que les agriculteurs dans les polygones des PPC appellent « pâturages non bonifiés » dans leurs réponses aux questions du Recensement. L’existence de prairies indigènes dans les polygones des PPC en dehors de l’écozone des Prairies repose sur la présence de certains types de sols. La présence de tchernozioms, de brunisols sombriques et de brunisols mélaniques à l’état indigène dans le fichier des composantes des PPC, essentiellement en Colombie-Britannique, est considérée comme signe de l’existence de prairies indigènes.

Pour 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006, on a obtenu les valeurs des pâturages non bonifiés des PPC dans la base de données du *Recensement de l’agriculture*. Pour 1951, 1961 et 1971, les totaux provinciaux des pâturages non bonifiés ont été subdivisés en PPC reposant sur la distribution en 1981. Au sein d’un PPC, les pâturages non bonifiés ont été attribués aux composantes du sol identifiées comme présentant de faibles probabilités d’être cultivées. Une fois affectées aux polygones des PPC, les superficies totales des pâturages non bonifiés ont été regroupées à l’échelle d’un écodistrict ou d’une zone de déclaration, comme cela est prescrit chaque année depuis 1990.

A3.4.4.2. Démarche générale et méthodes

État des prairies

L’Administration du rétablissement agricole des Prairies (2000) a procédé à une évaluation des grands parcours dans l’écozone des Prairies en s’appuyant sur l’avis d’organismes responsables des terres publiques et d’experts en grands parcours, et a indiqué qu’environ la moitié des grands parcours du Canada était en mauvais état. On a également constaté que les systèmes d’aménagement des grands parcours s’étaient améliorés depuis plusieurs décennies, et que la principale difficulté était d’améliorer les grands parcours dont l’état est mauvais à bon plutôt que d’en empêcher la dégradation de se poursuivre. L’état des parcours se définit par rapport à leur productivité sur le plan du broutage et l’amélioration de leur biodiversité. L’envahissement des prairies par des espèces herbacées cultivées est un grave problème pour les prairies canadiennes (Administration du rétablissement agricole des Prairies 2000) en raison de ses effets néfastes sur la biodiversité (Bai *et al.* 2001). Toutefois, on n’observe

aucun rapport clair entre l’état d’un parcours, l’invasion des prairies par des graminées cultivées et le COS (McConkey *et al.* 2007a).

Effet de l’aménagement des prairies sur le COS

D’après les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l’affectation des terres, changements d’affectation des terres et foresterie (GIEC, 2003), les terres de la catégorie des prairies des régions tempérées et boréales dont l’état est dégradé comptent 95 % du COS que l’on trouve dans ceux dont l’état est intact, ce qui démontre la possibilité de modifier le COS en modifiant l’état des prairies.

Les documents scientifiques proposent trois méthodes pour améliorer l’état des prairies : 1) la gestion du broutage, 2) la gestion des incendies et 3) l’amendement du sol. Une bonne partie des gains possibles de COS résultant de la gestion du broutage sur les grands parcours provient d’une augmentation du broutage sur des pâturages qui, auparavant, n’ont jamais été broutés ou ne l’ont été que légèrement (Conant *et al.*, 2001; Schuman *et al.*, 2002; Liebig *et al.*, 2005), même si cette possibilité est faible au Canada, car les pâturages agricoles y sont déjà abondamment broutés (Lynch *et al.*, 2005).

Un certain nombre d’études ont été réalisées sur les effets du broutage par opposition au non-broutage sur le COS. Bien que la productivité des pâturages fortement broutés soit inférieure, ce qui peut se traduire par une dégradation de l’état du parcours, cela est sans rapport avec les baisses du COS (Biondini et Manske, 1996). L’effet du régime de broutage est complexe, en raison de ses effets sur la phytocénose et des apports de C dans le sol attribuables à la croissance aérienne et souterraine des végétaux (Schuman *et al.*, 2002; Liebig *et al.*, 2005). Une autre influence du régime de broutage est la restitution accrue de C dans les matières fécales à mesure qu’augmente le taux de charge (Baron *et al.*, 2002). Bruce *et al.* (1999) ont estimé qu’il n’était pas possible d’accroître la quantité de COS découlant d’une amélioration de la gestion du broutage sur les grands parcours faisant l’objet d’une gestion extensive en Amérique du Nord.

Avant le développement de l’agriculture, les prairies brûlaient régulièrement, mais le brûlage fait aujourd’hui l’objet d’une forte suppression. Le brûlage des parcours a contribué à faire augmenter la quantité de COS au Canada (Anderson et Bailey, 1980). Il s’agit d’un effet observé

partout dans le monde, comme en témoigne la production relativement stable de carbone noir (Gonzalez-Perez *et al.* 2004). Toutefois, en raison de la stabilité de ce C noir, responsable des hausses nettes du COS résultant du brûlage périodique, il se peut que la suppression actuelle des incendies empêche toute autre augmentation du COS. Aucune preuve ne permet cependant de conclure que la suppression des incendies entraîne une baisse significative du COS. Les flux annuels de CO₂ indiquent que les pâturages broutés sans brûlage semblent ne servir à long terme ni de source, ni de puits de CO₂ (Frank, 2002).

L'ajout de fertilisants organiques et d'engrais inorganiques a pour effet d'améliorer la productivité des prairies indigènes (Smoliak, 1965), ce qui incite à penser que ces pratiques pourraient accroître la quantité de COS grâce à des apports de C accrus. Néanmoins, ces pratiques présentent essentiellement un intérêt théorique, car les seules options de gestion pratiques sur le plan économique en ce qui concerne les prairies semi-arides consistent à modifier le régime de broutage, à pratiquer le brûlage et à introduire de nouvelles espèces végétales (Liebig *et al.*, 2005).

Il n'existe pas de données détaillées exhaustives sur les activités relatives aux changements de gestion des prairies agricoles du Canada. Toutefois, même si ces données existaient, rien n'indique que ces prairies perdront ou gagneront du COS en réponse à des activités humaines directes. C'est la raison pour laquelle on n'estime pas actuellement les fluctuations du C dans les prairies agricoles.

A3.4.5. Terres humides

A3.4.5.1. Tourbières

Environ 14 kha de tourbières sont actuellement aménagées au Canada pour la production de tourbe horticole. La superficie cumulative de tourbières jamais aménagées à cette fin se chiffre à 24 kha, l'écart étant les tourbières qui ne produisent plus. La production consiste uniquement en tourbe horticole; le Canada ne produit pas de tourbe destinée à servir de combustible.

Pratiquement toute l'extraction de tourbe au Canada se fait par des moyens pneumatiques. Néanmoins, de nombreuses tourbières abandonnées étaient jadis exploitées au moyen de la méthode des blocs de coupe, qui influe sur la dynamique de la repousse de la végétation après l'abandon.

En raison des techniques d'extraction et des propriétés

souhaitées de la tourbe de sphaigne, au moment de la sélection du site, on accorde la préférence, entre autres choses, aux tourbières qui comportent peu de végétation ligneuse, mais qui répondent néanmoins à la définition de « forêt » aux fins de la déclaration des GES (Association canadienne de tourbe de sphaigne).¹⁸

Démarche générale et méthodes

L'estimation s'est limitée aux émissions de CO₂ des terres converties en terres humides (tourbières) et des tourbières dont la vocation n'a pas changé. L'estimation englobe les sources suivantes : défrichage et décomposition subséquente de la végétation, décomposition des sols organiques aux sites drainés au cours de l'année d'inventaire et dans les champs exploités, tas de tourbe, champs de tourbe abandonnés et tourbières remises en état. Au cours d'une année d'inventaire donnée, les émissions des terres converties pour l'extraction de tourbe sont exprimées par Équation A3-55 :

18 . Disponible en ligne : <http://www.peatmoss.com/pm-harvest.php>

Équation A3–55:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 - C_{L_Tourbe} &= \text{CO}_2 - C_{BIOMASSE} + \text{CO}_2 - C_{MOM \text{ résiduelle}} \\ &+ \text{CO}_2 - C_{SOLS \text{ drainés}} + \text{CO}_2 - C_{SOLS \text{ extraction}} \\ &+ \text{CO}_2 - C_{SOLS \text{ tas}} \end{aligned}$$

où :

$\text{CO}_2 - C_{L_Tourbe}$	=	émissions totales de carbone sous forme de CO_2 des terres converties en terres humides (pour l'extraction de tourbe)
$\text{CO}_2 - C_{BIOMASSE}$	=	émissions de carbone sous forme de CO_2 imputables à la déperdition de carbone au profit des produits forestiers lors du défrichage
$\text{CO}_2 - C_{MOM \text{ résiduelle}}$	=	émissions de carbone sous forme de CO_2 imputables à la décomposition de la végétation défrichée 20 ans ou moins avant l'année d'inventaire
$\text{CO}_2 - C_{SOLS \text{ drainés}}$	=	émissions de carbone sous forme de CO_2 imputables à l'oxydation de la matière organique du sol dans les tourbières drainées durant l'année d'inventaire
$\text{CO}_2 - C_{SOLS \text{ extraction}}$	=	émissions de carbone sous forme de CO_2 imputables à l'oxydation de la matière organique du sol dans les tourbières converties il y a 20 ans ou moins
$\text{CO}_2 - C_{SOLS \text{ tas}}$	=	émissions de carbone sous forme de CO_2 imputables à l'oxydation de la tourbe entassée dans les tourbières converties il y a 20 ans ou moins

On estime la quantité de biomasse avant la conversion (ou de biomasse défrichée) à une moyenne de 20 t C/ha. Au moment du défrichage, tout le carbone de la biomasse est transféré dans des produits forestiers ou dans la MOM, laquelle commence à se décomposer dans la même année, suivant une courbe de décomposition exponentielle.

Dans les terres humides dont la vocation n'a pas changé (tourbières), les émissions sont exprimées selon l'Équation A3–56 :

Équation A3–56:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 - C_{Tourbe} &= \text{CO}_2 - C_{MOM \text{ résiduelle}} + \text{CO}_2 - C_{SOLS \text{ extraction}} \\ &+ \text{CO}_2 - C_{SOLS \text{ tas}} + \text{CO}_2 - C_{SOLS \text{ abandonnés}} \\ &+ \text{CO}_2 - C_{SOLS \text{ rétablis}} \end{aligned}$$

où :

$\text{CO}_2 - C_{Tourbe}$	=	émissions totales de carbone sous forme de CO_2 imputables aux terres humides dont la vocation n'a pas changé (tourbières)
$\text{CO}_2 - C_{MOM \text{ résiduelle}}$	=	émissions de carbone sous forme de CO_2 imputables à la décomposition de la biomasse défrichée 20 ans ou moins avant l'année d'inventaire
$\text{CO}_2 - C_{SOLS \text{ extraction}}$	=	émissions de carbone sous forme de CO_2 imputables à l'oxydation de la matière organique du sol dans les tourbières converties il y a plus de 20 ans
$\text{CO}_2 - C_{SOLS \text{ tas}}$	=	émissions de carbone sous forme de CO_2 imputables à l'oxydation de la tourbe entassée dans les tourbières converties il y a plus de 20 ans
$\text{CO}_2 - C_{SOLS \text{ abandonnés}}$	=	émissions/absorptions de carbone sous forme de CO_2 résultant de la production nette des tourbières abandonnées dans l'écosystème
$\text{CO}_2 - C_{SOLS \text{ rétablis}}$	=	émissions/absorptions de carbone sous forme de CO_2 résultant de la production nette des tourbières rétablis dans l'écosystème

Les émissions du sol d'une tourbière en production « $\text{CO}_2 - C_{SOLS \text{ extraction}}$ » sont estimées au moyen d'un seul coefficient d'émission qui reflète les taux d'oxydation de la tourbe. Les émissions des tas de tourbe sont calculées suivant une courbe de décomposition exponentielle.

Les tourbières abandonnées demeurent une source persistante de CO_2 atmosphérique (Waddington et McNeil, 2002), jusqu'à ce que l'absorption du carbone par la végétation qui repousse dépasse le taux de décomposition du sol et de la MOM résiduelle. Dans le modèle actuel, le coefficient d'émission dans les tourbières abandonnées est réduit d'un montant annuel fixe qui reflète l'effet de l'établissement progressif de la végétation et la lente diminution des émissions sur plusieurs décennies.

Les pratiques actuelles de remise en état consistent à obstruer les fossés de drainage, à semer le champ de spores

Équation A3-37: Paramètres et coefficients d'émission permettant d'estimer les émissions de CO₂-C des terres humides (tourbières)

Coefficient d'émission/paramètre	Unité	Valeur	Incertitude (%)
Biomasse défrichée	t C/ha	20	100
Constante exponentielle de décomposition, MOM	0,05	75	75
Coefficient d'émission dans les champs récemment drainés	g CO ₂ -C/m ² par an	351	75
Coefficient d'émission dans les champs en production	g CO ₂ -C/m ² par an	1019	75
Constante exponentielle de décomposition, tas	0,05	75	75
Diminution annuelle du coefficient d'émission, champs abandonnés			
Extraction pneumatique	g CO ₂ -C/m ² par an	15	75
Blocs de coupe	g CO ₂ -C/m ² par an	35	75
Coefficient d'émission, tourbières remises en état			
Première année	g CO ₂ -C/m ² par an	1753	75
> cinq ans	g CO ₂ -C/m ² par an	-8E+01	75

de mousse fraîche et à étaler une couche de paille sur les tourbières abandonnées (pour en empêcher le dessèchement). Les premières années de remise en état, la décomposition de la paille peut accroître les émissions de CO₂, jusqu'à ce que la végétation se soit rétablie. Le piégeage net du carbone dans les tourbières remises en état est présumé survenir au bout de cinq ans, et son taux est par la suite maintenu constant.

On présume que la saison de non-croissance dure six mois. Durant cette période, les émissions représentent 15 % des émissions annuelles totales de CO₂ de l'écosystème, et la production brute primaire est nulle durant la saison de non-croissance. Le tableau A-9 indique les principales valeurs appliquées à l'établissement des estimations. Les estimations du degré d'incertitude proviennent du jugement d'experts.

Sources

Les renseignements sur la superficie affectée à la production de tourbe au Canada sont assez rares. L'Association canadienne de tourbe de sphaigne confirme qu'en 2004, 14 k ha étaient en production (dérivé de Cleary, 2003); il s'agit d'une hausse de près de 76 % par rapport à 1990. À ce moment, on comptait au total 18 kha de terres actives ou déclassée¹⁹. On a estimé les superficies en production entre 1990 et 2004 au moyen d'une régression linéaire simple ajustée aux tendances générales de la production nationale totale de tourbe (RNCAN, 2008). On a présumé

que la superficie annuelle drainée pour l'extraction de tourbe était égale à la différence dans les superficies totales affectées à la production d'une année à l'autre, moins le nombre de tourbières abandonnées ou remises en état. Grâce à la technique d'extraction pneumatique, la durée de vie moyenne d'un champ de tourbe en exploitation est d'environ 35 ans (Cleary, 2003). Par défaut, on déclare les terres converties il y a plus de 20 ans dans la catégorie des terres humides dont la vocation n'a pas changé.

Degré d'incertitude

Les coefficients d'émission proviennent des mesures des flux effectuées essentiellement dans des tourbières abandonnées, ce qui introduit un degré d'incertitude important lorsqu'on l'applique aux tourbières actives et aux tas de tourbe. Toutes les mesures ont été prises dans l'Est du Canada, ce qui ajoute un degré d'incertitude aux estimations relatives à l'Ouest du Canada. On a supposé une seule estimation de la densité du carbone de la biomasse avant la conversion (20 t C/ha) correspondant aux peuplements forestiers de piètre qualité.

A3.4.5.2. Terres submergées

Démarche générale et méthodes

Conformément aux Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (GIEC, 2003), on a estimé les émissions des terres converties en terres humides (création de terres submergées, notamment des réservoirs) pour tous les réservoirs dont

¹⁹ Gerry Hood, président de l'Association canadienne de tourbe de sphaigne. 2006. Communication personnelle à Dominique Blain, Environnement Canada, 15 décembre 2006.

on sait qu’ils sont submergés depuis moins de 10 ans. Seules les émissions de CO₂ sont déclarées. On a utilisé la méthode de niveau 2 du GIEC, établissant des coefficients d’émission de CO₂ propres à chaque pays en fonction des mesures décrites ci-dessous. On trouvera des détails dans Blain *et al.* (2007). On estime que la méthode par défaut, qui présume que tout le carbone de la biomasse est émis au moment de la submersion, a pour effet de surestimer les émissions associées au déboisement immédiat résultant de la création d’un réservoir, étant donné que la majeure partie de la biomasse de la végétation submergée ne se décompose pas avant longtemps.

Deux méthodes complémentaires d’estimation ont servi à comptabiliser les flux de GES des terres submergées, selon les pratiques de conversion des terres. Lorsqu’il y avait des preuves de déboisement ou de brûlage avant la submersion, on a estimé les émissions immédiates et résiduelles de tous les réservoirs de carbone comme pour tous les phénomènes de conversion des forêts depuis 1970, au moyen du MBC-SFC3 (voir la section A3.4.2.1). Il est à noter que les émissions associées au déboisement en vue de l’aménagement d’infrastructures sont déclarées dans la catégorie de la conversion de forêts en zones de peuplement.

En l’absence de telles preuves, on a supposé que la totalité de la végétation était simplement submergée, conduisant à l’émission - sous forme de CO₂ - d’une fraction du carbone submergé à partir de la surface du réservoir. La proportion de la superficie submergée qui était auparavant boisée a été utilisée pour attribuer les émissions soit à la catégorie des terres forestières converties en terres humides, soit à la catégorie des autres terres converties en terres humides.

Depuis 1993, des mesures des flux de CO₂ ont été prises au-dessus de 57 réservoirs hydroélectriques dans 4 provinces : le Québec, le Manitoba, la Colombie-Britannique et Terre-Neuve-et-Labrador (Duchemin, 2006). Dans la plupart des études, les réservoirs étaient situés dans des bassins hydrographiques peu touchés par l’activité humaine, à l’exception notoire du Manitoba. Dans presque tous les cas, on a uniquement mesuré les flux diffusifs de CO₂, de CH₄ ou de N₂O (par ordre de fréquence). Les études sur l’ébullition, les émissions de dégazage et les émissions hivernales sont rares et insuffisantes pour justifier l’établissement de coefficients d’émission intérieurs. Sur les réservoirs qui ont fait l’objet de mesures, un sous-ensemble de 25 réservoirs a été retenu pour tracer deux courbes

séparées d’émissions régionales pour la période de 20 ans qui a suivi la construction du barrage. Pour les écozones de la taïga, boréales et des plaines hudsoniennes (zones de déclaration 4, 5, 8 et 10), une courbe d’émission a été tracée à partir de 9 réservoirs et d’un total de 17 mesures (Figure A3–21a). La courbe d’émission pour la cordillère montagnarde (zone de déclaration 14) a été tracée à partir de 16 réservoirs et d’un total de 16 mesures (Figure A3–21b). Il importe de signaler que chacune de ces mesures (données simples à la Figure A3–21) représente en moyenne l’intégration de 8 à 28 échantillons de flux par réservoir.

On a eu recours à l’analyse de régression non linéaire pour paramétrer les courbes d’émission sous la forme suivante :

Équation A3–57:

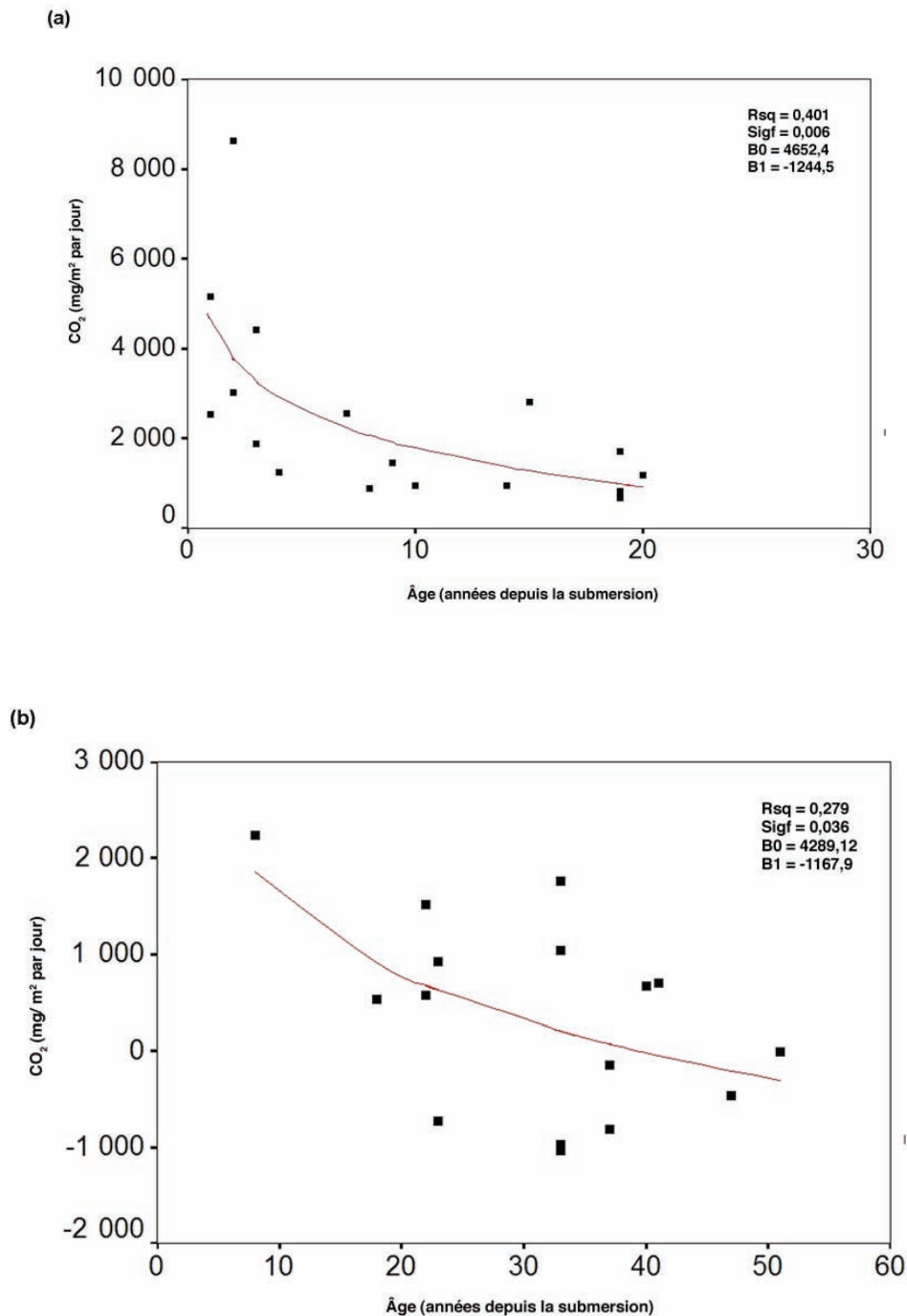
$$\text{CO}_{2\text{tauxL}_\text{réservoirs}} = b_0 + b_1 \times \ln(t)$$

où :

CO ₂ tauxL _{réservoirs}	=	taux des émissions de CO ₂ des terres converties en terres humides (réservoirs), en mg/m ₂ par jour
b0, b1	=	paramètres de courbe, sans unités
t	=	temps écoulé depuis la submersion, en années

Les rapports entre les flux diffus de CO₂ et l’âge des réservoirs étaient plus faibles et moins significatifs pour l’écozone de la cordillère montagnarde. Signalons qu’il n’y avait que 2 mesures des flux datant de moins de 20 ans dans le modèle rajusté en fonction de la cordillère montagnarde.

Figure A3-21 Courbe logarithmique rajustée en fonction a) des réservoirs de l'écozone de la taïga/boréale/plaine hudsonienne et b) des réservoirs de la cordillère montagnardes



Note:

Les paramètres des courbes sont indiqués, de même que les coefficients de détermination et leur importance

Les émissions totales de CO₂ de la surface des réservoirs ont été estimées comme étant la somme de toutes les émissions des réservoirs submergés depuis 10 ans ou moins :

Équation A3–58:

$$\text{CO}_{2\text{L}_\text{réservoirs}} = \sum (\text{CO}_{2\text{taux}_\text{L}_\text{réservoir}} \times A_{\text{réservoir}} \times \text{Jours}_{\text{sans glace}} \times 10^{-8})$$

où :

$\text{CO}_{2\text{L}_\text{réservoirs}}$	=	émissions des terres converties en terres submergées (réservoirs), en Gg CO_2/an
$\text{CO}_{2\text{taux}_\text{L}_\text{réservoirs}}$	=	taux des émissions de CO_2 de chaque réservoir, en Mg/m^2 par jour
$A_{\text{réservoir}}$	=	superficie du réservoir, en ha
$\text{Jours}_{\text{sans glace}}$	=	nombre de jours sans glace, en jours

Le paramètre $A_{\text{réservoir}}$ a servi de meilleure estimation disponible de la superficie convertie en terres humides aménagées (réservoirs), même si, en réalité, les réservoirs peuvent contenir des îles, c’est-à-dire des terres émergées. La période sans glace se définit comme le nombre moyen de jours entre la date observée de prise des glaces et la date de bris de la glace sur un plan d’eau (Magnuson *et al.*, 2000). Dans le cas des réservoirs hydroélectriques, les emplacements ont été cartographiés et les estimations de la période sans glace ont été établies à partir de la carte d’isolignes de la période sans glace des lacs du Canada (Ressources naturelles Canada, 1974).

On a calculé les émissions à partir de l’année où s’est achevé le remplissage du réservoir. Les réservoirs mettent au minimum un an à se remplir après l’achèvement d’un barrage, à moins d’indication contraire.

Sources

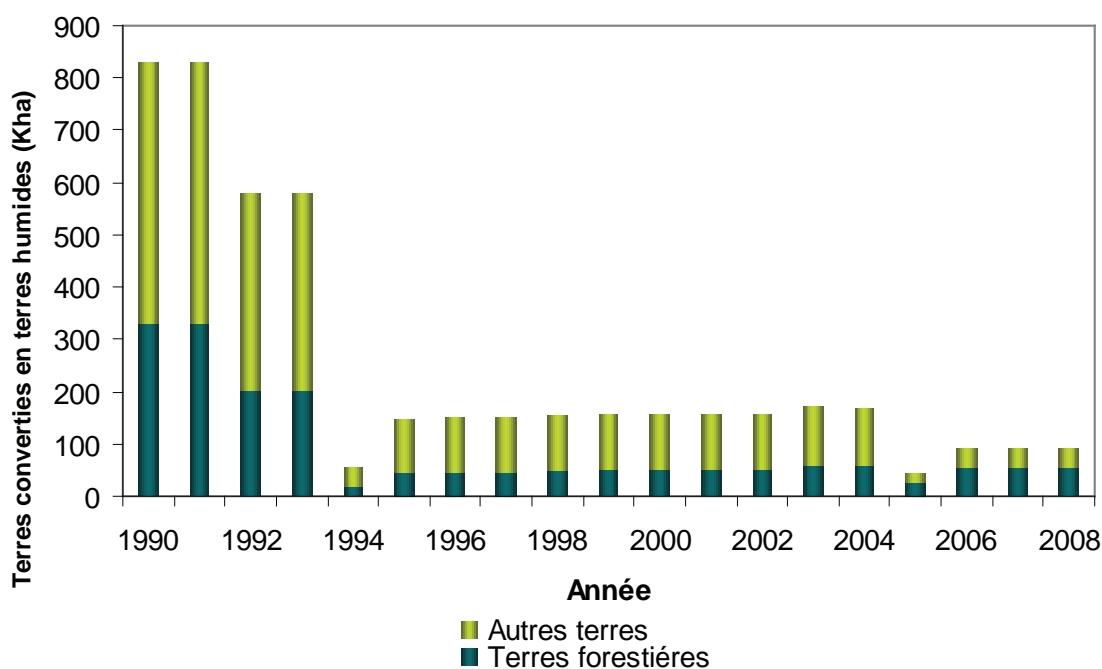
Les deux principales sources des données qui ont servi à estimer la superficie sont : 1) les renseignements sur la conversion des forêts attribuable à la construction des réservoirs dans les zones de déclaration 4 et 5 (voir la section A3.4.2.2, Conversion des forêts); et 2) la Base de données canadienne sur les réservoirs (Duchemin, 2002). Cette dernière contient 421 relevés des réservoirs hydroélectriques qui remontent à 1876. Sur ces réservoirs, 110 ont une superficie totale connue de 3 452 786 ha. La taille moyenne d’un réservoir est de 31 kha. La distribution de la superficie des réservoirs est faussée puisque 25 % des réservoirs les plus importants représentent plus de 95 % de toute la superficie des réservoirs de la base de données.

Étant donné que les émissions de CO_2 provenant de la surface des réservoirs ne sont déclarées que pour les 10 ans qui ont suivi la construction des réservoirs, tous les phénomènes de submersion postérieurs à 1980 ont été recensés. On a consulté les données des services publics hydroélectriques provinciaux et privés afin d’actualiser la base de données et de contre-vérifier la date de construction des réservoirs et la superficie totale de tous ces réservoirs. Dans certains cas, la base de données déclarait comme nouvelles installations certains sites de petite taille réaffectés à la production d’hydroélectricité dans la province de Québec qui sont entrés en service sous une nouvelle administration. C’est pourquoi une catégorie distincte a été ajoutée à la base de données pour illustrer à la fois la construction originale et l’entrée en service d’un barrage et la date à laquelle une installation hydroélectrique a été remise en état sans qu’aucun changement ne survienne dans la superficie du réservoir.

La tendance de la superficie submergée est caractérisée par deux périodes distinctes (Figure A3–22). La première, soit avant 1994, est marquée par une submersion à grande échelle survenue au début des années 1980 qui figure toujours dans la catégorie des terres converties en terres humides dans les années d’inventaire 1990 à 1993. Après 10 ans, ces réservoirs ont été retirés de la comptabilisation, et il y a eu une baisse correspondante de la superficie qui a atteint un plancher en 1994. Entre 1994 et 2005, il y a eu une augmentation restreinte mais uniforme de la superficie des nouveaux réservoirs, avec la survenue de plusieurs cas de submersion de petite à moyenne échelle. Trois réservoirs (Toulnostouc, Péribonka et Eastmain 1) ont récemment été créés; la mise en eau de Toulnostouc et d’Eastmain 1 a été achevée en 2006. On a commencé à prendre en compte les émissions du réservoir de Péribonka en 2007; le rapport de 2010 prend en compte les émissions attribuables au déboisement et à l’immersion de ces trois sites.

Il importe de signaler que les changements de la superficie des terres converties en terres humides (réservoirs) déclarés dans les tableaux du CUPR ne sont pas indicatifs de changements dans les taux de conversion actuels, mais reflètent plutôt la différence entre les superficies converties récemment (il y a moins de 10 ans) en réservoirs et les réservoirs plus vieux (plus de 10 ans) dont les superficies ont été retirées de la comptabilisation. Le système de déclaration n’englobe pas la superficie de tous les réservoirs du Canada, laquelle est observée séparément dans la Base de données canadienne sur les réservoirs.

Figure A3-22 Superficies cumulatives de la catégorie Terres converties en terres humides (terres submergées)



Degré d'incertitude

Une courbe temporelle reflète mieux la tendance à la baisse des émissions après la construction d'un barrage qu'un coefficient d'émission unique. C'est ainsi que la démarche intérieure devrait réduire le degré d'incertitude des coefficients d'émission. Toutefois, parmi les importantes sources résiduelles d'incertitude, il faut mentionner :

L'utilisation de deux courbes d'émission pour représenter tous les réservoirs récemment submergés au Canada. Alors que, dans l'Est du Canada, le temps qui s'est écoulé depuis la submersion explique près de 80 % de la variabilité entre réservoirs dans les émissions de CO₂, dans l'Ouest, le même paramètre ne représente que 50 % de la variabilité (Duchemin, 2006). Toutefois, la contribution relative des réservoirs de l'Ouest aux émissions totales représente moins de 2 % du total des émissions durant la période de déclaration.

Variabilité saisonnière. Certains réservoirs présentent une variabilité saisonnière marquée des flux de CO₂, dont on ne tient pas compte dans l'établissement des estimations. Selon certaines indications anecdotiques, la prolifération d'algues au printemps pourrait expliquer cette variabilité, en particulier dans les réservoirs qui reçoivent des élé-

ments nutritifs d'origine humaine.

L'omission de facteurs potentiellement importants d'émission de CO₂, comme le dégazage.

Améliorations prévues

Les améliorations prévues comprennent la production d'estimations améliorées de la biomasse sur pied antérieure à la conversion, une meilleure connaissance des pratiques de conversion tant pour l'extraction de la tourbe que pour la mise en eau des réservoirs, et l'intégration à la courbe des nouvelles mesures des émissions à mesure qu'elles deviennent disponibles.

A3.4.6. Zones de peuplement

Dans cette catégorie, les émissions et les absorptions comprennent les émissions imputables à la croissance des arbres urbains (zones de peuplement dont la vocation n'a pas changé) et les émissions découlant de la conversion des terres en zones de peuplement. La présente version fait état des émissions résultant de la conversion de terres forestières et de la toundra en zones de peuplement.

Pour estimer le très petit réservoir formé par la croissance des arbres en milieu urbain, on a utilisé une méthode

de niveau 1 calculant pour chaque année de la période 1990-2008 une croissance moyenne de 0,05 t biomasse/ha/an appliquée à 1 800 kha de superficie urbaine non bâtie (Statistique Canada, 1997).

Les démarches, les méthodes et la provenance des données utilisées pour estimer les émissions résultant de la conversion des terres forestières en zones de peuplement sont abordées à la section A3.4.2.2. La présente section décrit l'estimation de la conversion des terres non forestières en zones de peuplement dans l'Arctique et le Bas-Arctique canadien.

A3.4.6.1. Démarche générale et méthodes

Les régions nordiques du Canada (Arctique et Bas-Arctique) couvrent près de la moitié de la masse continentale du pays et englobent cinq catégories de terres (GIEC, 2003), à l'exception des terres cultivées. Cette évaluation a porté sur une superficie d'environ 359 millions d'hectares et a englobé les zones de déclaration 1, 2, 3 et 17 ainsi que les zones de déclaration 13 et 18 au nord du 60° degré de latitude Nord. La difficulté a été de saisir les changements d'affectation des terres et d'estimer les émissions connexes dans ce paysage aussi vaste qu'éloigné. Une démarche a été conçue expressément pour cette tâche, laquelle comporte les éléments suivants :

1. Cartographier le changement d'affectation des terres non forestières dans l'Arctique/Bas-Arctique du Canada avant et jusqu'en 1990 et entre 1990 et 2000.
2. Estimer les émissions annuelles de GES (uniquement la biomasse aérienne) résultant du changement d'affectation des terres non forestières dans l'Arctique/Bas-Arctique du Canada pour la période 1990-2000.

Il est manifeste qu'une analyse détaillée et exhaustive d'une telle superficie était peu pratique, car il faudrait près de 100 photos satellites du Landsat pour chaque date. De même, un échantillonnage aléatoire ne saisirait sans doute pas un nombre suffisant d'événements de changement d'affectation des terres pour permettre une évaluation fiable. En revanche, des ensembles de données SIG indiquant la survenue d'activités de développement culturel, minier et autres activités humaines ont permis de réduire et d'optimiser le champ d'enquête, en signalant les secteurs qui présentent de fortes probabilités d'être l'objet d'un changement d'affectation des terres. Ces secteurs présentant un potentiel concentré de changement d'affectation des terres ont été ciblés pour l'analyse

de la détection des changements (analyse vectorielle des changements; Johnson et Kasischke, 1998) au moyen de 23 images Landsat datant approximativement de 1985, 1990 et 2000. Les photos en question couvrent plus de 8,7 millions d'hectares, soit 56 % du secteur potentiel de changement d'affectation des terres déterminé à l'aide des ensembles de données SIG, ou 70 % du secteur potentiel de changement d'affectation des terres si l'on exclut les levés sismiques²⁰. Les 23 photos ont été prises dans les régions de l'ouest de l'Arctique et subarctique.

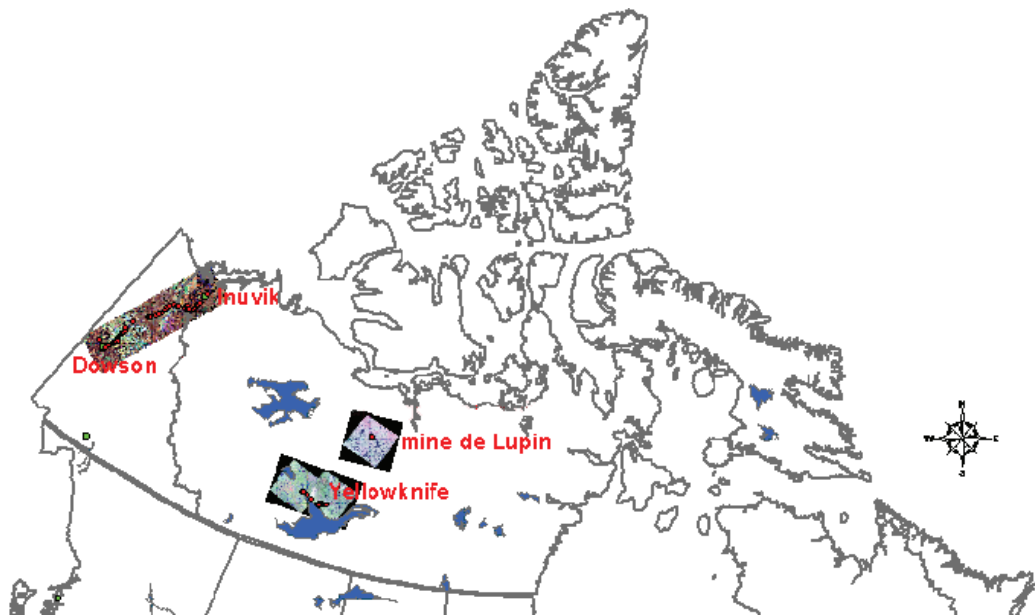
On peut décrire le Système de cartographie des changements d'affectation des terres dans le nord du Canada (Butson et Fraser, 2005) comme une méthode hybride de détection des changements, qui repose sur deux techniques bien distinctes : l'analyse vectorielle des changements, qui détermine les secteurs ayant fait l'objet de changements, et l'extension de signature limitée, qui permet d'étiqueter ces changements (Olthof *et al.*, 2005). On trouvera dans Fraser *et al.* (2005) une description détaillée de la façon dont le Système de cartographie des changements d'affectation des terres dans le nord du Canada a servi à saisir les changements d'affectation des terres non forestières dans le nord du Canada. Le taux moyen de changement d'affectation des terres entre 1985 et 2000 dans le secteur évalué a été de 666 ha/an, et 70 % des secteurs ayant fait l'objet d'un changement d'affectation des terres sont situés dans la zone de déclaration 13. L'absence d'images a empêché l'utilisation du système après l'an 2000; c'est pourquoi le même taux annuel de changement d'affectation des terres a été appliqué aux années 2001 à 2008.

On a tracé une série de cartes de la biomasse aérienne en 2000 pour les principaux secteurs ayant fait l'objet d'un changement d'affectation des terres, à l'aide des rapports entre les données sur la biomasse aérienne et les données de télédétection établies à partir des mesures étalonnées et des mesures au sol (Figure A3–23). Ces cartes ont été utilisées pour déterminer les émissions de CO₂ imputables à l'enlèvement de la biomasse aérienne.

Les types de couverture dominants dans les deux régions étudiées sont la roche, le lichen, les arbustes, les herbes et les boisés épars.

20 Les lignes sismiques récentes à faible impact ont un couloir étroit d'environ 2 m de large, par opposition aux lignes classiques, beaucoup plus larges (~8 m). Les lignes sismiques à faible impact, largement adoptées depuis 10 ans, réduisent considérablement l'impact environnemental de l'exploration sismique.

Figure A3-23 Régions étudiées pour déterminer la biomasse aérienne dans la région arctique et subarctique du Canada



Des régressions multiples ont été effectuées entre $\ln(\text{biomasse aérienne})$ et une combinaison de signaux d'image pour toutes les couvertures végétales confondues (herbes, arbustes, boisés épars). La meilleure moyenne quadratique minimale avait un $r^2 = 0,72-0,78$, selon les méthodes utilisées, un écart moyen quadratique relatif de 75 à 80 % et une valeur moyenne du pourcentage d'erreur absolu de 33 à 53 %. Les régressions de la biomasse ont été appliquées à l'image préconversion dans tous les secteurs ayant subi un changement d'affectation des terres pour obtenir une estimation de la biomasse enlevée. Toutes les activités de changement d'affectation des terres étaient des conversions de la végétation de la toundra en zones de peuplement; on a estimé que tout le carbone de la biomasse avant la conversion était émis au moment du défrichage.

Depuis la déclaration de 2007, on a analysé d'autres données d'imagerie au moyen de la méthode de détection des changements utilisée pour estimer la superficie déboisée. La zone de déclaration 4 et une partie de la zone 8 ont fait l'objet d'une cartographie complète de la conversion des terres forestières et non forestières en zones de peuplement; on a ainsi ajouté 55 Mha à la superficie déjà cartographiée. La biomasse aérienne de la végétation non

forestière a été dérivée d'une recherche documentaire et estimée à 6 kt/ha (ou 3 Mg C/ha). Pour cette région, on observe un taux de changement d'affectation des terres non forestières de 133 ha/an pour la période 1990-2006.

Si l'on ne tient compte que de la biomasse aérienne, on peut estimer que les activités de changement d'affectation des régions non boisées des terres dans le Grand Nord du Canada ont rejeté en moyenne 152 kt d'éq. CO₂ par année entre 1990 et 2008.

A3.4.6.2. Degré d'incertitude

Le degré d'incertitude lié à la superficie de changement d'affectation des terres visée par les 23 photos du satellite Landsat est évalué à moins de 20 % (Fraser *et al.*, 2005). Les équations sur la biomasse établies à partir des mesures sur le terrain dans la région étudiée de Dawson City ont été validées par les autres régions étudiées de Yellowknife et de la mine de Lupin. Les valeurs moyennes du pourcentage d'erreur absolu dans l'estimation de la biomasse aérienne dans les deux régions étudiées étaient de 33 à 53 %.

On a utilisé une méthode de simulation de Monte Carlo

pour quantifier l’erreur globale des émissions de carbone résultant du degré d’incertitude lié à la superficie de changement d’affectation des terres et à l’estimation de la biomasse. À l’intervalle de confiance de 95 %, le pourcentage d’erreur varie de 218 %, s’il n’y a qu’un seul site ayant fait l’objet d’un changement d’affectation des terres dans une zone de déclaration, à 15 %, si une zone de déclaration compte au moins 75 sites ayant fait l’objet d’un changement d’affectation des terres. L’erreur de l’estimation des fluctuations des stocks de carbone dans la biomasse aérienne totale, si on ne considère qu’une zone de déclaration, est d’environ 15 %. Une analyse détaillée du degré d’incertitude est proposée par Chen *et al.* (2005, 2009).

A3.4.7. Estimation des émissions différées de CO₂ des produits ligneux récoltés (PLR)

Outre la méthode par défaut, on a proposé quatre autres méthodes de comptabilisation du carbone dans les PLR : changements des stocks, production, flux atmosphérique et décomposition simple. L’encadré A3-1 donne une brève description de chaque méthode. Même si ces méthodes donnent en général le même échange net de carbone avec l’atmosphère si elles sont appliquées à l’échelle mondiale, elles divergent à l’échelle nationale dans la façon dont elles rendent compte du moment et du lieu des émissions.

À titre de comparaison, les émissions annuelles de carbone dans le bois récolté sont estimées au moyen de la méthode par défaut et de trois autres méthodes. Lorsque c’est justifié, on inclut les émissions différées de la consommation intérieure de bois (fluctuation des stocks et flux atmosphérique) ou de la production intérieure (production et décomposition) depuis 1960. Ces émissions des récoltes (ER) sont calculées comme suit :

Méthode par défaut du GIEC :

$$ER_{\text{Défaut}} = \text{BI} + \text{Bois de chauffage}$$

Fluctuations des stocks :

$$ER_{\text{Fluctuations des stocks}} = \text{BI} + \text{Bois de chauffage} - \text{Produits intérieurs de longue durée} + \text{Émissions héritées de la consommation de biens de longue durée}$$

Production :

$$ER_{\text{Production}} = \text{BI} + \text{Bois de chauffage} - \text{Production de biens de longue durée} + \text{Émissions héritées de la production des biens de longue durée}$$

Flux atmosphérique :

$$ER_{\text{Flux atm.}} = \text{Bois de chauffage} + \text{Déchets de transformation} + \text{Émissions héritées de la consommation des produits de longue durée}$$

où :

ER	=	carbone émis à l’extérieur des forêts aménagées durant l’année d’inventaire par les matières récoltées et/ou consommées les années précédentes et courante
BI	=	carbone du bois industriel et du bois de chauffage récolté durant l’année d’inventaire
Bois de chauffage	=	carbone dans le bois de chauffage résidentiel consommé durant l’année d’inventaire en cours
Consommation	=	production + importations – exportations
Production	=	production intérieure
Déchets de transformation	=	Consommation totale de la biomasse ligneuse industrielle - Production de biens

Au Canada, en 2008, les émissions de CO₂ à l’extérieur des forêts aménagées qui résultent des PLR consommés ou produits à l’échelle nationale ont varié de 140 Mt, d’après la méthode par défaut du GIEC (GIEC, 2003), à 82 Mt (flux atmosphérique), 129 Mt (production), ou 128 Mt (changement d’inventaire) selon la méthode retenue.

À noter que le décalage dans les émissions de carbone attribuables au stockage des PLR est pris en considération uniquement pour les produits de longue durée (>5 ans). Le carbone stocké dans les produits de courte durée, y compris les combustibles ligneux et le bois de chauffage, est censé être émis au moment de la récolte. À ce jour, les calculs n’ont porté que sur les produits semi-transformés (par exemple bois débité, bois de pâte, panneaux dérivés du bois, papier et carton et autre bois industriel). Il est impossible pour l’instant de concevoir un système qui permettrait de surveiller les voies du carbone stocké dans les PLR (C-PLR) depuis la récolte jusqu’aux produits de consommation.

On envisage de raffiner ces méthodes en tenant compte des Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (GIEC, 2003) et des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 2006). En 2007, on a amorcé des travaux visant à mettre à jour le module Secteur des produits forestiers du Modèle de budget du carbone.

Aperçu des méthodes de comptabilisation du carbone stocké dans les produits ligneux récoltés

La méthode par défaut du GIEC précise que seuls les changements nets des stocks de carbone forestier sont comptabilisés. Les émissions des récoltes sont traitées comme si elles étaient rejetées entièrement dans l'atmosphère sous forme de CO₂ durant l'année de la récolte et dans le pays de la récolte. Le stockage du carbone dans les produits ligneux n'est pas pris en considération.

La méthode du flux atmosphérique suit les émissions et les absorptions de carbone liées à la récolte, à la fabrication et à la consommation des produits ligneux dans les limites du pays. Son objet est identique à la méthode générale d'estimation des émissions des combustibles fossiles et elle reflète plus fidèlement le moment et le lieu où se produisent réellement les émissions de la récolte.

La méthode des changements des stocks comptabilise seulement les changements nets des stocks de carbone dans le réservoir intérieur des produits ligneux, par exemple le C-PLR dans les biens de longue durée dans les limites du territoire national, après les importations et les exportations. La différence entre les changements des stocks et la comptabilisation du flux atmosphérique tient au traitement des produits exportés (qui sont importants au Canada). Dans la méthode des changements des stocks, le carbone qui se trouve dans tous les produits ligneux et les biens exportés sort des stocks intérieurs et est donc considéré comme une émission dans l'atmosphère.

La méthode de production comptabilise les changements des stocks de carbone des produits ligneux récoltés et des biens intérieurs qui en sont dérivés, quel qu'en soit l'emplacement. Les limites de comptabilisation englobent par conséquent l'ensemble des marchés d'exportation.

La méthode de la décomposition simple tient compte également des émissions différées de tout le C-PLR du bois récolté à l'échelle nationale, mais de façon simplifiée, en appliquant les courbes de décomposition normalisées selon les catégories de produits.

A3.5. Méthodologie pour les déchets

Le secteur des déchets comprend trois sources d'émissions : l'enfouissement des déchets solides dans le sol (décharges), le traitement des eaux usées et l'incinération des déchets. La présente section de l'annexe 3 décrit les méthodes de comptabilisation détaillées qu'on utilise pour évaluer les émissions de GES qui s'appliquent aux catégories suivantes du secteur des déchets :

- les émissions de CH₄ attribuables à l'enfouissement des déchets solides dans le sol;
- les émissions de CH₄ et de N₂O attribuables au traitement des eaux usées;
- les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O attribuables à l'incinération des déchets.

A3.5.1. Émissions de CH₄ attribuables à l'enfouissement des déchets solides dans le sol

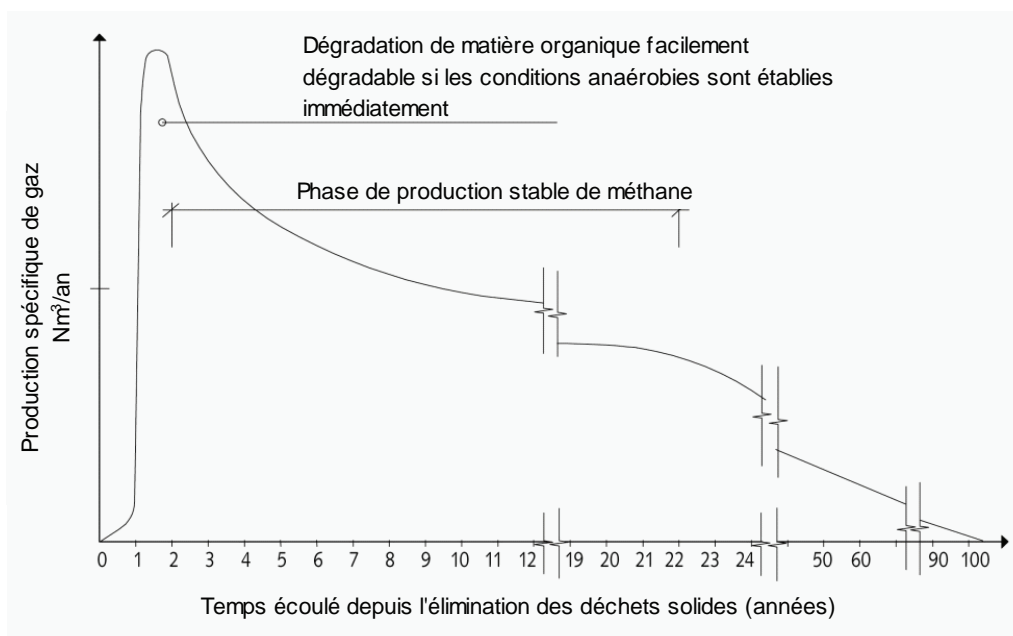
A3.5.1.1. Méthodologie

Les émissions sont estimées pour deux types de décharges au Canada :

- les décharges de déchets solides municipaux (DSN);
- les décharges de déchets ligneux.

Le modèle Scholl Canyon sert à estimer la production de CH₄ des décharges à l'aide de l'équation de décomposition de premier ordre ci-dessous (GIEC/OCDE/AIE, 1997) :

Figure A3-24 Représentation de la dégradation d'une décharge selon le modèle Scholl Canyon



Note:

Ce graphique tiré de Jensen et Pipatti (2003) a été reproduit tel quel.

Équation A3-59:

$$Q_{T,x} = kM_x L_0 e^{-k(T-x)}$$

où:

$Q_{T,x}$	=	quantité de méthane produit durant l'année en cours (T) par le déchet M_x , kt CH_4 /an
X	=	année d'enfouissement des déchets
M_x	=	quantité de déchets enfouis durant l'année x, Mt
K	=	constante de production du méthane, /an
L_0	=	potentiel de production de CH_4 , kg de CH_4 /t de déchets
T	=	année en cours

Équation A3-60:

$$Q_T = \sum Q_{T,x}$$

où:

Q_T	=	quantité de méthane produite au cours de l'année considérée (T), exprimée en kt de CH_4 /an
-------	---	---

Le modèle Scholl Canyon présume que la production de CH_4 atteint son niveau maximum dans la phase initiale, puis diminue lentement et progressivement d'une année à l'autre, comme l'illustre la Figure A3-24. Le modèle canadien présume que le délai initial durant lequel les conditions anaérobies sont établies est négligeable, comme l'illustre la Figure A3-24.

Pour estimer les émissions de CH_4 attribuables aux décharges, il est nécessaire de connaître plusieurs des facteurs décrits ci-dessus. Pour calculer les émissions nettes d'une année en particulier, il faut faire la somme des $Q_{T,x}$ pour chaque section de déchets enfouis durant les années antérieures, soustraire la quantité de gaz capté et ajouter la quantité de CH_4 émis par suite de la combustion incomplète de la portion du gaz capté éliminée par

torchage. Un modèle informatisé a été mis au point afin d'estimer les émissions globales à une échelle régionale au Canada.

Déchets enfouis chaque année (M_x)

Décharges de DSM

Deux sources principales sont utilisées pour obtenir des données sur les décharges en vue de l'inventaire des GES. La quantité de DSM enfouis entre les années 1941 et 1990 a été estimée par Levelton (1991). Pour les années 1998, 2000, 2002, 2004 et 2006, les données sont tirées de l'Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets, que mène Statistique Canada tous les deux ans (Statistique Canada, 2000, 2003, 2004, 2007a, 2008a). On obtient les valeurs d'enfouissement de DSM pour les années impaires subséquentes (1999, 2001, 2003 et 2005) en établissant la moyenne des années paires adjacentes. Dans les données de Statistique Canada, l'enfouissement englobe à la fois l'incinération des déchets et les déchets envoyés aux décharges. Par conséquent, pour obtenir la quantité de déchets enfouis, il faut soustraire les déchets incinérés des valeurs d'enfouissement de Statistique Canada pour 1998, 2000, 2002, 2004 et 2006. En outre, les déchets exportés sont soustraits des données d'enfouissement de Statistique Canada pour 2000, 2002, 2004 et 2006, car la quantité de déchets exportés est comprise dans les valeurs relatives à l'élimination des déchets pour l'année d'enquête 2000 de Statistique Canada et les années subséquentes¹².

Pour ce qui est des années 1991-1997 et 2005, à l'exception de l'Île-du-Prince-Édouard, du Nunavut, des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon, les valeurs relatives aux décharges de DSM ont été estimées en ajustant une fonction polynomiale aux valeurs de Levelton (1991) et de Statistique Canada (2000, 2003, 2004, 2007a, 2008a) concernant les décharges de DSM. Les données de 2008 ont été estimées à partir de la tendance affichée par les valeurs antérieures de la quantité de déchets. Pour estimer les coefficients de la fonction polynomiale, on a recours à une application de régression linéaire multiple (outil statistique LINEST de Microsoft Excel). Le choix du nombre de coeffi-

1 Marshall J., 2006. Communication personnelle (février 2006). Gestionnaire de l'Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques, 2002, Statistique Canada.

2 Marshall J., 2007. Communication personnelle (courriel daté du 21 février 2006). Gestionnaire de l'Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques, 2004, Statistique Canada.

cients à utiliser pour la fonction polynomiale est fonction de la mesure dans laquelle les données s'ajustent bien aux fonctions polynomiales d'ordre inférieur. En général, l'ajustement s'améliore à mesure que l'on augmente le nombre de coefficients. Une fonction polynomiale d'ordre 13 est utilisée dans l'estimation des DSM. Cette méthode d'estimation (régression linéaire multiple) est compatible avec la méthode d'interpolation du GIEC (GIEC, 2000). Le Tableau A3-38 illustre les coefficients polynomiaux générés par la méthode de régression linéaire multiple pour chacune des provinces.

Les quantités de DSM enfouis de 1991 à 1997 et en 2005 sont calculées au moyen de l'équation suivante :

Équation A3-61:

$$M_x = (C_{13} \times X^{13}) + (C_{12} \times X^{12}) + (C_{11} \times X^{11}) + (C_{10} \times X^{10}) \\ + (C_9 \times X^9) + (C_8 \times X^8) + (C_7 \times X^7) + (C_6 \times X^6) + (C_5 \times X^5) \\ + (C_4 \times X^4) + (C_3 \times X^3) + (C_2 \times X^2) + (C_1 \times X) + C$$

where:

M_x	=	quantité de DSM enfouis durant l'année X, t
C_i	=	coefficient d'ordre i (voir le Tableau A3-38)
X	=	année d'intérêt

On ne dispose pas de données de Statistique Canada sur l'élimination des DSM pour l'Île-du-Prince-Édouard, le Nunavut, le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest. Pour obtenir les valeurs d'enfouissement des DSM dans cette province et ces territoires de 1991 à 2008, on doit corrélérer les tendances des données d'enfouissement historiques avec celles de la population provinciale ou territoriale pour la période de 1971 à 2006 (Statistique Canada, 2006b, 2009a). Trois sources de données sur l'enfouissement sont utilisées pour estimer la quantité de DSM enfouis de 1991 à 2008. La première, pour la période de 1971 à 1990, provient de Levelton (Levelton, 1991). La deuxième, concernant les déchets enfouis en 1992, est fournie par la Direction des déchets dangereux d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1996b). On obtient la troisième série de données en multipliant le pourcentage de déchets enfouis en 1992 à l'Île-du-Prince-Édouard, aux Territoires du Nord-Ouest, au Nunavut et au Yukon (Environnement Canada, 1996b) par l'excédent des déchets enfouis, tiré des données de Statistique Canada pour 1998, 2000, 2002, 2004 et 2006 (Statistique Canada, 2000, 2003, 2004, 2007a, 2008a). Pour calculer l'excédent des déchets enfouis pour 1998, 2000, 2002, 2004 et 2006, on soustrait la somme des valeurs d'enfouissement provinciales du total des déchets enfouis au Canada. Le Tableau A3-39 montre la quantité de DSM enfouis de 1990 à 2008.

Tableau A3-38 Coefficients polynomiaux de régression linéaire multiple utilisés pour estimer la quantité de DSM enfouis de 1991 à 1997 et en 2005

	T.- N.-L.	N.- É.	N.- B.	QC	ON	MB	SK	AB	C.- B.
C	6,87E+09	8,60E+09	-1,87E+10	2,18E+11	-2,91E+10	-8,47E+09	3,96E+10	-4,35E+11	1,70E+12
C ₁	-1,97E+06	-3,22E+06	4,22E+06	-4,70E+08	-2,37E+07	3,28E+06	6,20E+06	4,13E+08	-1,17E+09
C ₂	3,14E+03	-1,02E+04	-7,88E+02	8,18E+05	2,49E+04	5,10E+03	-1,39E+04	-4,96E+04	2,53E+04
C ₃	1,62E+00	2,65E+00	2,26E+00	-3,18E+02	1,50E+01	-5,77E-01	-1,75E+01	-3,04E+01	-1,65E+02
C ₄	8,20E-06	-1,59E-03	1,30E-03	-2,15E-01	-5,96E-03	-1,51E-03	3,28E-03	-4,42E-03	8,23E-02
C ₅	-9,81E-08	2,46E-06	-5,70E-07	4,76E-05	-1,68E-06	-2,78E-07	3,72E-06	2,21E-05	1,52E-06
C ₆	-1,63E-10	8,20E-10	3,21E-10	4,16E-08	1,13E-09	1,51E-10	7,74E-10	-1,55E-08	3,39E-08
C ₇	-8,88E-14	-2,11E-13	-2,43E-14	5,93E-12	-3,00E-14	2,72E-13	-4,58E-13	-1,02E-12	-5,11E-12
C ₈	-6,34E-17	-1,50E-16	-1,09E-16	6,56E-15	-8,94E-16	-7,69E-17	8,21E-17	4,03E-15	-2,76E-15
C ₉	5,40E-20	-2,03E-19	-2,03E-20	-5,89E-18	-2,33E-19	-5,56E-20	7,12E-20	-1,61E-18	-2,24E-19
C ₁₀	-1,48E-24	3,34E-24	-1,30E-23	-1,91E-21	2,36E-22	1,74E-23	-1,54E-22	4,04E-22	3,44E-22
C ₁₁	-6,62E-28	2,48E-26	9,41E-27	1,61E-25	1,08E-25	8,89E-27	6,66E-26	8,76E-26	-9,63E-25
C ₁₂	3,03E-30	2,21E-29	2,63E-30	5,53E-28	-2,26E-29	-3,09E-30	-2,86E-29	-9,54E-29	3,59E-28
C ₁₃	-1,32E-33	-7,77E-33	-3,92E-34	-1,00E-31	-1,03E-32	-6,66E-35	7,64E-33	1,57E-32	-6,11E-33

Note:

Les coefficients ayant été arrondis, il est possible qu'ils ne donnent pas un résultat total exact pour ce qui est des DSM enfouis.

Décharges de déchets ligneux

Pour estimer la quantité de déchets ligneux enfouis à l'échelle nationale entre 1970 et 1992, on utilise la base de données sur les résidus du bois (RNCAN, 1997). Les données concernant les années 1998 et 2004 sont extraites de publications ultérieures (RNCAN, 1999, 2005). On effectue une analyse des tendances par régression linéaire afin d'interpoler la quantité de résidus ligneux enfouis au cours des années 1993-1997, 1999-2003 et 2005 et 2008. Cette méthode d'interpolation a été choisie car c'est elle qui convient le mieux à la distribution des données.

La ventilation de la quantité de résidus ligneux éliminés (définis comme les résidus qu'on n'utilise plus, ni dans un produit, ni comme source de carburant, ni pour les convertir en produits chimiques) par l'industrie des produits en bois massif et l'industrie des pâtes et papiers est estimée à

partir des informations tirées d'une étude sur les déchets d'usine de pâtes et papiers (MWA Consultants Paprican, 1998). La proportion de l'élimination des déchets ligneux indique une proportion estimative de 80 % pour les produits en bois massif et de 20 % pour les usines de pâtes et papiers.

La ventilation de la partie des résidus ligneux acheminés dans les décharges à partir des opérations de l'industrie des produits en bois massif et de l'industrie des pâtes et papiers est établie à partir de la Base de données sur les résidus du bois (RNCAN, 1997). L'allocation des déchets ligneux enfouis dans des décharges privées est estimée à 15 % pour l'industrie des produits en bois massif et à 86 % pour l'industrie des pâtes et papiers. Pour éviter tout doublement, étant donné que les émissions des décharges publiques sont déjà prises en compte dans les émissions

Tableau A3-39 DSM enfouis de 1990 à 2008⁴

Année	Déchets enfouis (t)											Y.N.
	T.N.-L.	Î.P.É.	N.É.	N.B.	QC	ON	MB	SK	AB	C.B.	T.N. O. et NU	
1990 ¹	366 004	51 293	493 010	462 391	3 699 833	5 957 104	696 174	638 942	1 577 585	1 760 621	34 493	16 608
1991	400 159	68 758	540 341	489 539	4 073 027	6 287 557	741 706	720 035	1 790 701	1 990 162	37 171	18 826
1992	402 670	74 800	533 426	488 826	4 152 266	6 390 940	755 034	729 362	1 837 539	2 012 191	35 300	17 200
1993	403 918	72 326	523 456	485 805	4 230 976	6 479 872	767 869	736 993	1 881 860	2 028 235	39 206	20 392
1994	403 775	74 801	510 179	480 262	4 309 123	6 552 824	780 167	742 752	1 923 350	2 037 746	40 514	19 677
1995	402 110	76 727	493 335	471 972	4 386 673	6 608 214	791 881	746 453	1 961 687	2 040 161	41 675	20 487
1996	398 783	79 338	472 655	460 706	4 463 598	6 644 405	802 966	747 906	1 996 538	2 034 895	42 499	21 500
1997	393 651	80 034	447 861	446 225	4 539 872	6 659 708	813 373	746 914	2 027 558	2 021 350	42 584	21 940
1998 ²	366 280	104 825	407 095	425 626	4 568 910	5 963 525	855 666	780 700	1 874 276	1 789 252	49 469	24 104
1999	369 650	80 397	357 703	387 656	4 799 511	6 283 801	875 695	741 743	2 006 801	1 843 849	42 548	20 845
2000 ²	373 020	92 586	308 311	349 685	5 030 113	6 040 763	895 724	702 786	2 139 327	1 898 445	43 694	21 290
2001	364 808	81 111	306 549	354 002	5 057 953	6 555 332	857 145	711 293	2 193 015	1 882 820	43 752	20 175
2002 ²	356 595	82 280	304 787	358 318	5 085 793	6 506 588	818 566	719 801	2 246 704	1 867 196	38 830	18 920
2003	367 700	82 195	310 242	366 047	5 429 638	6 238 318	839 020	716 748	2 346 984	1 962 272	45 766	21 046
2004 ²	378 804	90 075	315 698	373 776	5 773 482	6 970 048	859 475	713 696	2 447 264	2 057 347	42 509	20 712
2005	382 441	83 815	315 785	377 185	5 937 451	6 252 011	903 996	731 122	2 742 529	2 120 093	46 866	22 062
2006 ²	386 077	83 553	315 872	380 593	6 101 419	6 533 973	948 518	748 549	3 037 794	2 182 838	46 919	22 464
2007	382 710	83 955	272 933	350 787	6 236 765	6 251 181	866 338	698 631	2 836 066	2 160 704	47 698	22 795
2008	384 910	86 528	262 871	346 560	6 423 385	6 242 903	866 915	693 430	2 942 694	2 203 076	48 503	23 432

Notes:

1. Données de Levelton (1991).

2. Données d'enfouissement de Statistique Canada (Statistique Canada, 2000, 2003, 2004, 2007a, 2008a).

3. DSM exportés soustraits des données d'enfouissement de Statistique Canada (Bruce Pope, analyste de la gestion des déchets, Direction des politiques de gestion des déchets, ministère de l'Environnement de l'Ontario, communication personnelle, février 2006, janvier 2007; Jim Hiraishi, ingénieur principal, Direction des politiques de gestion des déchets, ministère de l'Environnement de l'Ontario, communication personnelle, 30 novembre 2007).

4. Les données représentées ci-dessus ont été choisies à partir d'années particulières. Les données relatives aux DSM enfouis entre 1941 et 1990 (Levelton, 1991) ont été utilisées pour estimer la quantité de DSM enfouis de 1991 à 2006, à l'aide de la méthode d'estimation par régression linéaire multiple.

des décharges de DSM, le ratio des déchets ligneux enfouis dans des décharges privées à ceux enfouis dans des décharges publiques, obtenus auprès du NRCan (1997), sert à isoler le volume enfoui dans des décharges privées spéciales. On présume que cette même proportion vaut pour la période de 1970 à 2008. Le Tableau A3-40 illustre la quantité de déchets ligneux éliminés et enfouis pour la période de 1990 à 2008.

Taux de production de CH₄ (k)

La constante de vitesse de production de CH₄ (k) représente le taux de premier ordre auquel le CH₄ est produit après l’enfouissement des déchets. La valeur k est régie par quatre facteurs : la teneur en humidité, la disponibilité des nutriments, le pH et la température. Cependant, lorsque l’on calcule les taux de décomposition provinciaux, la température ambiante ne devrait pas entrer en ligne de compte, car la température des décharges est indépendante de la température ambiante à des profondeurs de plus de 2 m. La teneur en humidité devrait être le seul paramètre pris

en considération (Maurice et Lagerkvist, 2003; Thompson et Tanapat, 2005).

Décharges de DSM

Les valeurs de k utilisées pour estimer les émissions attribuables aux décharges de DSM ont été obtenues lors d’une étude réalisée par la Division des gaz à effet de serre d’Environnement Canada, qui a utilisé des données provinciales sur les précipitations de 1941 à 2007 (Environnement Canada, 1941-2007). La moyenne des précipitations annuelles a été calculée aux sites provinciaux où Levelton a indiqué la présence de décharges importantes au cours de la période de 1941 à 1990 (Levelton BH., 1991). À partir de ces valeurs de précipitations, les valeurs de k ont été déterminées à l’aide d’une relation établie par le Research Triangle Institute (RTI) pour l’EPA des États-Unis (RTI, 2004). Le RTI a attribué des valeurs de décomposition par défaut de moins de 0,02/an, 0,038/an et 0,057/an dans les régions où les précipitations annuelles totalisent moins de 20 pouces/an (< 500 mm), entre 20 et

Tableau A3-40 Wood Waste Generated and Landfilled in Canada for 1990–2008

Année	Déchets ligneux éliminés (tonnes anhydres)		Déchets ligneux enfouis (tonnes anhydres)		Total
	Pâtes et papiers	Industrie des produits en bois massif	Pâtes et papiers	Industrie des produits en bois massif	
1990	1 811 062	7 244 248	1 557 513	1 086 637	2 644 151
1991	1 811 062	7 244 248	1 557 513	1 086 637	2 644 151
1992	1 811 062	7 244 248	1 557 513	1 086 637	2 644 151
1993	1 537 557	6 150 226	1 322 299	922 534	2 244 833
1994	1 447 245	5 788 981	1 244 631	868 347	2 112 978
1995	1 356 934	5 427 736	1 166 963	814 160	1 981 124
1996	1 266 623	5 066 491	1 089 296	759 974	1 849 269
1997	1 176 311	4 705 246	1 011 628	705 787	1 717 415
1998	1 080 000	4 320 000	928 800	648 000	1 576 800
1999	995 689	3 982 755	856 292	597 413	1 453 706
2000	905 378	3 621 510	778 625	543 227	1 321 851
2001	815 066	3 260 265	700 957	489 040	1 189 997
2002	724 755	2 899 020	623 289	434 853	1 058 142
2003	634 444	2 537 775	545 622	380 666	926 288
2004	547 561	2 190 244	470 902	328 537	799 439
2005	453 821	1 815 284	390 286	272 293	662 579
2006	363 510	1 454 039	312 618	218 106	530 724
2007	273 198	1 092 794	234 951	163 919	398 870
2008	182 887	731 549	157 283	109 732	267 015

40 pouces/an (500 à 1 000 mm; moyenne de 750 mm) et plus de 40 pouces/an (> 1 000 mm), respectivement. La représentation graphique de ces valeurs de décomposition par défaut et données sur les précipitations a montré une relation linéaire. À l'aide de cette relation et des données sur les moyennes provinciales des précipitations d'Environnement Canada pour les années 1941 à 2007, on a calculé les moyennes provinciales des taux de décomposition dans les décharges (Environnement Canada, 1941-2007). Les valeurs de k des États-Unis sont liées aux précipitations, en présupant que la teneur en humidité

d'une décharge est directement fonction des précipitations annuelles. En se fondant à la fois sur ces valeurs de k et les données des États-Unis sur les précipitations d'une part, et sur les précipitations annuelles moyennes dans les décharges canadiennes étudiées par Levelton (1991) d'autre part, on a alloué des valeurs de k à chacune des provinces.

Le Tableau A3-41 illustre les précipitations annuelles moyennes et les valeurs de décomposition attribuées à chacune des décharges provinciales choisies par Levelton

Tableau A3-41 Estimation des valeurs k relatives aux précipitations annuelles moyennes et aux décharges de DSM pour les décharges provinciales

Region	Mean Annual Precipitation (mm)	Kinetic Rate Constant k (year)	Region	Mean Annual Precipitation (mm)	Kinetic Rate Constant k (year)
Terre Neuve-et-Labrador			Sudbury	860.0	0.043
Carbonear	ND	ND	Thunder Bay	669.8	0.030
Corner Brook	1193.0	0.066	Timmins	818.2	0.040
St. John's	1514.3	0.089	Toronto	815.2	0.040
Moyenne	1353.7	0.078	Windsor	896.2	0.046
L'Île du Prince Édouard			Average	882.3	0.045
Charlottetown	1143.5	0.063	Manitoba		
Summerside	1063.1	0.057	Brandon	460.1	0.015
Moyenne	1103.3	0.060	Portage La Prairie	545.5	0.021
Nouvelle Écosse			Thompson	528.3	0.020
Dartmouth	1430.7	0.083	Winnipeg	520.9	0.019
Halifax	1430.7	0.083	Moyenne	513.7	0.019
Lunenburg	1497.0	0.088	Saskatchewan		
New Glasgow	1101.3	0.060	Moose Jaw	395.7	0.010
Sydney	1429.0	0.083	Prince Albert	405.9	0.011
Truro	1141.6	0.063	Regina	384.8	0.010
Moyenne	1338.4	0.077	Saskatoon	349.8	0.007
Nouveau Brunswick			Swift Current	384.7	0.010
Bathurst	1049.7	0.056	Yorkton	438.6	0.014
Campbellton	1002.6	0.053	Moyenne	393.2	0.010
Edmundston	1041.2	0.056	Alberta		
Fredericton	1085.2	0.059	Calgary	421.1	0.012
Moncton	1149.4	0.063	Edmonton	459.6	0.015
Saint John	1354.1	0.078	Fort McMurray	434.9	0.013
Moyenne	1113.7	0.062	Lethbridge	403.2	0.011
Québec			Medicine Hat	338.5	0.006
Montréal	968.9	0.051	Red Deer	467.3	0.016
Québec	1153.8	0.064	Moyenne	420.8	0.012
Rimouski	896.7	0.046	Colombie Britannique		
Saint-Étienne	998.9	0.053	Campbell River	1466.2	0.085
Saint-Tite-des-Caps	1096.8	0.060	Chilliwack	1696.4	0.102
Sainte-Cécile	1192.4	0.066	Courtney	1431.6	0.083
Sainte-Sophie	1047.3	0.056	Kamloops	280.1	0.002
Moyenne	1050.7	0.056	Matsqui	1529.6	0.090
Ontario			Port Alberni	1958.3	0.120
Barrie	924.8	0.048	Prince Rupert	2752.5	0.175
Bellefleur	895.8	0.046	Vancouver	1670.1	0.100
Brantford	804.7	0.039	Vernon	412.7	0.012
Brockville	983.8	0.052	Victoria	1013.6	0.054
Cornwall	982.9	0.052	Moyenne	1421.1	0.082
Guelph	885.1	0.045	Yukon		
Hamilton	861.5	0.043	Whitehorse	265.9	0.001
Kingston	916.6	0.047	Moyenne	265.9	0.001
Kitchener	905.1	0.046	Territoires du Nord Ouest		
London	970.9	0.051	Yellowknife	273.7	0.002
North Bay	1014.9	0.054	Iqaluit	413.7	0.012
Oshawa	883.7	0.045	Moyenne	343.7	0.005
Ottawa-Hull	915.1	0.047			
Peterborough	822.9	0.040			
St. Catharines	844.5	0.042			
Sarnia	855.9	0.043			

Note: ND = Non disponible

Les valeurs k utilisées pour estimer les émissions des décharges de DSM à l'échelle provinciale sont calculées à partir de la moyenne des estimations de la valeur de k applicables à chaque province. Ces valeurs sont présentées dans le tableau A-5

Tableau A3-42 Estimations des valeurs de k des décharges de DSM pour chaque province

Valeur de k (/an)											
T. N. L.	Î. P. É.	N. É.	N. B.	QC	ON	MB	SK	AB	C. B.	YN	T.N. O. et NU
0,078	0,060	0,077	0,062	0,056	0,045	0,019	0,01	0,012	0,082	0,001	0,005

(1991).

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 CH₄ provenant des décharges de déchets ligneux de l’industrie des produits du bois, on a choisi une valeur de k de 0,03/an pour représenter la constante de production de CH₄ de toutes les décharges de déchets ligneux du Canada (NCASI, 2003).

Potentiel de production de CH₄ (L₀)

Décharges de DSM

Le potentiel de production de CH₄ (L₀) représente la quantité de CH₄ qui pourrait être produite, en théorie, par tonne de déchets enfouis. L’équation suivante, présentée dans les Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre - Version révisée 1996, sert à calculer le potentiel de production de CH₄ pour les décharges de DSM (GIEC/OCDE/AIE, 1997) :

Équation A3-62:

$$L_0 = \text{FCM} \times \text{COD} \times \text{COD}_F \times F \times \frac{16}{12} \times 1000 \frac{\text{kg CH}_4}{\text{t CH}_4}$$

where:

L ₀	=	potentiel de production de CH ₄ , kg de CH ₄ /t de déchets
FCM	=	facteur de correction du CH ₄ , exprimé en fraction
COD	=	carbone organique dégradé, exprimé en t de C/t de déchets
COD _F	=	fraction de COD dissimilé
F	=	fraction de CH ₄ dans les gaz d’enfouissement
16/12	=	stoichiometric factor to convert CH ₄ to carbon

Le facteur de correction du CH₄ (FCM) représente le rapport entre le nombre de décharges de déchets solides gérées et non gérées. Les décharges non gérées produisent moins de CH₄, car une fraction plus importante des déchets se décompose par voie aérobie dans les couches supérieures du site. La valeur par défaut que le GIEC a établie pour le FCM applicable aux décharges gérées a été retenue pour représenter le FCM des décharges de DSM, car on présume que toutes les décharges visées par les données recueillies sont des décharges à écran d’étanchéité artificiel. Les valeurs par défaut que le GIEC a fixées pour le FCM sont indiquées au Tableau A3-43 (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

Tableau A3-43 Facteurs de correction du CH₄ présent dans les décharges de déchets solides

Type de décharge	Valeur par défaut du FCM
Gérée	1,0
Non gérée : profonde (≥ 5 m de déchets)	0,8
Non gérée : peu profonde (< 5 m de déchets)	0,4
Valeur par défaut : décharge de déchets solides non catégorisée	0,6

La valeur par défaut du GIEC, pour ce qui est de la fraction du CH₄ présent dans les gaz d’enfouissement (F), varie entre 0,4 et 0,6. Cette valeur diffère en fonction de certains facteurs, dont les effets de la composition des déchets, de leur âge et de la dilution potentielle dans l’air, lesquels peuvent réduire la concentration réelle du CH₄ dans les gaz d’enfouissement. La valeur de 0,5 est retenue pour la fraction du CH₄ dans les gaz d’enfouissement.

La fraction du carbone organique dégradé dissimilé (COD_F) représente la quantité de carbone organique qui a été ultimement dégradée et rejetée par la décharge de déchets solides. La valeur COD_F représente le fait qu’une partie du carbone organique ne se dégrade pas, sinon très

lentement. Une valeur de 0,6 a été choisie de la gamme de CODF par défaut du GIEC correspondant aux déchets contenant de la lignine, qui s'étend de 0,5 à 0,6 (GIEC/OCDE/AIE, 2000). Cette valeur, tirée de l'extrémité supérieure de la plage (déchets plus facilement dégradables), représente le plus fidèlement la situation canadienne où la majeure partie des déchets ligneux - qui contiennent par définition des concentrations élevées de lignine - proviennent de scieries et d'usines de pâtes et papiers et sont éliminés dans des décharges privées spéciales.

La fraction du carbone organique dégradable (COD), qui représente la quantité de carbone organique disponible pour la décomposition biochimique, est fondée sur la composition des déchets. Les pourcentages de composition des déchets de l'ensemble du Canada sont utilisés pour calculer les valeurs de COD provinciales à l'aide de l'équation suivante (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

Équation A3-63:

$$\% \text{ COD (en poids) } = (0,4 \times A) + (0,17 \times B) + (0,15 \times C) + (0,3 \times D)$$

where:

- A = % de DSM constitué de papier et de textiles
- B = % de DSM constitué de déchets de jardin ou de parc
- C = % de DSM constitué de déchets alimentaires
- D = % de DSM constitué de bois ou de paille

Les niveaux de COD des provinces et des territoires ont été calculés à partir des valeurs de la composition des déchets pour trois périodes distinctes : 1941-1975, 1976-1989 et 1990-2006. À partir des données sur la composition des déchets issues de l'étude réalisée par Ressources naturelles Canada (RNCAN) et qui correspondaient à l'année 2002 (RNCAN, 2006), nous avons dérivé les valeurs du COD et supposé qu'elles étaient invariables au cours de la période 1990-2004. Comme les incidences des programmes de

Tableau A3-44 Valeurs provinciales et territoriales de potentiel de production de CH₄ (L₀)

Province/Territoire	2002 Déchets organiques détournés ¹ (%)	1941 à 1975		1976 à 1989		1990 à aujourd'hui	
		COD	L ₀ (kg CH ₄ /t déchets)	DOC	L ₀ (kg CH ₄ /t déchets)	DOC	L ₀ (kg CH ₄ /t déchets)
Colombie Britannique	23,3	0,28	111,86	0,17	69,89	0,16	63,71
Alberta	16,7	0,39	157,63	0,26	104,46	0,18	71,87
Saskatchewan	4,3	0,36	143,92	0,22	86,39	0,22	86,75
Manitoba	4,9	0,33	131,37	0,19	76,82	0,19	76,59
Ontario	16,4	0,36	143,74	0,21	82,75	0,21	83,00
Québec	13,7	0,36	144,45	0,21	82,52	0,20	81,23
Nouveau Brunswick	19,8	0,23	93,91	0,16	65,91	0,16	63,22
Nouvelle Écosse	29,7	0,25	100,89	0,16	62,35	0,16	64,10
L'Île du Prince Édouard	ND	0,27	108,74	0,17	67,19	0,16	64,63
Terre Neuve	ND	0,28	112,62	0,18	73,28	0,18	73,35
Territoires (Y.N. O. et NU)	ND	0,22	87,59	0,15	58,54	0,16	65,13

Notes:

Sources : Tableau fondé sur les données recueillies auprès de RNCAN (2006), Statistique Canada (2007a) et CRC Press (1973).

1. Thompson et al. (2006).

ND = Non disponible

détournement des déchets étaient négligeables avant 1990, nous avons établi une deuxième série de valeurs du COD pour représenter la composition des déchets enfouis de 1976 à 1989 en ajoutant les données du CNRC aux données de 2004 de Statistique Canada portant sur la composition de déchets recyclés (Statistique Canada, 2007a). Une troisième série de valeurs du COD a été établie à partir des résultats d'une étude nationale réalisée en 1967 pour couvrir la période 1941-1975 (CRC Press, 1973). Le Tableau A3-44 résume les valeurs du COD et de L_0 des provinces et des territoires.

Les données correspondant à chaque catégorie standard de déchets provenant des secteurs résidentiel et du secteur industriel, commercial et institutionnel (ICI) tirées du document de RNCAN (2006) ont été additionnées pour refléter la véritable composition des déchets enfouis dans les décharges de DSM. Ainsi, grâce à cette méthode, la biodégradabilité des déchets ICI et celle des déchets résidentiels sont prises en compte dans la composition des déchets de DSM. Le rapport du RNCAN utilise une méthode uniforme pour estimer la composition des déchets de DSM acheminés dans des décharges pour toutes les provinces et territoires.

Comme les résultats des projets de détournement des déchets n'ont réellement commencé à se faire sentir qu'au début des années 1990 au Canada, tel que le laissent conclure le présent document et l'opinion exprimée par les experts en la matière, ces valeurs provinciales et territoriales du COD sont utilisées pour estimer les valeurs de L_0 et, enfin, les données sur la production provinciale et territoriale d'émissions de méthane pour la période 1990-2008 inclusivement.

Pour la période 1976-1989, les valeurs de COD ont été calculées à partir de l'hypothèse selon laquelle la composition des déchets enfouis pourrait être assimilée à la composition des déchets produits au cours de l'année 2002. On a additionné les quantités de déchets de DSM (résidentiels et ICI) (RNCAN, 2006) acheminés aux décharges pour chacune des catégories de déchets aux quantités recyclées des catégories correspondantes pour chaque province et territoire. Ces dernières données ont été tirées du rapport de Statistique Canada intitulé Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques, 2004 (Statistique Canada, 2007a). Les lacunes des données de ce rapport dues à des problèmes de confidentialité ont été comblées par l'utilisation de coefficients régionaux (provinces de l'ouest, du centre et

de l'Atlantique et territoires du Nord).

La période 1941-1975 est couverte par un L_0 calculé à partir d'un troisième ensemble de valeurs de COD fondées sur les compositions nationales de déchets énumérées au tableau 1.1-9 de CRC Press (1973). Les données de ce tableau sont tirées d'un article intitulé « World Survey Finds Less Organic Matter » (Anon, 1967a). Les données de DSM du tableau 1 (Waste Composition Data for Ontario) du rapport intitulé Residential Waste Composition Study, Volume 1 réalisé dans le cadre de l'étude ontarienne sur la composition des déchets (ministère de l'Environnement de l'Ontario, 1991) fournit pour les études de contrôle des déchets réalisées en 1976, 1978 et 1980 des pourcentages moyens respectifs de 40 %, 2,6 %, 22 %, 3,4 % et 13 % pour le papier, le bois, les déchets alimentaires, les déchets textiles et les résidus de jardin; ces valeurs sont comparables à celles tirées des estimations produites en 2002 et utilisées pour la période 1976-1989. Les données de l'article de 1967 (Anon, 1967a) présentent des contributions respectives de 70 % et 10 % pour le papier et la matière organique. En conséquence, on a jugé que la période 1975-1976 constituait un point de transition approprié pour faire le lien entre les séries de données sensiblement différentes de 1967 et celles de 2002 sans détournement des déchets pour représenter la composition des déchets de la fin des années 1970 et 1980. La ventilation du pourcentage de matière organique (10 %) obtenue à partir du tableau 1.1-9 en déchets alimentaires et en résidus de jardin est fondée sur les compositions respectives (10,2 et 8,6 %) fournies pour Montréal (Québec) dans le même document de CRC Press (1973), dans le tableau 1.1-10, dont les données proviennent d'un article distinct de 1967 (Anon, 1967b). L'information sur le pourcentage de bois (2,4 %), tirée d'un article de l'American Public Works Association (1964), est présentée dans le tableau 1.1-2.8 : Composition and Analysis of Average Municipal Refuse (CRC Press, 1973).

Nous avons élaboré un profil provincial à partir de la moyenne nationale de 1967 en établissant un calcul proportionnel de chacune des catégories de déchets de COD afin qu'elles correspondent aux profils provinciaux équivalents établis pour la période 1976-1989. Le Tableau A3-45 présente les valeurs de la composition des déchets enfouis réparties selon les catégories définies par les lignes directrices 1996 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre pour les provinces et territoires, telles qu'elles sont établies à partir des sources de données.

Tableau A3-45 Provincial and Territorial CH₄ Generation Potential (L₀) Values

Newfoundland and Labrador		DOC Parameters 1941 to 1975	DOC Parameters 1976 to 1989	DOC Parameters 1990 to present
		%	%	%
	A	64.7	29.9	30.9
	B	5.9	19.3	18.0
	C	5.7	18.5	17.3
	D	1.4	1.0	1.1
	DOC	0.282	0.183	0.183
	L ₀	112.6	73.3	73.4
Prince Edward Island		DOC Parameters 1941 to 1975	DOC Parameters 1976 to 1989	DOC Parameters 1990 to present
		%	%	%
	A	64.2	29.7	34.2
	B	4.8	15.7	7.9
	C	4.7	15.1	7.6
	D	0.0	0.0	0.0
	DOC	0.272	0.168	0.162
	L ₀	108.7	67.2	64.6
Nova Scotia		DOC Parameters 1941 to 1975	DOC Parameters 1976 to 1989	DOC Parameters 1990 to present
		%	%	%
	A	59.6	27.5	32.3
	B	4.4	14.6	9.9
	C	4.3	14.0	9.5
	D	0.0	0.0	0.0
	DOC	0.252	0.156	0.160
	L ₀	100.9	62.4	64.1
New Brunswick		DOC Parameters 1941 to 1975	DOC Parameters 1976 to 1989	DOC Parameters 1990 to present
		%	%	%
	A	53.2	24.6	26.4
	B	6.3	20.7	16.0
	C	6.2	19.8	15.4
	D	0.7	0.5	0.7
	DOC	0.235	0.165	0.158
	L ₀	93.9	65.9	63.2
Quebec		DOC Parameters 1941 to 1975	DOC Parameters 1976 to 1989	DOC Parameters 1990 to present
		%	%	%
	A	84.7	39.2	35.0
	B	4.2	13.8	17.2
	C	4.1	13.2	16.6
	D	3.0	2.1	3.0
	DOC	0.361	0.206	0.203
	L ₀	144.4	82.5	81.2

Tableau A3-45 Provincial and Territorial CH₄ Generation Potential (L₀) Values (à suivre)

Ontario		DOC Parameters 1941 to 1975	DOC Parameters 1976 to 1989	DOC Parameters 1990 to present
		%	%	%
	A	83.2	38.5	37.2
	B	4.2	13.9	14.8
	C	4.1	13.4	14.2
	D	4.4	3.1	4.1
	DOC	0.359	0.207	0.207
	L ₀	143.7	82.7	83.0
Manitoba		DOC Parameters 1941 to 1975	DOC Parameters 1976 to 1989	DOC Parameters 1990 to present
		%	%	%
	A	76.7	35.5	32.7
	B	3.8	12.6	15.1
	C	4.8	15.4	18.4
	D	2.7	1.9	2.4
	DOC	0.328	0.192	0.191
	L ₀	131.4	76.8	76.6
Saskatchewan		DOC Parameters 1941 to 1975	DOC Parameters 1976 to 1989	DOC Parameters 1990 to present
		%	%	%
	A	84.3	39.0	37.1
	B	4.8	15.9	18.1
	C	6.0	19.5	22.2
	D	1.7	1.2	1.4
	DOC	0.360	0.216	0.217
	L ₀	143.9	86.4	86.7
Alberta		DOC Parameters 1941 to 1975	DOC Parameters 1976 to 1989	DOC Parameters 1990 to present
		%	%	%
	A	87.4	40.4	27.0
	B	7.5	24.6	17.0
	C	9.3	30.0	20.7
	D	6.0	4.2	3.9
	DOC	0.394	0.261	0.180
	L ₀	157.6	104.5	71.9
British Columbia		DOC Parameters 1941 to 1975	DOC Parameters 1976 to 1989	DOC Parameters 1990 to present
		%	%	%
	A	61.4	28.4	20.8
	B	4.1	13.4	15.5
	C	5.1	16.4	19.0
	D	6.5	4.6	7.1
	DOC	0.280	0.175	0.159
	L ₀	111.9	69.9	63.7

Tableau A3-45 Provincial and Territorial CH₄ Generation Potential (L₀) Values (à suivre)

Northwest Territories, Yukon and Nunavut	DOC Parameters 1941 to 1975	DOC Parameters 1976 to 1989	DOC Parameters 1990 to present
	%	%	%
A	50.7	23.5	26.1
B	5.1	16.7	18.6
C	5.0	16.1	17.9
D	0.0	0.0	0.0
DOC	0.219	0.146	0.163
L ₀	87.6	58.5	65.1

Data Sources: CRC Press (1973), NRCan (2006), Statistics Canada (2007a).

Décharges de déchets ligneux

L'équation A3-66, présentée dans les lignes directrices du GIEC (1996), sert à calculer le potentiel de production de CH₄ des décharges de déchets ligneux (GIEC/OCDE/AIE, 1997). La valeur par défaut établie par le GIEC pour le FCM applicable aux décharges profondes et non gérées (0,8) a été choisie pour représenter le FCM, car c'est celle qui représente le mieux les pratiques de l'industrie.

La valeur de 0,5 est retenue pour la fraction du CH₄ dans les gaz d'enfouissement (F) à partir de la plage de valeurs par défaut du GIEC (0,4 à 0,6).

La fraction du carbone organique dégradé dissimilé (CODF) représente la quantité de carbone organique qui a été ultimement dégradé et rejeté par la décharge de déchets solides. La valeur CODF représente le fait qu'une partie du carbone organique ne se dégrade pas, sinon très lentement. Les Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux. Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre prévoient des valeurs par défaut de l'ordre de 0,5-0,6 pour les décharges qui comportent de la lignine. Pour bien représenter le fort pourcentage de lignine dans les déchets ligneux, on utilise 0,5, la valeur minimale de cette plage, pour calculer le potentiel de production de CH₄ (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

La fraction du carbone organique dégradable (COD) représente la quantité de carbone organique qui est disponible pour la décomposition biochimique. L'équation A3-63 sert à calculer la valeur du COD présent dans les déchets de bois à l'échelle nationale, en supposant que les déchets sont composés à 100 % de bois (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

En se basant sur ces considérations, on obtient un L₀ de 80 kg CH₄/t de déchets ligneux, calculé à partir de l'équation A3-62.

Gaz d'enfouissement captés

Dans plusieurs grandes décharges de DSM, on capte les gaz d'enfouissement en vue de les éliminer par torchage, de les utiliser ou les deux. Grâce à leur teneur relativement élevée en CH₄, on peut brûler les gaz d'enfouissement pour produire de l'électricité ou de la chaleur. Dans une moindre mesure, depuis quelques années, le gaz capté est simplement recueilli et évacué. Les gaz d'enfouissement captés mais non utilisés sont éliminés par torchage. Aux fins de l'inventaire, les gaz captés comprennent uniquement les gaz éliminés par torchage ou utilisés. Pour calculer les émissions nettes de CH₄ des décharges, on soustrait la quantité de CH₄ captée du volume de CH₄ produit d'après le modèle Scholl Canyon, puis on additionne cette valeur à la portion de méthane émise lors du torchage. Les émissions de GES attribuables à l'utilisation de gaz d'enfouissement pour la récupération d'énergie sont comptabilisées dans le secteur de l'énergie. Le calcul des émissions nettes de CH₄ est illustré dans l'équation suivante :

Équation A3-64:

$$\text{CH}_4(\text{NET}) = \text{CH}_4(\text{produit}) - \text{CH}_4(\text{capté}) + \text{CH}_4(\text{E-torçage})$$

où :

$\text{CH}_4(\text{NET})$	=	émissions nettes de CH_4 provenant des décharges de DSM, t
$\text{CH}_4(\text{produit})$	=	émissions de CH_4 produites par les décharges de DSM, t
$\text{CH}_4(\text{capté})$	=	émissions de CH_4 captées par les décharges de DSM, t
$\text{CH}_4(\text{E-torçage})$	=	émissions de CH_4 libérées par suite du torçage des gaz d'enfouissement de DSM absorbés, t

Pour déterminer la quantité de CH_4 libérée par suite du torçage, on utilise un pourcentage d'efficacité de contrôle des émissions attribuables au torçage de 99,7 %. Cette valeur est tirée du tableau 2.4-3 du chapitre 2.4 du document AP 42 de l'APE (Agence de protection de l'environnement des États-Unis) (1995). La quantité de CH_4 libérée par suite du torçage des gaz d'enfouissement est calculée comme suit :

Équation A3-65:

$$\text{CH}_4(\text{E-torçage}) = \text{CH}_4(\text{torçage}) \times (1 - \text{Eff}_{(\text{contrôle-torçage})})$$

où :

$\text{CH}_4(\text{E-torçage})$	=	émissions de CH_4 libérées par suite du torçage des gaz d'enfouissement de DSM, t/an
$\text{CH}_4(\text{torçage})$	=	CH_4 éliminé par torçage, t/an
$\text{Eff}_{(\text{contrôle-torçage})}$	=	efficacité du contrôle des émissions dues au torçage, fraction

Les quantités de CH_4 recueillies entre 1983 et 1996 proviennent d'enquêtes ponctuelles réalisées par Environnement Canada³. Pour la période de 1997 à 2003, les données ont été recueillies directement auprès d'exploitants de décharges particulières, par le Bureau national de la prévention de la pollution d'Environnement Canada

3 . Perkin, communication personnelle (lettre datée de juillet 1998). Bureau national de la prévention de la pollution, Environnement Canada.

(Environnement Canada, 2003a). Les données de 2005 sur le captage du CH_4 sont tirées d'une étude réalisée pour le compte d'Environnement Canada (Environnement Canada, 2007). Les données de 2006 et 2007 sur l'absorption et l'utilisation de CH_4 proviennent d'une étude réalisée par la Division des gaz à effet de serre (GES) d'Environnement Canada en 2008 (Environnement Canada, 2009). En règle générale, les données relatives au captage des gaz d'enfouissement sont recueillies à chaque année impaire, pour les besoins de l'inventaire national de GES. Les données qui s'appliquent aux années paires subséquentes sont moyennées à partir des années impaires, à compter de 1997. Cependant, puisque les données des installations ont été recueillies en 2006 et en 2007 pour le rapport de 2008, ces données ont été utilisées pour les estimations figurant dans la déclaration de 2009. Le Tableau A3-46 illustre la quantité de CH_4 capté et éliminé par torçage entre 1990 et 2008.⁴

A3.5.1.2. Sources de données

Les données portant sur l'élimination des déchets proviennent d'une enquête sur les déchets que mène tous les deux ans Statistique Canada (2000, 2003, 2004, 2007a, 2008a). Les données de Statistique Canada sur l'élimination des déchets en 1998, 2000, 2002, 2004 et 2006 servent à estimer les quantités de DSM pour l'inventaire national des GES.

Les données relatives au captage et au torçage des gaz d'enfouissement pour la période de 1997 à 2003 ont été recueillies directement auprès d'exploitants de décharge particuliers, tous les deux ans, par le Bureau national de la prévention de la pollution d'Environnement Canada (Environnement Canada, 2003a). Les données de 2005 sur le captage du CH_4 sont tirées de l'étude intitulée An Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada, réalisée pour le compte d'Environnement Canada (Environnement Canada, 2007). Les données de 2007 sur le captage du CH_4 sont tirées d'une étude ultérieure menée par la Division des gaz à effet de serre (Environnement Canada, 2009).

4 . Les installations de collecte des gaz d'enfouissement suivantes n'avaient pas fourni de données en décembre 2008 pour les années 2006 et 2007 : Mirabel (QC) et Sainte-Cécile-de-Milton (QC) bien qu'elles aient fourni des données aux fins de l'inventaire de 2005. On a donc présumé que les données de 2005 étaient demeurées inchangées en 2006 et 2007. De plus, une nouvelle installation de collecte des gaz d'enfouissement au Québec (celle de Saint-Étienne-de-Grès) n'avait pas fourni de données en décembre 2008.

Tableau A3-46 Quantité estimative de CH₄ produit par les DSM captée, éliminée par torchage et libérée de 1990 à 2008

Année	CH ₄ produit (kt)	CH ₄ capté (kt)	CH ₄ éliminé par torchage (kt)	CH ₄ libéré par torchage (kt)	CH ₄ libéré (kt)
1990	915.988	192.661	23.614	0.071	723.397
1991	932.216	195.641	27.175	0.082	736.657
1992	948.603	204.782	35.291	0.106	743.926
1993	964.988	209.390	44.461	0.133	755.732
1994	981.259	223.362	56.729	0.170	758.067
1995	997.276	243.442	69.355	0.208	754.042
1996	1012.902	264.551	78.672	0.236	748.587
1997	1027.979	267.803	81.001	0.243	760.419
1998	1038.313	271.817	90.797	0.272	766.769
1999	1050.398	275.830	100.593	0.302	774.870
2000	1064.297	294.287	117.904	0.354	770.364
2001	1077.382	312.743	135.214	0.406	765.045
2002	1089.744	312.561	137.063	0.411	777.594
2003	1102.888	312.378	139.342	0.418	790.928
2004	1116.776	312.950	146.918	0.441	804.266
2005	1132.493	313.523	154.493	0.463	819.434
2006	1149.979	304.701	130.804	0.392	845.670
2007	1165.394	329.964	164.901	0.495	835.924
2008	1165.394	329.964	164.901	0.495	835.924

Note: On a présumé que les données de 2008 étaient les mêmes que celles de 2007.

A3.5.2. Émissions de CH₄ attribuables au traitement des eaux usées

A3.5.2.1. Méthodologie

Traitement des eaux usées municipales

La méthode par défaut proposée par le GIEC pour calculer les émissions de CH₄ attribuables au traitement des eaux usées domestiques ne peut être utilisée parce que les données requises (volume d'eau usée traitée) ne sont pas disponibles. En revanche, on utilise une méthode mise au point pour Environnement Canada (ORTECH Corporation, 1994) afin de calculer un coefficient d'émission. Cette méthode présume que le taux de production du CH₄ attribuable à la décomposition anaérobie des matières organiques présentes dans les eaux usées est de 0,22 kg CH₄/kg DBO₅ (demande biochimique en oxygène sur cinq jours) et

que le taux quotidien de charge de DBO₅ par habitant est de 0,050 kg DBO₅/personne/jour. En prenant pour base ces deux hypothèses, on estime que les eaux usées traitées par voie anaérobie sont susceptibles d'émettre 4,015 kg CH₄/personne par année. Le coefficient d'émission du CH₄ se calcule comme suit.

Équation A3-66:

$$\begin{aligned}
 CE_{CH_4} \text{ (kg CH}_4\text{/personne par an)} &= (\text{taux de charge de DBO}_5 \text{ par personne}) \times (\text{taux de production de CH}_4) \\
 &= \left(0,05 \frac{\text{kg DBO}_5}{\text{personne} \times \text{jour}}\right) \times \left(365 \frac{\text{jours}}{\text{an}}\right) \times \left(0,22 \frac{\text{kg CH}_4}{\text{kg DBO}_5}\right) \\
 &= \left(4,015 \frac{\text{kg CH}_4}{\text{personne} \times \text{jour}}\right)
 \end{aligned}$$

Le pourcentage des eaux usées traitées par voie aérobie (traitement des eaux usées primaire et secondaire) et par voie anaérobie (traitement en bassin de stabilisation) est tiré de la base de données sur l'utilisation des

eaux municipales pour les années suivantes : 1983, 1986, 1989, 1991, 1994, 1996 et 1999 (Environnement Canada, 1983-1999). Étant donné la forte corrélation entre le débit volumétrique des effluents municipaux et la population, on peut estimer les données manquantes correspondant à la période de 1983 à 1999 en reliant les données sur l'utilisation des eaux (Environnement Canada, 1983-1999) aux données démographiques provinciales pour cette période (Statistique Canada, 2006b, 2009a). Cette méthode d'estimation est compatible avec la méthode de substitution du GIEC (GIEC, 2000). Pour estimer le pourcentage des eaux usées traitées de 2000 à 2008, on applique aux valeurs de la base de données sur l'utilisation des eaux de 1983 à 1999 une fonction de croissance basée sur les populations provinciales de 1983 à 2007 (Statistique Canada, 2006b, 2009a). Cette méthode d'estimation est compatible avec la méthode d'extrapolation du GIEC (GIEC, 2000).

Pour calculer les émissions de CH₄, on multiplie les coefficients d'émission par la population de leurs provinces respectives (Statistique Canada, 2006b, 2009a) et par la fraction d'eaux usées ayant fait l'objet d'un traitement anaérobie.

Équation A3-67:

$$CH_{4(x)} = CE_{CH_4} \times P_x \times \text{Frac}_{AN(x)}$$

où :

CH _{4(x)}	=	émissions de CH ₄ provenant du traitement des eaux usées dans la province x, t/an
CE _{CH₄}	=	coefficient d'émission de CH ₄ pour le traitement des eaux usées, t/personne/année
P _x	=	population de la province x
Frac _{AN(x)}	=	fraction des eaux usées traitées par voie anaérobie dans la province x

Les émissions de CH₄ sont également calculées à l'aide de la méthode de contrôle du GIEC concernant les émissions de CH₄ attribuables au traitement des eaux usées domestiques (GIEC, 2000). Le calcul de la méthode de contrôle est le suivant :

Équation A3-68:

$$WM = P \times D \times SBF \times CE \times FTA \times 365 \times 10^{-12}$$

où :

WM	=	émissions de CH ₄ , par pays, des eaux usées domestiques, Tg
P	=	population du pays
D	=	charge organique de la demande biochimique en oxygène par personne, g DBO/personne par jour : 60 g DBO/personne par jour est la valeur utilisée (tableau 6.5 des lignes directrices du GIEC; GIEC/OCDE/AIE, 1997)
SBF	=	fraction de la DBO qui se stabilise facilement : valeur par défaut = 0,5
CE	=	coefficient d'émission, g CH ₄ /g DBO : valeur par défaut = 0,6
FTA	=	fraction de la DBO présente dans les boues qui se dégradent par voie anaérobie : valeur par défaut = 0,8

La méthode de contrôle du GIEC prescrit que, pour les pays qui recourent exclusivement à des procédés aérobies, la fraction de la DBO dans les boues qui se dégradent par voie anaérobie (FTA) serait nettement inférieure ou égale à zéro. Le GIEC recommande d'utiliser dans ces cas la méthode intégrale qui est exposée dans ses Recommandations en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux (GIEC, 2000). Le Canada se range dans cette catégorie. Cependant, comme il manque certaines des données requises, on utilise la méthode de contrôle pour vérifier l'exactitude de la méthode d'ORTECH Corporation (1994). On détermine la FTA à partir de la moyenne pondérée du pourcentage de personnes desservies par un traitement anaérobie, comme suit :

Équation A3-69:

$$FT_i = \sum_x \frac{\% AN_{x,i} \times P_{x,i}}{P_{tot,i}}$$

où :

- FT_i = fraction de la DBO présente dans les boues qui se dégradent par voie anaérobie pour une année i
- %AN_{x,i} = pourcentage de la population desservie par le traitement des eaux usées par voie anaérobie dans la province x dans une année i
- P_{x,i} = population de la province x pour une année i
- P_{tot,i} = population du Canada pour une année i

La différence dans les émissions de CH₄ entre la méthode de contrôle du GIEC et la méthode d'ORTECH Corporation (1994) est principalement attribuable au choix du coef-

ficient d'émission. Le coefficient d'émission par défaut du GIEC est de 0,6 g CH₄/g DBO. Le coefficient d'émission utilisé dans la méthode d'ORTECH Corporation (1994) (0,22 g CH₄/g DBO) est tiré d'une étude menée par Toprak H (1993).

Il est possible qu'il y ait une part de traitement anaérobie dans la catégorie du traitement des eaux usées secondaires. Cependant, bien que le pourcentage d'eaux usées au stade du traitement secondaire qui sont traitées par voie anaérobie ne soit pas quantifié dans la base de données sur l'utilisation des eaux municipales (Environnement Canada, 1983-1999), on ne s'attend pas à ce qu'il soit significatif.

Le Tableau A3-47 illustre le pourcentage des eaux usées traitées par voie anaérobie (bassins de stabilisation) pour la période de 1983 à 2008. Le reste des eaux usées reçoit un traitement aérobie (traitement primaire et secondaire). On présume que les bassins de stabilisation des déchets

Tableau A3-47 Pourcentage des eaux usées traitées par voie anaérobie (par province et territoire)

Année	Traitement des eaux usées (% anaérobie)											
	T. N. L.	Î. P. É.	N. É.	N. B.	QC	ON	MB	SK	AB	C. B.	T.N. O. et NU	YN
1983	2,4	18,6	16,8	37,2	10,2	2,1	10,9	22,6	20,8	9,0	46,4	100,0
1986	2,3	13,6	16,9	37,1	8,5	2,2	11,1	20,9	20,6	8,4	43,0	100,0
1989	3,8	11,2	9,6	41,5	13,0	3,1	11,2	19,7	13,4	8,8	83,7	100,0
1990	2,7	10,4	10,1	41,9	13,3	3,2	11,2	21,8	10,2	8,7	83,7	100,0
1991	12,9	15,8	4,8	32,5	10,1	2,7	10,1	21,2	12,5	9,6	95,6	100,0
1992	7,7	11,7	6,1	37,7	12,4	3,1	10,8	21,7	7,9	9,3	100,0	100,0
1993	7,6	10,0	5,0	37,7	12,7	3,2	10,8	21,5	6,1	9,4	100,0	100,0
1994	11,0	15,8	14,3	29,5	13,8	2,4	9,9	18,8	12,2	5,6	97,5	100,0
1995	5,4	10,7	6,8	35,6	13,3	3,1	10,5	20,8	5,8	7,8	100,0	100,0
1996	19,8	13,8	11,6	28,9	16,3	2,2	9,2	20,0	12,7	6,1	97,7	91,2
1997	19,7	11,2	7,2	34,2	14,3	3,0	10,1	20,5	5,2	7,0	97,9	97,7
1998	25,3	11,3	7,3	34,5	14,5	3,0	10,0	20,5	3,1	6,9	97,6	98,0
1999	40,0	12,3	13,4	39,1	18,3	2,2	11,0	17,6	11,6	5,8	97,7	90,4
2000	36,3	11,2	7,9	35,1	15,6	2,9	10,1	20,9	3,0	6,5	98,1	89,5
2001	39,2	11,2	8,1	35,2	15,9	3,0	10,0	21,5	1,7	6,4	98,6	86,4
2002	40,4	11,1	7,8	35,3	16,3	3,0	9,9	21,7	0,0	6,4	99,0	88,9
2003	40,9	11,0	7,5	35,3	16,7	3,0	9,8	21,8	0,0	6,3	99,3	93,9
2004	41,4	10,8	7,2	35,3	17,1	3,0	9,7	21,7	0,0	6,2	99,5	96,3
2005	42,8	10,6	7,4	35,5	17,5	3,0	9,6	22,0	0,0	6,1	99,5	97,6
2006	44,6	10,7	7,4	35,8	18,0	3,1	9,5	22,1	0,0	5,9	99,6	98,4
2007	46,2	10,6	7,6	35,8	18,4	3,1	9,4	21,5	0,0	5,8	99,7	98,8
2008	46,2	10,1	7,6	35,6	19,0	3,1	9,2	20,5	0,0	5,6	99,8	99,3

(lagunes facultatives) sont anaérobies, puisqu'il s'agit de systèmes principalement anaérobies dont la couche supérieure aérobie revient à des conditions anaérobies au cours de la nuit (Rich, 2005).

Traitement des eaux usées industrielles

Il n'existe à l'heure actuelle aucune estimation des émissions de ce sous-secteur. Toutefois, nous utiliserons la méthode suivante lorsque les données sur l'activité de ce sous-secteur sont disponibles.

Pour calculer les émissions de CH₄ dues au traitement des eaux usées industrielles, on adopte une approche descendante modifiée, inspirée des lignes directrices du GIEC et décrite à la figure 5.4 des recommandations du GIEC (GIEC, 2000). Comme le CH₄ provenant des eaux usées industrielles ne fait actuellement pas partie des principales catégories de sources, on utilise la case 1 de l'arbre de décision illustré à la figure 5.4 comme méthode de calcul des émissions de CH₄ (GIEC, 2000).

La valeur par défaut de 0,25 kg CH₄/kg demande chimique en oxygène (DCO) proposée par le GIEC est utilisée pour estimer les émissions de CH₄ attribuables au traitement des eaux usées industrielles (GIEC, 2000). Le volume des eaux usées industrielles traitées est tiré d'enquêtes menées par Environnement Canada pour les années 1986, 1991 et 1996 (Environnement Canada, 1986, 1991, 1996a). Pour prévoir le volume des eaux usées industrielles traitées durant la période de 1997 à 2008, on applique une fonction de croissance aux valeurs de la Base de données sur l'utilisation des eaux industrielles pour 1986, 1991 et 1996. Cette méthode de prévision est compatible avec la méthode d'extrapolation de tendances du GIEC (GIEC, 2000).

Les années manquantes correspondantes pour la période de 1987 à 1996 sont estimées en ajustant une fonction polynomiale aux données d'Environnement Canada (1986, 1991, 1996a) ainsi qu'aux données prévisionnelles (1997-2006). Pour estimer les coefficients de la fonction polynomiale, on utilise une méthode de régression linéaire multiple. C'est une fonction polynomiale d'ordre 6 qui offre le meilleur ajustement. Le Tableau A3-48 illustre les coefficients polynomiaux produits par la méthode de régression linéaire multiple pour chacun des groupes industriels.

Les quantités d'eaux usées industrielles traitées durant les années 1987-1990 et 1992-1995 se calculent à l'aide de l'équation suivante :

Équation A3-70:

$$V_x = (C_6 \times X^6) + (C_5 \times X^5) + (C_4 \times X^4) + (C_3 \times X^3) + (C_2 \times X^2) + (C_1 \times X) + C$$

où :

- V_x = volume des eaux usées traitées durant l'année X, (millions de mètres cubes)
- C_i = coefficient d'ordre i
- X = année d'intérêt

Le Tableau A3-49 illustre la quantité d'eaux usées industrielles traitées par groupe d'industries pour la période de 1986 à 2008.

Les émissions de CH₄ se calculent en multipliant le volume des eaux usées traitées pour chaque type d'industrie par la

Tableau A3-48 Coefficients polynomiaux établis par régression linéaire multiple et utilisés pour estimer la quantité des eaux usées industrielles traitées pour 1987 1990 et 1992 1995

	C	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
Aliments	5.05E+07	0	0	0	-4.75E-05	3.80E-08	-7.93E-12
Boissons	-4.11E+06	0	0	0	3.86E-06	-3.09E-09	6.43E-13
Produits du caoutchouc	1.02E+06	0	0	0	-9.58E-07	7.67E-10	-1.60E-13
Produits du plastique	2.50E+05	0	0	0	-2.35E-07	1.88E-10	-3.92E-14
Textiles (total)	-1.73E+07	0	0	0	1.64E-05	-1.31E-08	2.74E-12
Papier et produits connexes	-7.56E+07	0	0	0	7.17E-05	-5.76E-08	1.20E-11
Produits du pétrole et du charbon	-5.54E+06	0	0	0	5.23E-06	-4.19E-09	8.75E-13
Produits chimiques	1.54E+07	0	0	0	-1.46E-05	1.17E-08	-2.44E-12

Note: Les coefficients ayant été arrondis, il est possible qu'ils ne donnent pas un résultat total exact pour ce qui est du volume des eaux usées industrielles traitées.

Tableau A3-49 Volume d'eaux usées traitées par type d'industrie de 1986 à 2008

Année	Volume des eaux usées traitées (millions de mètres cubes)							
	Aliments	Boissons	Produits du caoutchouc	Produits du plastique	Textiles (total)	Papier et produits connexes	Produits du pétrole et du charbon	Produits chimiques
1986	352	15	5	7	25	2286	33	208
1987	282,0	20,6	3,7	6,7	44,5	2353,1	39,4	190,0
1988	229,7	25,2	2,9	6,4	55,8	2367,1	43,1	180,3
1989	191,8	28,8	2,4	6,2	60,8	2341,2	44,8	177,1
1990	165,5	31,6	2,3	6,1	61,1	2286,9	44,9	178,7
1991	147,5	33,9	2,3	6,0	58,3	2214,3	44,0	183,9
1992	137,4	35,5	2,5	5,9	52,8	2133,0	42,3	191,0
1993	131,4	36,7	2,8	5,9	46,6	2049,5	40,3	199,2
1994	128,5	37,7	3,1	5,9	40,1	1969,9	38,1	207,5
1995	127,1	38,3	3,4	5,9	34,1	1898,9	36,1	215,4
1996	128,6	38,4	3,6	5,9	28,3	1847,5	34,4	220,9
1997	125,1	39,4	3,9	5,9	24,5	1781,8	32,7	229,1
1998	121,7	40,4	4,3	5,9	21,2	1718,4	31,2	237,7
1999	118,4	41,4	4,7	5,8	18,3	1657,3	29,7	246,6
2000	115,2	42,4	5,2	5,8	15,9	1598,3	28,3	255,8
2001	112,1	43,5	5,6	5,8	13,7	1541,5	26,9	265,3
2002	109,1	44,6	6,2	5,8	11,9	1486,6	25,6	275,3
2003	106,1	45,7	6,7	5,8	10,3	1433,7	24,4	285,5
2004	103,3	46,9	7,4	5,7	8,9	1382,7	23,2	296,2
2005	100,5	48,1	8,1	5,7	7,7	1333,6	22,1	307,3
2006	97,8	49,3	8,8	5,7	6,7	1286,1	21,0	318,7
2007	95,1	50,5	9,6	5,7	5,8	1240,4	20,0	330,6
2008	92,5	51,8	10,6	5,7	5,0	1196,2	19,1	343,0

valeur de demande chimique en oxygène (DCO) correspondante, suivie du coefficient d'émission par défaut de 0,25 kg CH₄/kg DCO (GIEC, 2000) et de la fraction des eaux usées traitée par voie anaérobie. Avant 2006, selon les renseignements disponibles, aucune industrie importante ne procédait au traitement anaérobie de ses eaux usées⁵. Toutefois, nous savons maintenant que de telles installations fonctionnaient en 2006, mais aucune information quantitative n'est actuellement disponible à ce sujet. On utilise les valeurs par défaut de la DCO proposées par le GIEC (GIEC, 2000) dans la mesure du possible, soit lorsque les secteurs industriels du GIEC correspondent aux secteurs industriels inclus dans les enquêtes d'Environnement

Canada. Les groupes industriels figurant au Tableau A3-49 ont été choisis parmi l'ensemble des groupes à la source de déchets industriels mentionnés dans le rapport d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1986, 1991, 1996a) en raison de la disponibilité de valeurs de DCO pour un certain nombre de groupes industriels (GIEC, 2000). Le Tableau A3-50 présente les secteurs industriels inclus dans les enquêtes d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1986, 1991 et 1996a) ainsi que les valeurs de DCO par défaut correspondantes choisies par le GIEC pour représenter les secteurs industriels (GIEC, 2000).

5 Kel Hicke, communication personnelle (8 mars 2006), gestion de l'environnement, C.P. 9342, Station Gouvernement provincial, Victoria, C.-B., Canada; Francis Flynn, communication personnelle (7 mars 2006), Service de l'assainissement des eaux, Direction des politiques du secteur industriel, ministère de l'Environnement du Québec. Ces communications personnelles portaient sur le traitement anaérobie des eaux usées industrielles.

Tableau A3-50 Valeurs de DCO utilisées dans l'estimation des émissions de CH₄, par type d'industrie

Groupe industriel	Type d'industrie du GIEC	Composant organique dégradable du GIEC - DCO (g/L)
Aliments	Légumes, fruits et jus	5,0
Boissons	Boissons gazeuses	2,0
Produits du caoutchouc	Produits chimiques organiques	3,0
Produits du plastique	Plastiques et résines	3,7
Textiles primaires et produits textiles	Textiles (naturels)	0,9
Produits du bois	ND	ND
Papier et produits connexes	Pâtes et papiers (combinés)	9,0
Métaux de première fusion	ND	ND
Produits métalliques ouvrés	ND	ND
Matériel de transport	ND	ND
Produits minéraux non métalliques	ND	ND
Produits du pétrole et du charbon	Raffineries de pétrole	1,0
Produits chimiques	Produits chimiques organiques	3,0

Notes:

Sources : GIEC (2000), sauf le groupe Industriel qui provient d'Environnement Canada (1986, 1991, 1996a).

ND = Non disponible

Les émissions de CH₄ qui s'appliquent au traitement des eaux usées industrielles sont calculées à l'échelle nationale comme suit :

Équation A3-71:

$$CH_{4(\text{type d'industrie})} = V_{(\text{type d'industrie})} \times DCO_{(\text{type d'industrie})} \times CE_{CH_4} \times \text{Frac}_{(\text{anaérobie})}$$

où :

$CH_{4(\text{type d'industrie})}$	=	émissions de CH ₄ produites par type d'industrie, t/an
$V_{(\text{type d'industrie})}$	=	volume des eaux usées traitées, L/an
$DCO_{(\text{type d'industrie})}$	=	demande chimique en oxygène par type d'industrie, kg/L
CE_{CH_4}	=	coefficient d'émission de CH ₄ : valeur par défaut du GIEC = 0,000 25 t CH ₄ /kg DCO
$\text{Frac}_{(\text{anaérobie})}$	=	fraction des eaux usées traitées par voie anaérobie

A3.5.2.2. Sources de données

Les pourcentages des eaux usées traitées par voie aérobie (traitement des eaux usées primaire et secondaire)

et par voie anaérobie (traitement en bassin de stabilisation) sont tirés de la base de données sur l'utilisation des eaux municipales pour les années suivantes : 1983, 1986, 1989, 1991, 1994, 1996 et 1999 (Environnement Canada, 1983-1999).

Le volume des eaux usées industrielles traitées provient d'enquêtes menées par Environnement Canada pour les années 1986, 1991 et 1996.

A3.5.3. Émissions de N₂O attribuables au traitement des eaux usées

A3.5.3.1. Méthodologie

Les émissions de N₂O attribuables au traitement des eaux usées municipales se calculent à l'aide de la méthode par défaut du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Cette méthode estime les émissions en prenant pour base la quantité d'azote présente dans les déchets et en présumant qu'une quantité de 0,01 kg N₂O-N/kg d'azote des déchets sera produite.

Pour estimer la quantité d'azote présente dans les déchets, on présume que les protéines renferment 16 % d'azote (GIEC/OCDE/AIE, 1997). La consommation canadienne de protéines est tirée des statistiques sur l'alimentation

Tableau A3–51 Canadian Protein Consumption

Année	Consommation de protéines (g/personne/jour)
1990	65.26
1991 ¹	66.19
1992	66.55
1993	67.20
1994	67.86
1995	68.52
1996 ¹	68.59
1997	69.87
1998	70.56
1999	71.25
2000	71.95
2001 ¹	72.97
2002	72.79
2003 ¹	71.76
2004 ¹	72.18
2005 ¹	70.95
2006 ¹	70.95
2007 ¹	71.61
2008 ¹	70.81

Sources

1. Statistique Canada (2007b, 2008b, 2009b), Statistiques sur les aliments, no 21-020-X au catalogue. Les données ont été ajustées pour tenir compte des pertes qui peuvent survenir dans les magasins et les foyers et au moment de la cuisson et du service à la table.

publiées annuellement (Statistique Canada 2007b, 2008b, 2009b) et illustrées au Tableau A3-51 Les données sont fournies pour les années 1991, 1996 et 2001 à 2008. Une application de régression linéaire multiple permet d’estimer les données des autres années à partir des données de Statistique Canada.

Le coefficient d’émission du N₂O se calcule comme suit :

Équation A3–72:

$$CE_{N_2O} = CO \times CE_{N_2O-N} \times \text{Frac}_{NPR} \times \frac{44}{28}$$

où :

CE_{N_2O}	=	coefficient d’émission, kg N ₂ O/personne/an
CP	=	absorption annuelle de protéines par habitant, kg/personne/an (Statistique Canada 2007b, 2008b, 2009b)
CE_{N_2O-N}	=	coefficient d’émission : valeur par défaut de 0,01 (0,002-0,12) kg N ₂ O-N/kg d’azote de déchets produit
Frac_{NPR}	=	fraction de l’azote présent dans les protéines : valeur par défaut = 0,16 kg N/kg de protéines
44/28	=	coefficient stœchiométrique utilisé pour convertir l’azote en N ₂ O

Les émissions sont calculées en multipliant le coefficient d’émission par la population de chaque province (Statistique Canada 2006b, 2009a) :

Équation A3–73:

$$N_2O_s = CE_{N_2O} \times NR_{PERSONNE}$$

où :

N_2O_s	=	émissions de N ₂ O attribuables aux déchets humains, en kg N ₂ O-N/an
CE_{N_2O}	=	coefficient d’émission, kg N ₂ O/personne/an (équation A1-14).
$NR_{PERSONNE}$	=	nombre de personnes dans le pays

A3.5.3.2. Sources de données

Les données de la consommation canadienne de protéines sont tirées des statistiques sur l’alimentation publiées annuellement (Statistique Canada 2007b, 2008b, 2009b).

Les données démographiques provinciales sont tirées de Statistique Canada (Statistique Canada, 2006b, 2009a).

A3.5.4. Émissions de CO₂ attribuables à l'incinération des déchets municipaux

A3.5.4.1. Méthodologie

L'arbre de décision du GIEC, illustré à la figure 5.5 pour les émissions de CO₂ attribuables à l'incinération des déchets, définit ce qui constitue une bonne pratique dans l'adaptation des méthodes proposées dans Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre - Version révisée 1996 (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

Comme on ne dispose pas de données ventilées par pays sur la teneur en carbone, on choisira la case 2 de l'arbre de décision de la figure 5.5 (GIEC, 2000) comme méthode de calcul des émissions de CO₂.

Les trois étapes de la méthode mise au point pour estimer les émissions de CO₂ attribuables à l'incinération des déchets sont les suivantes :

Calcul de la quantité de déchets incinérés : La quantité de déchets incinérés chaque année est fondée sur deux sources principales. La quantité de DSM incinérés en 1992

a été estimée à partir d'une étude menée par la Direction générale des déchets dangereux d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1996b). Quant à la quantité de DSM incinérés durant les années 1999, 2000 et 2001, elle a été estimée à partir de l'étude intitulée « Municipal Solid Waste Incineration in Canada: An Update on Operations 1999-2001 » menée par A.J. Chandler & Associates Ltd. pour le compte d'Environnement Canada (Environnement Canada, 2003b). Une équation polynomiale d'ajustement de courbe permet d'estimer la quantité de DSM incinérés de 1991 à 1998 à partir des valeurs fournies par A.J. Chandler & Associates Ltd. et Environnement Canada. Pour estimer les coefficients de la fonction polynomiale, on a recours à une application de régression linéaire multiple (outil pour une série statistique LINEST de Microsoft Excel). C'est une fonction polynomiale d'ordre 13 qui offre le meilleur ajustement. Cette méthode d'estimation (régression linéaire multiple) est compatible avec la méthode d'interpolation du GIEC (GIEC, 2000). Pour estimer la quantité de DSM incinérés de 2002 à 2008, on effectue une extrapolation des tendances en utilisant les valeurs d'incinération des DSM d'A.J. Chandler & Associates Ltd. et d'Environnement Canada pour toutes les provinces visées à l'exception

Tableau A3-52 Estimation des DSM incinérés (par province) de 1990 à 2008

Année	DSM incinérés					
	T. N. L.	Î. P. É.	N. É.	QC	ON	C. B.
1990	0	32 000	76 500	619 522	258 700	239 752
1991	0	32 000	53 458	564 219	266 361	252 214
1992	35 500	29 800	56 700	541 100	277 000	257 500
1993	0	32 000	57 953	530 107	255 272	262 964
1994	0	32 000	57 564	508 308	251 779	265 179
1995	0	32 000	55 924	483 314	249 873	265 668
1996	0	32 000	53 421	455 098	249 719	264 723
1997	0	32 000	50 443	423 631	251 484	262 637
1998	0	32 000	47 385	388 882	255 337	259 705
1999	0	32 212	45 000	298 904	258 429	254 800
2000	0	33 000	42 000	303 887	270 811	256 400
2001	0	32 224	42 000	303 910	281 671	246 700
2002	0	32 662	41 487	307 715	165 060	251 949
2003	0	32 824	39 079	310 700	178 747	251 718
2004	0	33 036	37 246	314 041	192 169	251 406
2005	0	33 214	38 641	317 108	204 647	251 009
2006	0	33 151	38 574	320 418	217 032	250 563
2007	0	33 248	40 637	324 125	228 737	249 935
2008	0	33 869	39 960	328 550	241 551	249 226

Note: Usine d'incinération de l'Ontario fermée à la fin de 2001.

du Québec et de l'Ontario, où seule la première source est utilisée. En Ontario, une des usines d'incinération a fermé ses portes à la fin de 2001. La quantité de déchets incinérés dans cette province pour la période de 2002 à 2008 a donc été estimée en corrélant les valeurs d'incinération d'A.J. Chandler & Associates Ltd. pour 1999-2001 avec les données démographiques (Statistique Canada, 2006b, 2009) et en présument que l'usine d'incinération de l'Ontario était fermée durant cette période.

Le Tableau A3-52 illustre les valeurs estimées relativement à l'incinération des DSM pour la période de 1990 à 2008.

Établissement des coefficients d'émission : Les coefficients provinciaux d'émission de CO₂ ont été mis au point à partir d'une étude menée par la Direction générale des déchets dangereux d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1996b). Ces coefficients sont fondés sur l'hypothèse que le carbone contenu dans les déchets subit une oxydation complète et se transforme entièrement en CO₂.

La ventilation par province des types de déchets incinérés en 1992 a été estimée par la Direction générale des déchets dangereux d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1996b). La quantité de déchets incinérés a été divisée en trois catégories : le papier, le plastique et les matières organiques. Conformément aux Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre - Version révisée 1996 (GIEC/OCDE/AIE, 1997), l'estimation des émissions tient compte uniquement des émissions de CO₂ qui résultent de l'incinération du carbone présent dans les déchets d'origine fossile (p. ex. les plastiques, certains textiles, le caoutchouc, les solvants liquides et les huiles usées) (GIEC, 2000). Pour mettre au point un coefficient d'émission qui exclut les émissions résultant de l'incinération de la biomasse, il faut donc estimer la proportion de matière d'origine fossile dans les déchets. On obtient une ventilation estimative de la composition organique en calculant la moyenne des données de composition des déchets tirées de trois documents publiés (Environnement Canada, 1994, 1995a, 1995b). Le Tableau A3-53 illustre la ventilation de la composition organique ainsi obtenue.

La quantité de carbone à base de combustibles fossiles disponible dans les déchets incinérés est déterminée à l'aide des valeurs caractéristiques de teneur en carbone en pourcentage du poids total. Les valeurs de quantité de carbone et de teneur en humidité sont tirées de Tchobanoglous *et al.* (1993) et de Peavy *et al.* (1985). Pour estimer la quantité de carbone par tonne de déchets, on soustrait

Tableau A3-53 Composition organique estimative des DSM

Composant	% des matières organiques totales
Déchets de jardin	41
Déchets alimentaires	31
Déchets ligneux	16
Textiles	10
Caoutchouc	2
Autres	0
Total des matières organiques	100

la teneur en humidité de la masse des déchets d'origine fossile et on multiplie le résultat par la teneur en carbone du type de déchet. On détermine la portion des déchets organiques d'origine fossile en multipliant la quantité de déchets organiques par le pourcentage de la composition d'origine fossile, comme suit :

Équation A3-74:

$$\text{Type déchets}_{\text{Origine fossile}} = M_{\text{Total}} \times (1 - \% \text{ Organique}_{\text{Comp}})$$

où :

Type déchets _{Origine fossile}	=	quantité de déchets à base de combustibles fossiles incinérés, t
M _{Total}	=	quantité de déchets incinérés, t (données de 1992 provenant d'Environnement Canada (1996b))
%Organique _{Comp}	=	pourcentage de composition organique par type de déchets (Environnement Canada 1994; Environnement Canada 1995a; Environnement Canada 1995b)

Pour convertir la quantité de carbone d'origine fossile en tonnes de CO₂ par tonne de déchets, on la multiplie par le rapport entre la masse moléculaire du CO₂ et celle du carbone. La dérivation du coefficient d'émission de CO₂ est illustrée dans les équations suivantes :

Équation A3-75:

$$C_{\text{Dispo}(y)} = (\text{Type déchets}_{\text{Origine fossile}}) \times (1 - \% \text{ Humidité}) \times \% C_{\text{Type déchets}}$$

where:

$C_{\text{Dispo}(y)}$	=	carbone disponible par type de déchets dans la province y, t
Type déchets _{Origine fossile}	=	quantité de déchets à base de combustibles fossiles incinérés, t (données de 1992 d'Environnement Canada (1996b))
% Humidité	=	% de la teneur en humidité par type de déchets (Tchobanoglous et al., 1993)
% $C_{\text{Type déchets}}$	=	pourcentage de carbone par type de déchets (poids sec) (Tchobanoglous et al., 1993)

Équation A3-76:

$$CE_{\text{CO}_2-1992(y)} = \left(\frac{\sum C_{\text{dispo}(y)}}{M_{\text{discp}(y)}} \right) \times \frac{44}{12}$$

where:

$CE_{\text{CO}_2-1992(y)}$	=	coefficient d'émission de CO_2 provincial en 1992 pour l'incinération des déchets pour une province y, t CO_2/t de déchets incinérés
$C_{\text{dispo}(y)}$	=	carbone disponible par type de déchets dans la province y, t (voir l'équation A-17)
$M_{\text{Inc}(y)}$	=	masse totale de déchets incinérés en 1992 dans la province y, t
44/12	=	coefficient stœchiométrique utilisé pour convertir le carbone en CO_2 .

Calcul des émissions de CO_2 : Les émissions sont calculées à l'échelle provinciale en multipliant la quantité de déchets incinérés par les coefficients d'émission applicables.

Équation A3-77:

$$\text{CO}_2(x) = CE_{\text{CO}_2-1992} \times (M_{\text{Inc}(x)/\text{province}})$$

où:

$\text{CO}_2(x)$	=	émissions de CO_2 attribuables à l'incinération des déchets durant une année x, t/province par année
CE_{CO_2-1992}	=	coefficient d'émission de CO_2 provincial en 1992 pour l'incinération des déchets, t CO_2/t de déchets incinérés
$M_{\text{Inc}(x)/\text{province}}$	=	masse de déchets incinérés par province dans une année x, t/an

A3.5.4.2. Sources de données

La quantité de DSM incinérés en 1992 a été estimée par la Direction des déchets dangereux d'Environnement Canada (Environnement Canada, 1996b). Quant à la quantité de DSM incinérés durant les années 1999, 2000 et 2001, elle a été estimée à partir d'une étude menée par A.J. Chandler & Associates Ltd. pour le compte d'Environnement Canada (Environnement Canada, 2003b).

La quantité de carbone à base de combustibles fossiles disponible dans les déchets incinérés est déterminée à l'aide des constantes caractéristiques du carbone en pourcentage du poids total. Les constantes du carbone et la teneur en humidité proviennent de Tchobanoglous et al. (1993) et de Peavy et al. (1985).

A3.5.5. Émissions de N_2O attribuables à l'incinération des déchets

A3.5.5.1. Méthodologie

Incinération des déchets solides municipaux

Les émissions de N_2O attribuables à l'incinération des DSM sont estimées en présumant que les cinq coefficients relatifs aux incinérateurs déterminés par le GIEC sont les plus représentatifs. Le coefficient d'émission de N_2O moyen pour la gamme définie comme étant les valeurs par défaut pour les cinq incinérateurs de DSM est de 0,148 kg/t de déchets incinérés (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Pour estimer les émissions, on multiplie le coefficient ainsi calculé par la

quantité de déchets incinérés dans chaque province. On détermine ensuite les valeurs des émissions nationales en faisant la somme de ces émissions pour l'ensemble des provinces.

Équation A3-78:

$$N_2O_{MSW} = M_{MSW} \times CE_{N_2O-MSW}$$

où :

N_2O_{MSW}	=	émissions de N_2O attribuables à l'incinération des déchets solides municipaux, t/an
M_{MSW}	=	masse des déchets solides municipaux incinérés, t/an
CE_{N_2O-MSW}	=	coefficient d'émission de N_2O des DSM (0,148 kg N_2O /t DSM incinérés/1 000 kg/t)

Incinération des boues d'épuration

Les émissions de N_2O attribuables à l'incinération des boues d'épuration sont estimées à l'aide du coefficient d'émission par défaut du GIEC pour les lits fluidisés, soit 0,8 kg/t de boues d'épuration séchées incinérées (GIEC, 2000). Pour estimer les émissions, on multiplie le coefficient ainsi calculé par la quantité de déchets incinérés dans chaque province. On détermine ensuite les valeurs des émissions nationales en faisant la somme de ces émissions pour l'ensemble des provinces.

Équation A3-79:

$$N_2O_{SS} = M_{SS} \times CE_{N_2O-SS}$$

où:

N_2O_{SS}	=	émissions de N_2O attribuables à l'incinération des boues d'épuration, t/an
M_{SS}	=	masse des boues d'épuration séchées incinérées, t/an
CE_{N_2O-SS}	=	coefficient d'émission de N_2O des boues d'épuration (0,8 kg N_2O /t de boues sèches incinérées/1 000 kg/t)

A3.5.5.2. Sources de données

Les sources de données sur l'incinération des DSM sont énumérées à la section A3.1.4.2.

Les émissions de la quantité de solides séchés dans les boues d'épuration incinérées au cours des années 1990-1992 sont fondées sur une étude menée en 1994. Les données relatives aux années 1993-1996 ont été obtenues au moyen de sondages téléphoniques auprès d'installations qui incinèrent des boues d'épuration (Environnement Canada, 1997). Les données relatives aux années 1997 et 1998 sont fondées sur une étude menée par Compass Environmental Inc. pour le compte d'EC (1999). Les données sur les activités des années 1999, 2000 et 2001 proviennent d'une étude réalisée par A.J. Chandler & Associates Ltd. pour Environnement Canada (2003b).

A3.5.6. Émissions de CH_4 attribuables à l'incinération des déchets

A3.5.6.1. Méthodologie

Il est présumé que les émissions de CH_4 attribuables à l'incinération de DSM sont négligeables. Cependant, l'incinération des biosolides découlant du traitement des eaux usées municipales produit, elle, des émissions de CH_4 . Le GIEC ne propose aucune méthode pour calculer les émissions de CH_4 résultant de l'incinération des déchets, mais recommande que les experts nationaux emploient des méthodes existantes ayant fait l'objet de publication (GIEC, 2000).

Les émissions de CH_4 sont estimées en prenant pour base des coefficients d'émission publiés par l'EPA (1995). Les coefficients d'émission sont établis à 1,6 t/kt de solides séchés totaux pour les incinérateurs de déchets à lit fluidisé et à 3,2 t/kt de solides séchés pour les incinérateurs à soles étagées, ces deux types d'incinérateurs étant équipés d'épurateurs de type Venturi. On présume que tous les incinérateurs sont du type à lit fluidisé.

Les émissions de CH_4 attribuables à l'incinération des boues d'épuration sont fonction de la quantité de solides séchés incinérés. Pour calculer les émissions de CH_4 , la quantité de solides séchés incinérés est multipliée par un coefficient d'émission approprié. Les émissions de la quantité de solides séchés dans les boues d'épuration incinérées au cours des années 1990-1992 sont fondées

sur une étude menée en 1994 (Environnement Canada, 1994b). Les données relatives aux années 1993-1996 ont été obtenues au moyen de sondages téléphoniques auprès d'installations qui incinèrent des boues d'épuration (Environnement Canada 1997). Les données relatives aux années 1997 et 1998 sont fondées sur une étude menée par Compass Environmental Inc. pour le compte de d'Environnement Canada (1999). Les données sur les activités des années 1999, 2000 et 2001 proviennent d'une étude réalisée par A.J. Chandler & Associates Ltd. pour Environnement Canada (2003b). Pour estimer la quantité de boues d'épuration incinérées de 2002 à 2008, on a effectué une analyse de régression linéaire à l'aide des valeurs d'incinération de DSM établies par A.J. Chandler & Associates Ltd. et Compass Environmental Inc.

Vu le nombre relativement restreint d'installations qui incinèrent des boues d'épuration au Canada, nous croyons que toutes les installations concernées ont été jointes et nous nous attendons à ce que les données sur les activités

recueillies auprès des trois sources d'information soient complètes. Cela étant, la méthode que nous avons suivie pour estimer la quantité de boues d'épuration incinérées au cours des années de la série chronologique est uniforme.

Les estimations concernant l'incinération des boues d'épuration pour la période de 1990 à 2008 sont présentées Tableau A3-54.

t toutefois heurtés à des difficultés, en raison de problèmes d'odeur et de la quantité considérable de déchets qu'il fallait épandre dans les champs. À Toronto, de 1996 à 2000, les boues étaient stockées durant les périodes où il était impossible d'épandre les déchets excédentaires sur des terres. En 2001, dans le cadre d'un nouveau contrat, on a épandu des biosolides dans des champs d'agriculteurs de l'Ontario, et les biosolides excédentaires ont été acheminés à des décharges situées aux États-Unis.

Tableau A3-54 Estimation de la quantité de boues d'épuration incinérées de 1990 à 2008

Boues d'épuration incinérées (t, poids sec)					
An- née	Québec	Ontario	Saskatchewan	Alberta	Total national
1990	49 200	222 795	1 840	0	273 835
1991	59 400	222 795	1 840	0	284 035
1992	79 800	222 795	1 840	0	304 435
1993	64 833	129 125	71	0	194 029
1994	100 181	93 072	59	0	193 311
1995	101 356	113 985	152	0	215 493
1996	93 276	112 697 1	70	0	206 043
1997	15 424	0	0	4 885	20 310
1998	18 341	0	0	4 951	23 292
1999	22 032	0	0	0	22 032
2000	24 651	0	0	0	24 651
2001	27 960	0	0	0	27 960
2002	31 096	0	0	0	31 096
2003	34 234	0	0	0	34 234
2004	37 373	0	0	0	37 373
2005	40 511	0	0	0	40 511
2006	43 649	0	0	0	43 649
2007	46 787	0	0	0	46 787
2008	49 925	0	0	0	49 925

Note:

1. On observe un changement radical de la quantité de boues d'épuration incinérées en Ontario entre 1996 et 1997. Cela est attribuable à deux projets pilotes qui ont été approuvés au milieu des années 1990 pour l'élimination de déchets non incinérables de boues d'épuration. Le premier projet consistait à épandre les boues d'épuration traitées sur les champs d'agriculteurs à l'extérieur de Toronto, et le second à transporter les boues d'épuration en vue de les épandre sur des résidus miniers. Les deux projets se sont toutefois heurtés à des difficultés, en raison de problèmes d'odeur et de la quantité considérable de déchets qu'il fallait épandre dans les champs. À Toronto, de 1996 à 2000, les boues étaient stockées durant les périodes où il était impossible d'épandre les déchets excédentaires sur des terres. En 2001, dans le cadre d'un nouveau contrat, on a épandu des biosolides dans des champs d'agriculteurs de l'Ontario, et les biosolides excédentaires ont été acheminés à des décharges situées aux États-Unis.

Les émissions de CH₄ sont calculées comme suit :

Équation A3–80:

$$CH_{4(s)} = S_{Inc} \times CE_{CH_4 - FB}$$

où :

CH _{4(s)}	=	émissions de CH ₄ attribuables à l'incinération de déchets, t/an
S _{Inc}	=	boues d'épuration séchées incinérées t/an
CE _{CH₄-FB}	=	coefficient d'émission de CH ₄ pour les incinérateurs à lit fluidisé : 1,6 t CH ₄ /kt de boues d'épuration incinérées/1 000 kg/t

A3.5.6.2. Sources de données

Les émissions de la quantité de solides séchés dans les boues d'épuration incinérées au cours des années 1990-1992 sont fondées sur une étude menée en 19945. Les données relatives aux années 1993-1996 ont été obtenues au moyen de sondages téléphoniques auprès d'installations qui incinèrent des boues d'épuration (Environnement Canada, 1997). Les données relatives aux années 1997 et 1998 sont fondées sur une étude menée par Compass Environmental Inc. pour le compte d'EC (1999). Les données sur les activités des années 1999, 2000 et 2001 proviennent d'une étude réalisée par A.J. Chandler & Associates Ltd. pour Environnement Canada (2003b).

Annexe 4

Comparaison entre la méthode sectorielle et la méthode de référence

La présente annexe traite des résultats du calcul de l'énergie et des émissions de CO₂ obtenus par la méthode de référence (MR), comparativement à ceux obtenus par la méthode sectorielle (MS). Elle comprend aussi un résumé du bilan énergétique national, principale source de données pour les deux méthodes.

A4.1. Comparaison entre la méthode de référence et la méthode sectorielle

Les résultats de la MR ont été comparés à ceux obtenus par la MS dans le cadre d'une vérification de l'énergie consommée et des émissions de CO₂ provenant de la combustion de combustibles fossiles. La procédure, effectuée pour toutes les années de 1990 à 2008, fait partie intégrante du rapport présenté aux termes de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

La comparaison directe des résultats de la MR avec ceux de la MS fait ressortir des écarts considérables, étant donné que, dans la MS, le total des émissions et de l'énergie associées à la combustion de combustibles fossiles n'inclut pas le CO₂ provenant des utilisations non énergétiques des combustibles et des matières premières, tel que présenté

Tableau A4-1 Comparaison entre la méthode de référence rajustée et la méthode sectorielle pour le Canada

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Comparaison globale de l'énergie																			
Valeur de la méthode de référence (PJ)	7186	7066	7278	7311	7538	7718	7970	8137	8220	8494	8839	8780	8911	9197	9187	9026	8873	9389	9080
Valeur de la méthode sectorielle (PJ)	6365	6210	6446	6455	6683	6840	7029	7158	7242	7532	7887	7805	7958	8233	8132	8009	7824	8403	8129
Pourcentage (%) de différence non rajusté	12.9	13.8	12.9	13.3	12.8	12.8	13.4	13.7	13.5	12.8	12.1	12.5	12.0	11.7	13.0	12.7	13.4	11.7	11.7
Valeur de la méthode de référence rajustée, incluant l'utilisation à des fins non énergétiques de combustibles fossiles et de matières premières (PJ)	6329	6181	6398	6395	6613	6797	6986	7107	7182	7483	7847	7730	7849	8101	7997	7816	7657	8154	7879
Pourcentage (%) de différence rajusté - 100% x (MR-MS)/MS	-0.57	-0.47	-0.75	-0.92	-1.04	-0.63	-0.61	-0.72	-0.82	-0.64	-0.52	-0.96	-1.37	-1.61	-1.66	-2.40	-2.14	-2.96	-3.07
Utilisation non énergétique de combustibles fossiles et de matières premières																			
Utilisation non énergétique de combustibles liquides (PJ)	440	429	419	441	453	439	486	528	500	501	516	551	558	583	655	710	679	727	700
Utilisation non énergétique de combustibles solides (PJ)	125	139	140	138	134	138	137	132	135	142	148	141	139	142	146	152	156	155	146
Utilisation non énergétique de combustibles gazeux (PJ)	292	317	320	336	337	345	361	370	403	369	329	359	366	371	390	348	381	353	354
Comparaison globale des émissions																			
Valeur de la méthode de référence (Gg CO ₂)	447936	440101	450025	448395	460699	472141	486028	498507	504924	520436	544110	538465	541386	561561	555744	546670	530682	563524	546023
Valeur de la méthode sectorielle (Gg CO ₂)	413932	403896	417402	414495	427183	438277	449573	460599	467582	483563	506301	502595	509432	527900	521951	513344	500269	534206	518321
Pourcentage (%) de différence non rajusté	8.22	8.96	7.82	8.18	7.85	7.73	8.11	8.23	7.99	7.63	7.47	7.14	6.27	6.38	6.47	6.49	6.08	5.49	5.34
Valeur de la méthode de référence rajustée, incluant l'utilisation à des fins non énergétiques et des matières premières (Gg CO ₂)	420833	411137	421032	418179	430482	440911	453605	465459	470999	487627	511484	506805	509460	528387	520115	511460	493688	527498	511335
Pourcentage de différence rajusté - 100% x (MR-MS)/MS	1.67	1.79	0.87	0.89	0.77	0.60	0.90	1.06	0.73	0.84	1.02	0.84	0.01	0.09	-0.35	-0.37	-1.32	-1.26	-1.35
Émissions de dioxyde de carbone de l'utilisation non énergétique de combustibles fossiles et de matières premières																			
Liquide (Gg CO ₂)	5088	4990	5066	5491	5643	6027	6762	7222	6637	6592	6722	7185	7605	8031	9783	9648	10301	10721	10472
Solide (Gg CO ₂)	10680	11950	12029	11852	11519	11788	11694	11291	11418	11980	12476	11862	11719	12039	12315	12820	13182	13073	12361
Gazeux (Gg CO ₂)	11335	12025	11898	12873	13055	13414	13968	14536	15870	14238	13427	12613	12602	13103	13530	12742	13510	12232	11855
Détails particuliers sur les émissions de dioxyde de carbone provenant de l'utilisation non énergétique de combustibles fossiles et de matières premières																			
Combustibles liquides																			
Valeur de la méthode de référence (Gg CO ₂)	192894	181748	179326	181295	185624	186799	193373	201796	204233	205984	209018	211668	205833	219085	226910	218659	208807	217711	210575
Valeur de la méthode de référence rajustée, incluant l'utilisation à des fins non énergétiques et des matières premières (Gg CO ₂)	187806	176758	174259	175804	179981	180772	186611	194574	197596	199392	202296	204484	198228	211053	217126	209011	198506	206989	200103
Émissions de dioxyde de carbone de l'utilisation non énergétique de combustibles fossiles et de matières premières																			
Consommation non énergétique d'éthane	1194	1194	1194	1238	1269	1195	1195	1283	1187	1218	1278	1816	1965	1903	2498	2739	2828	3112	2778

Équation A4-2: Tableau A4-1 Comparaison entre la méthode de référence rajustée et la méthode sectorielle pour le Canada (à suivre)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Détails particuliers sur les émissions de dioxyde de carbone provenant de l'utilisation non énergétique de combustibles fossiles et de matières premières (à suivre)																			
Consommation non énergétique de naphthes	165	174	159	125	97	72	78	95	74	72	130	82	65	66	60	44	41	108	101
Consommation non énergétique de bitume	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation non énergétique de lubrifiants	1318	1223	1215	1272	1400	1427	1425	1554	1495	1507	1549	1451	1693	1734	1684	1735	1592	1615	1548
Consommation non énergétique de matières premières pétrochimiques	1898	1768	1933	1916	1827	2186	2301	2275	2293	2436	2278	2122	2310	2218	2574	1929	2327	2384	2338
Consommation non énergétique d'autres produits	512	630	565	940	1050	1148	1763	2015	1589	1360	1487	1714	1572	2110	2967	3201	3512	3502	3707
Valeur de la méthode sectorielle (Gg CO ₂)	177356	166584	167182	168159	172375	173784	177828	184464	189171	190946	194444	195570	194284	207619	212557	210461	202586	212641	208764
Pourcentage de différence rajusté - 100 % x (MR-MS)/MS	5.89	6.11	4.23	4.55	4.41	4.02	4.94	5.48	4.45	4.42	4.04	4.56	2.03	1.65	2.15	-0.69	-2.01	-2.66	-4.15
Combustibles solides																			
Valeur de la méthode de référence (Gg CO ₂)	100360	103939	107185	99834	103316	105842	107047	112330	118659	120043	128717	128367	126915	130197	125600	123673	119598	124762	124955
Valeur de la méthode de référence rajustée, incluant l'utilisation à des fins non énergétiques et des matières premières (Gg CO ₂)	89680	91989	95156	87982	91797	94054	95353	101040	107240	108063	116240	116505	115196	118158	113284	110853	106416	111689	112594
Émissions de dioxyde de carbone de l'utilisation non énergétique de combustibles fossiles et de matières premières																			
Utilisation non énergétique d'antracite	173	132	172	198	197	232	278	278	274	257	273	187	149	163	158	153	155	112	110
Utilisation non énergétique de bitumineux canadien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	464	211	243	518
Utilisation non énergétique du coke (sidérurgie et autre)	8056	9273	9219	8882	8194	8522	8308	8107	8317	8514	8521	7928	7771	7705	7877	7694	8409	8420	8227
Utilisation non énergétique de bitumineux étranger	467	418	372	399	438	486	472	487	503	458	521	419	504	572	612	513	583	515	3
Utilisation non énergétique de lignite	123	127	123	196	151	167	186	189	154	119	197	204	200	215	238	267	267	232	203
Utilisation non énergétique du coke de pétrole	1862	2000	2144	2177	2538	2381	2449	2229	2171	2632	2965	3123	3095	3385	3430	3729	3557	3550	3299
Valeur de la méthode sectorielle (Gg CO ₂)	91779	94143	97617	90620	94725	97231	98654	104798	110596	111012	119551	119633	118194	121044	116581	113631	110241	115177	111671
Pourcentage de différence rajusté - 100 % x (MR-MS)/MS	-2.29	-2.29	-2.52	-2.91	-3.09	-3.27	-3.35	-3.59	-3.03	-2.66	-2.77	-2.61	-2.54	-2.38	-2.83	-2.44	-3.47	-3.03	0.83
Combustibles gazeux																			
Valeur de la méthode de référence (Gg CO ₂)	154550	154264	163347	167080	171381	179191	185295	184228	181798	194180	206106	198174	208246	211906	202819	204037	201956	220631	210071
Valeur de la méthode de référence rajustée, incluant l'utilisation à des fins non énergétiques et des matières premières (Gg CO ₂)	143216	142240	151449	154208	158326	165777	171327	169692	165929	179943	192678	185561	195644	198802	189289	191295	188446	208399	198217
Émissions de dioxyde de carbone de l'utilisation non énergétique de combustibles fossiles et de matières premières																			
Consommation non énergétique de gaz naturel	6339	7062	6713	7498	7668	7714	7889	8334	8035	8202	7616	6381	5947	6199	6569	6282	6260	6208	5765
Consommation non énergétique de butane	275	381	392	437	432	514	604	527	563	358	273	1137	977	1109	1182	813	912	767	870
Consommation non énergétique de propane	314	314	426	249	165	129	104	108	181	343	116	79	373	141	200	169	352	345	349
Torchage lié aux activités de production et de transformation du gaz naturel	4407	4267	4368	4690	4790	5057	5370	5567	7091	5335	5422	5016	5305	5654	5580	5478	5986	4912	4871
Valeur de la méthode sectorielle (Gg CO ₂)	144665	143019	152435	155530	159705	166954	172777	171185	167580	181376	192037	187137	196562	198863	192398	188951	187125	205973	197472
Pourcentage de différence rajusté - 100 % x (MR-MS)/MS	-1.00	-0.55	-0.65	-0.85	-0.86	-0.71	-0.84	-0.87	-0.99	-0.79	0.33	-0.84	-0.47	-0.03	-1.62	1.24	0.71	1.18	0.38

au Tableau A4-1. La comparaison directe des résultats de la MR et de la MS montre un écart de 11,7 à 13,8 % dans l'énergie et un écart de 5,34 à 8,96 % dans les émissions.

Au Canada, on utilise de grandes quantités de combustibles fossiles comme matière première dans des procédés industriels comme la production d'aluminium, d'ammoniac et d'éthylène et dans la sidérurgie. Les émissions de CO₂ attribuables à ces procédés sont déclarées dans le secteur des procédés industriels, tandis que les émissions de CO₂ produites par les activités de torchage et de transformation pour la production et la transformation pétrolières et gazières figurent dans la catégorie des émissions fugitives du secteur du pétrole et du gaz naturel.

Étant donné que la MR et la MS ne comparent pas des sources d'émissions semblables, la comparaison préétablie de l'énergie et des émissions ne convient pas pour le Canada. Pour en tenir compte, on exclut les émissions de sources autres que la combustion liées à l'énergie consommée en tant que matière première.

Lorsqu'on exclut de la quantité d'énergie établie par la MR l'usage de combustibles fossiles à des fins non énergétiques, l'écart entre la MS et la MR rajustée varie de -3,07 à -0,57 %, tandis que les émissions totales oscillent entre -1,35 et 1,67 %. La comparaison des résultats obtenus avec la MR rajustée et la MS est présentée au tableau A4-1.

Tableau A4-3 Facteurs de conversion de l'énergie et coefficients d'émission applicables au Canada selon l'approche de référence

Fuel Types			Energy Conversion Factor, GCV			Carbon Emission Factor, (t C/TJ GCV)		Oxidation Factors (IPCC Default)	Comments	
			2008 Value	Unit	Reference	2008 Value	Reference			
Liquid Fossil	Primary Fuels	Crude Oil	38.52	TJ/ML	Refer to Comments	19.8	Refer to Comments	0.99	1) Energy values associated with LPG (for butane and propane), with refinery still gas and with petroleum coke have been allocated to Gaseous and Solid Fossil fuel category. 2) Weighted energy conversion and emission factor are based on country specific	
		Orimulsion	N/A	–	–	N/A	–	0.99		
		Natural Gas Liquids	17.22	TJ/ML	4	15.61	2	0.99	1) Report use of ethane from natural gas liquid. 2) Use of butane and propane have been allocated to the Gaseous Fossil fuel category.	
		Secondary Fuels	Gasoline	35	TJ/ML	4	17.84	2	0.99	
			Jet Kerosene	37.4	TJ/ML	4	18.67	2	0.99	Use of aviation turbo fuel.
			Other Kerosene	37.68	TJ/ML	4	18.53	2	0.99	
			Shale Oil	N/A	–	–	N/A	–	–	
			Gas/Diesel Oil	38.3	TJ/ML	4	18.86	2	0.99	Use of diesel fuel oil.
			Residual Fuel Oil	42.5	TJ/ML	4	20.07	2	0.99	Use of heavy fuel oil.
			LPG	IE	–	–	IE	–	–	Propane and butane from refineries have been allocated to Gaseous Fossil fuel category.
	Ethane		17.22	TJ/ML	4	15.61	2	0.995	1) Use of ethane from NGL. 2) Total available ethane is consumed as a feedstock in industrial processes.	
	Naphtha		35.17	TJ/ML	4	19.33	3	0.99		
	Bitumen		44.46	TJ/ML	4	21.11	3	0.99	Use of asphalt.	
	Lubricants	39.16	TJ/ML	4	19.66	3	0.99			
	Petroleum Coke	IE	–	–	IE	–	–	Allocated to Solid Fossil fuel category.		
	Refinery Feedstocks	35.17	TJ/ML	4	19.33	3	0.99	Use of petrochemical feedstock in industrial processes		
	Other Liquid Fuels	Other Oil	38.8	TJ/ML	4	19.15	2	0.99	Use of light fuel oil.	
		Aviation Gasoline	33.52	TJ/ML	4	19.25	2	0.99		
		Other Product Feedstocks	39.82	TJ/ML	4	19.84	3	0.99		
	Solid Fossil	Primary Fuels	Anthracite	27.7	TJ/kt	4	23.74	3	0.99	
Coking Coal			28.83	TJ/kt	4	23.69	2	0.99		
Other Bituminous Coal			27.07	TJ/kt	4	20.98	2	0.99	Use of Canadian bituminous coal	
Sub-Bituminous Coal			19.15	TJ/kt	4	25.05	2	0.99		
Lignite			15	TJ/kt	4	29.99	2	0.99		
Oil Shale			N/A	–	–	N/A	–	–		
Peat			N/A	–	–	N/A	–	–		
Secondary Fuels		BKB & Patent Fuel	N/A	–	–	N/A	–	–		
		Coke Oven Gas	IE	–	–	IE	–	–	Allocated to Gaseous Fossil fuel category.	
		Petroleum Coke – Refinery and Upgrader	44.82	TJ/ML	4	22.69	6	0.99	Country specific weighted emission factors based on available emission factors for refining and upgrading (of oil sands to synthetic crude oil).	
Other Solid Fuels	Foreign Bituminous Coal	29.82	TJ/kt	4	21.67	2	0.99			
	Gaseous Fossil	Natural Gas	38.26	TJ/GL	4	14.12	2	0.995	Country specific weighted emission factor based on proportion of marketable and non-marketable natural gas.	
		Other Gaseous Fuels	Propane	25.31	TJ/ML	4	16.35	2	0.995	Includes consumption of NGL-propane.
Coke Oven Gas			19.14	TJ/ML	4	23.03	2	0.99		
Butane			28.44	TJ/ML	4	16.67	2	0.995	Includes consumption of NGL-butane.	
Still Gas – Refinery and Upgrader Fuel Gas	38.98		TJ/ML	4	13.35	6	0.99	Country specific weighted emission factor based on factors from refinery and from upgrading (of crude from oil sands to synthetic crude oil) activities.		
Biomass	Solid Biomass		18	TJ/kt	4	28.41	7	0.99	1) Consists of industrial and residential biomass consumption. 2) Assumed 99% oxidation.	
		Liquid Biomass	14.73	TJ/kt	4	18.92	3	0.952	1) Consists of spent pulping liquor, ethanol and biodiesel. 2) Weighted oxidation factor approximately 95%.	
	Gas Biomass	35.9TJ/1000m ³		1,5	14.97	1,5	0.99	1) Consists of landfill gas. 2) Assumed a 99% oxidation factor.		

References: (1) IPCC/OECD/IEA (1997); (2) McCann (2000); (3) Jaques (1992); (4) Statistics Canada, #57-003 (2003 data); (5) Heat of Combustion of Fuels, retrieved April 12, 2006, from: http://www.webmo.net/curriculum/heat_of_combustion/heat_of_combustion

N/A = Not applicable; BKB = Charcoal briquettes; NGL = natural gas liquids; LPG = liquified petroleum gas

A4.2. Méthode de référence

La MR suit essentiellement la méthode dite de référence du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et utilise les facteurs de conversion énergétique propres à chaque pays (en pouvoir calorifique supérieur [PCS]) et les coefficients d'émission. Au Canada, comme aux États-Unis, on se sert du PCS pour enregistrer la teneur énergétique des combustibles. Les quantités de combustibles tirées du Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (BDEEC) sont déclarées en unités physiques, sauf pour le combustible de soufre international. Une analyse des données sur le combustible de soufre international est présentée dans les sections suivantes : 3.4.1 Combustibles de soufre internationaux, A2.4.2.3 Aviation civile (transport aérien intérieur) et A2.4.2.4 Transport maritime. Pour les combustibles primaires (pétrole brut, charbon et gaz naturel), les données sur les changements des stocks ont été rajustées pour tenir compte des transferts entre les produits, de la variation des stocks et d'autres corrections, et elles ont été transformées pour d'autres combustibles afin de déterminer la consommation apparente du combustible. Les données de changement des stocks de combustibles secondaires tiennent compte des importations, des exportations, des combustibles de soufre internationaux, des variations des stocks et d'autres ajustements.

Une fois la consommation apparente établie, on applique les facteurs de conversion énergétique et les coefficients d'émission de carbone propres au pays pour calculer la teneur en carbone et les émissions. Ces facteurs sont tirés de quatre sources : le rapport annuel de Statistique Canada sur l'offre et la demande d'énergie (BDEEC, n° 57-003 au catalogue), les documents *Estimation des émissions de gaz provoquant l'effet de serre au Canada en 1990* (Jaques, 1992) et *1998 Fossil Fuel and Derivative Factors* (McCann, 2000), et Mesures Canada, un organisme d'Industrie Canada. Pour la majorité des combustibles fossiles, les coefficients d'émission et les facteurs d'oxydation utilisés proviennent de McCann (2000), de Jaques (1992) et de GIEC/OCDE/AIE (1997).

Le Tableau A4-3 présente les coefficients d'émission, les facteurs de conversion énergétique, la valeur d'oxydation et l'attribution des combustibles utilisés dans la MR. Les facteurs de conversion énergétique sont tirés directement du BDEEC, sauf pour le pétrole brut, le gaz naturel, le coke de pétrole et le gaz de distillation, dont les facteurs pondérés ont été élaborés pour tenir compte de la quantité

et de la variation de la teneur énergétique au point de consommation, comme pour l'utilisation commerciale ou l'utilisation à l'interne. Dans les provinces où l'on produit du gaz naturel, par exemple, il existe deux coefficients d'émission pour le gaz naturel : un pour le gaz naturel marchand, vendu aux consommateurs, et l'autre pour le gaz naturel non marchand, consommé directement par les producteurs de gaz naturel.

Pour rajuster la MR afin de la comparer à la MS, les utilisations non énergétiques de combustibles fossiles et de matières premières ainsi que le dioxyde de carbone émis correspondant doivent être calculés à partir des facteurs de stockage et des coefficients d'émission pour les procédés industriels, présentés à l'annexe 8 du présent rapport d'inventaire national.

A4.3. Bilan énergétique national

Statistique Canada fournit à Environnement Canada une grande partie des données sur les activités afin que le ministère puisse estimer les émissions de gaz à effet de serre pour les secteurs de l'énergie et des procédés industriels. La Division de la fabrication et de l'énergie (DFE) de Statistique Canada est responsable de recueillir et de compiler les données et de publier le bilan énergétique dans le BDEEC (n° 57-003). Cette division a pour objectif de faire en sorte que l'information recueillie en vertu de la *Loi sur la statistique* et utilisée pour calculer le bilan énergétique respecte les critères de qualité suivants : exhaustivité, uniformité, cohérence et exactitude. Le système de gestion de la qualité du bilan énergétique inclut également un processus d'examen interne et externe. La DFE a établi un cadre d'assurance de la qualité et ses rapports méthodologiques sont accessibles dans la base intégrée de métadonnées de Statistique Canada.

Le bilan énergétique comptabilise toutes les formes d'énergie disponibles au Canada à partir des activités d'importation et d'exportation, et de la production et la consommation à l'échelon national (la Figure A4-1 montre un schéma de circulation de l'énergie). Les données sur l'énergie et les combustibles fossiles sont recueillies au moyen de diverses méthodes, comme des enquêtes annuelles ou mensuelles et certains relevés de l'industrie, d'organismes fédéraux (comme l'Office national de l'énergie, l'organisme albertain Energy Resources Conservation Board (ERCB) et l'Alberta Utilities Commissions

Figure A4-1 Schéma de circulation de l'énergie au Canada

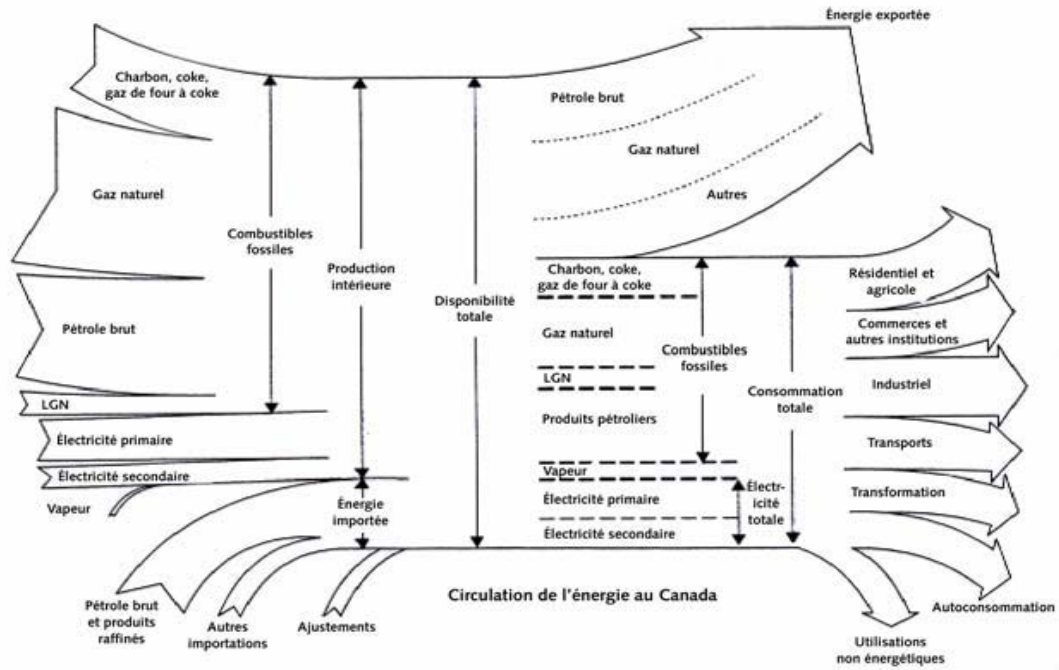
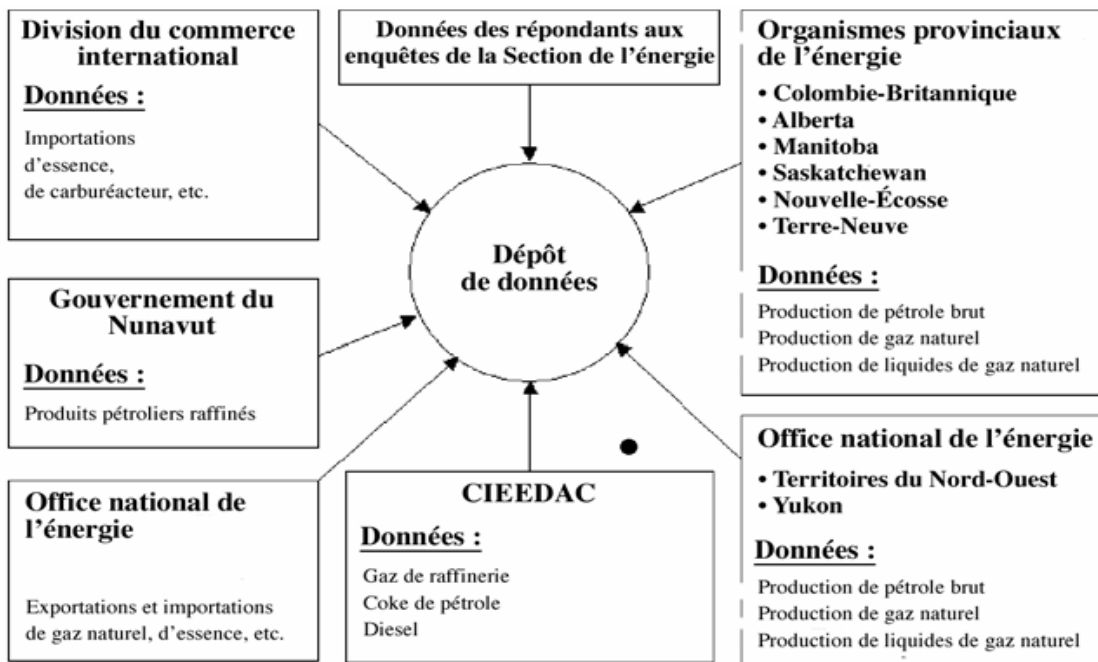


Figure A4-2 Apports de données sur les combustibles fossiles et l'énergie



(AUC), anciennement l'Alberta Energy Utilities Board), des ministères provinciaux responsables de l'énergie et du Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie (CIEEDAC). On trouvera à la Figure A4-2 un exemple des données d'entrée sur l'énergie et les combustibles fossiles transmises à la DFE et du type d'information fournie pour chaque source de données ou répondant. Les renseignements sur le pétrole et le gaz naturel qui sont transmis par l'ERCB sont extrêmement précis, car ils proviennent des permis d'exploitation pétrolière et gazière et des régimes de redevances fédéraux et provinciaux.

Il existe d'autres procédures de vérification interne de la qualité des données recueillies auprès des ministères provinciaux de l'énergie et lors de diverses enquêtes réalisées sur la disponibilité, l'écoulement et la consommation. Par exemple, on compare la valeur des expéditions de pétrole brut déclarées par le producteur aux arrivages des compagnies de pipeline; les renseignements déclarés par celles-ci sont ensuite comparés aux quantités reçues par les raffineries. La DFE combine une méthode descendante basée sur les enquêtes sur la disponibilité et l'écoulement avec une méthode ascendante basée sur l'enquête sur la consommation industrielle d'énergie, pour vérifier la qualité des données du secteur manufacturier, y compris l'industrie du raffinage du pétrole. En outre, on recueille des renseignements techniques sur les caractéristiques énergétiques afin de vérifier les quantités de combustible déclarées en unités physiques et énergétiques.

Le bilan énergétique se compose de renseignements sur le pétrole brut, le gaz naturel, le charbon, les produits pétroliers raffinés, l'électricité, la vapeur, l'utilisation non énergétique des combustibles fossiles, les matières premières et les autres formes d'énergie secondaire pour tous les secteurs industriels du Canada, et sur d'autres utilisations de l'énergie, comme les transports et les secteurs résidentiel et commercial.

Les données sur la consommation de produits énergétiques par l'industrie et le bilan énergétique sont utilisées par divers ministères fédéraux dans le cadre de programmes sur l'efficacité énergétique et pour la formulation de politiques, la rédaction des rapports soumis à l'Agence internationale de l'énergie, la prévision des émissions et de la consommation d'énergie et les déclarations présentées aux termes de la CCNUCC. À cet effet, la DFE a établi des partenariats avec divers ministères fédéraux, des ministères provinciaux de l'énergie, des associations

industrielles et des centres d'excellence afin de contribuer à leurs processus d'assurance de la qualité.

Ainsi, un examen des « travaux en cours » a été mis sur pied en collaboration avec Environnement Canada et Ressources naturelles Canada afin d'examiner les estimations relatives à la consommation d'énergie par l'industrie et le bilan énergétique avant leur publication officielle. Des représentants de l'industrie canadienne participent également à l'examen des données sur l'industrie au sein du groupe du Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC). Le Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie (CIEEDAC), quant à lui, prend part à l'examen des données des raffineries et des statistiques sur l'énergie de l'industrie.

En raison de la complexité des données sur l'énergie, un groupe de travail sur les statistiques énergétiques a été constitué afin de fournir conseils, orientation et recommandations. Formé de spécialistes de Statistique Canada, d'Environnement Canada, d'Industrie Canada, de Transports Canada, d'Affaires étrangères Canada et de Ressources naturelles Canada, ce groupe est chargé de repérer et de régler les problèmes de collecte d'un ensemble complet de données sur l'énergie pour divers secteurs économiques, et d'améliorer les statistiques actuelles sur l'énergie.

A4.4. Catégorisation des combustibles d'après le GIEC

Dans les tableaux de données présentés selon le CUPR, la Canada caractérise les combustibles en fonction de leur état physique au moment de leur utilisation, ce qui ne correspond pas toujours aux catégories établies par le GIEC. Dans le but de s'assurer que l'information transmise à la CCNUCC est transparente, intégrale, logique et comparable, les séries chronologiques complètes des tableaux du CUPR contenant les *données Sectoral Background Data for Energy* [Données de base du secteur de l'énergie] ont généralement été produites en utilisant les catégorisations sur le carburant du GIEC ainsi que les résultats résumés dans les tableaux suivants.

Le Tableau A4-4 présente les types de combustibles utilisés au Canada, regroupés selon leur état physique et les catégories établies par le GIEC.

Tableau A4–4 Catégories de combustibles reliées à la méthode de calcul des émissions de combustion de source fixe

Type de combustible	Catégorie physique	Catégorie du GIEC
Combustibles liquides	Essence à moteur Kérosène et pétrole de chauffage Carburant diesel Mazout léger Mazout lourd Essence aviation Carburéacteur	Essence à moteur Kérosène et pétrole de chauffage Carburant diesel Mazout léger Mazout lourd Essence aviation Carburéacteur Éthane Propane Butane Coke de pétrole – Raffineries, valorisateurs et autres Gaz de distillation – Raffineries, valorisateurs et autres
Combustibles solides	Coke (charbon) Charbon bitumineux canadien Charbon subbitumineux (étranger et intérieur) Lignite Anthracite Charbon bitumineux étranger Coke de pétrole – Raffineries, valorisateurs et autres Combustibles résiduels – pneus	Coke (charbon) Charbon bitumineux canadien Charbon subbitumineux (étranger et intérieur) Lignite Anthracite Charbon bitumineux étranger Combustibles résiduels – pneus Gaz de four à coke
Combustibles gazeux	Gaz naturel Gaz de four à coke Propane Butane Éthane Gaz de distillation – Raffineries, valorisateurs et autres	Gaz naturel

La répartition des combustibles d’après leur état physique au point de consommation, soit en fonction de leurs similarités quant à la teneur en carbone, au pouvoir calorifique et à la densité, aide à faire en sorte qu’on obtienne des coefficients d’émission implicites (CEI) regroupés qui soient comparables. En outre, cette méthode atténue l’effet des combustibles extrêmement variables (par exemple les combustibles non marchands produits à l’interne par les valorisateurs et les raffineries), parfois responsables de distorsion des CEI résultants comparativement à ceux des Parties qui consomment surtout des combustibles marchands tels que le diesel, aux propriétés plus constantes. Prenons par exemple le CEI de CO₂ des combustibles solides utilisés dans le raffinage du pétrole : selon la catégorisation du GIEC, sa valeur déclarée par les Parties varie de 40,85 t/TJ à 257,18 t/TJ par suite des variations de la teneur en carbone et de la quantité de chaque type de charbon, de gaz de four à coke et de combustibles résiduels solides consommée. Il devient alors difficile de comparer les émissions et les CEI déclarés et d’en évaluer l’exactitude, surtout dans le cas des grands producteurs de combustibles fossiles avec

des sources de combustibles classiques et non classiques.

Il est important de signaler qu’au Canada, il y a peu de différence entre les CEI de CO₂ établis en regroupant les combustibles selon leur état physique et selon les catégories du GIEC, dans le cas de sources de combustion fixes telles que les secteurs de la production d’électricité et de chaleur dans le secteur public, de la sidérurgie, des métaux non ferreux, des produits chimiques, des pâtes, papiers et imprimerie et des mines, le secteur commercial/institutionnel et la sous-catégorie résidentielle, comme le montrent le Tableau A4–5 pour les industries énergétiques, le Tableau A4–6 pour les industries manufacturières et la construction et le Tableau A4–7 pour les autres secteurs.

Dans d’autres cas, la répartition des combustibles d’après leurs caractéristiques physiques donne une correspondance plus étroite entre les CEI de CO₂ du Canada et la valeur moyenne déclarée par l’ensemble des Parties (dans les rapports de 2009). En 2007, par exemple, le CEI de CO₂ pour les combustibles gazeux utilisés dans le secteur de la sidérurgie s’élevait à près de 49,1 t/TJ selon la catégo-

Tableau A4-5 Industries énergétiques – Coefficients d'émission implicites de CO₂

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
	t/TJ						
1.A.1. Industries énergétiques							
a. Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public							
Combustibles liquides							
Catégorisation physique	74,4	74,3	73,3	73,3	73,1	73,2	73,1
Catégorisation du GIEC	74,7	74,8	71,6	73,2	73,1	72,7	73,7
Combustibles solides							
Catégorisation physique	89,6	90,8	87,7	89,1	89,1	89,3	89,0
Catégorisation du GIEC	89,6	90,8	87,7	89,2	89,3	89,6	89,3
Combustibles gazeux							
Catégorisation physique	50,7	50,0	50,0	49,6	49,5	49,4	49,4
Catégorisation du GIEC	50,6	49,9	49,9	49,4	49,5	49,4	49,4
b. Raffinage du pétrole							
Combustibles liquides							
Catégorisation physique	73,8	73,3	73,3	72,8	72,5	72,3	71,8
Catégorisation du GIEC	45,6	45,9	45,3	49,5	46,3	47,5	45,6
Combustibles solides							
Catégorisation physique	84,7	85,1	80,1	82,6	82,3	82,3	82,3
Catégorisation du GIEC	aucune	aucune	aucune	aucune	aucune	aucune	aucune
Combustibles gazeux							
Catégorisation physique	46,6	48,0	49,4	50,8	50,6	49,7	49,8
Catégorisation du GIEC	49,9	49,4	49,6	49,2	49,2	49,2	49,3
c. Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques							
Combustibles liquides	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Combustibles solides							
Catégorisation physique	86,0	86,8	85,3	85,8	86,0	85,9	85,7
Catégorisation du GIEC	56,2	63,3	79,4	79,4	79,6	79,5	79,5
Combustibles gazeux							
Catégorisation physique	61,7	59,9	61,0	60,0	59,7	59,6	59,8
Catégorisation du GIEC	62,0	60,9	61,0	59,4	59,5	60,0	60,2

risation du GIEC (comme le montre le Tableau A4-8), une valeur à l'extrémité inférieure de l'échelle. Cependant, en catégorisant les combustibles en fonction de leur état physique, on obtient un CEI de 58,8 t/TJ, soit beaucoup plus près de la valeur moyenne générale, de 56,4 t/TJ.

Tableau A4-6 Industries manufacturières et construction – Coefficients d'émission implicites de CO₂

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
	t/TJ						
1.A.2 Industries manufacturières et construction							
a. Sidérurgie							
Combustibles liquides							
Catégorisation physique	74,86	74,86	73,51	73,51	73,51	73,51	73,51
Catégorisation du GIEC	74,87	75,38	73,56	73,51	73,51	73,60	73,91
Combustibles solides							
Catégorisation physique	86,21	85,52	85,44	aucune	86,17	83,98	83,33
Catégorisation du GIEC	85,98	85,98	83,64	83,59	83,16	83,61	83,61
Combustibles gazeux							
Catégorisation physique	62,8	58,2	57,7	58,2	59,8	58,8	60,4
Catégorisation du GIEC	49,8	49,3	49,4	49,1	49,1	49,1	49,1
b. Métaux non ferreux							
Combustibles liquides							
Catégorisation physique	74,7	74,1	73,4	73,4	73,4	73,4	73,5
Catégorisation du GIEC	76,3	76,1	74,2	74,5	74,8	74,9	75,0
Combustibles solides							
Catégorisation physique	79,7	82,8	84,6	84,7	84,7	83,9	83,8
Catégorisation du GIEC	79,1	82,5	85,1	85,0	85,1	84,1	84,1
Combustibles gazeux							
Catégorisation physique	49,9	49,5	49,6	49,3	49,3	49,3	49,3
Catégorisation du GIEC	49,9	49,5	49,6	49,3	49,3	49,3	49,3
c. Produits chimiques							
Combustibles liquides							
Catégorisation physique	74,9	74,9	73,5	73,5	73,5	73,5	73,5
Catégorisation du GIEC	75,8	76,1	74,6	75,2	74,4	74,5	74,4
Combustibles solides							
Catégorisation physique	84,7	85,1	80,1	82,3	82,1	82,1	82,1
Catégorisation du GIEC	aucune	aucune	aucune	79,6	79,6	79,6	79,6
Combustibles gazeux							
Catégorisation physique	50,4	50,0	50,1	49,9	49,9	49,9	49,9
Catégorisation du GIEC	50,4	50,0	50,1	49,9	49,9	49,9	49,9
d. Pâtes, papiers et imprimerie							
Combustibles liquides							
Catégorisation physique	74,8	74,8	73,5	73,5	73,5	73,5	73,4
Catégorisation du GIEC	74,8	74,8	73,5	73,5	73,5	73,5	73,4
Combustibles solides							
Catégorisation physique	91,5	91,6	89,3	89,6	89,5	88,8	89,3
Catégorisation du GIEC	91,5	91,6	89,3	89,6	89,5	88,8	89,3
Combustibles gazeux							
Catégorisation physique	50,0	49,7	49,8	49,5	49,5	49,6	49,5
Catégorisation du GIEC	50,0	49,7	49,8	49,5	49,5	49,6	49,5
e. Transformation des aliments, boissons et tabac	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA

Table A4-5 Industries manufacturières et construction – Coefficients d'émission implicites de CO₂ (à suivre)

A4

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
	t/TJ						
1.A.2 Manufacturing Industries and Construction							
f. Autres (veuillez préciser)(4)							
1.AA.2.F.i Ciment							
Combustibles liquides							
Catégorisation physique	74,9	74,9	73,5	73,5	73,5	73,5	73,5
Catégorisation du GIEC	82,4	83,4	78,7	81,4	81,7	81,6	82,1
Combustibles solides							
Catégorisation physique	74,9	74,9	73,5	73,5	73,5	73,5	73,5
Catégorisation du GIEC	83,9	80,6	80,6	80,9	81,0	82,3	82,5
Combustibles gazeux							
Catégorisation physique	50,4	50,1	50,3	49,4	49,4	49,4	49,4
Catégorisation du GIEC	50,4	50,1	50,3	49,4	49,4	49,4	49,4
1.AA.2.F.ii Mines							
Combustibles liquides							
Catégorisation physique	73,6	73,9	72,7	71,9	72,4	72,6	72,7
Catégorisation du GIEC	71,1	67,6	65,6	63,6	63,7	63,4	62,9
Combustibles solides							
Catégorisation physique	85,8	85,8	86,0	87,0	83,9	83,4	80,9
Catégorisation du GIEC	86,0	86,0	86,0	87,0	84,1	83,5	80,8
Combustibles gazeux							
Catégorisation physique	50,7	51,1	51,2	50,9	50,9	50,7	51,7
Catégorisation du GIEC	50,1	49,5	49,8	49,7	49,7	49,8	50,8
1.AA.2.F.iii Construction							
Combustibles liquides							
Catégorisation physique	71,2	70,8	70,6	71,4	71,1	70,3	70,4
Catégorisation du GIEC	64,8	65,4	65,5	66,7	65,7	64,4	64,0
Combustibles gazeux							
Catégorisation physique	52,5	51,9	51,2	50,5	50,5	50,6	50,7
Catégorisation du GIEC	50,0	49,6	49,6	49,3	49,3	49,2	49,2
1.AA.2.F.iv Autres industries manufacturières							
Combustibles liquides							
Catégorisation physique	74,4	73,1	72,5	72,4	72,3	72,1	72,0
Catégorisation du GIEC	50,0	49,6	49,6	49,3	49,3	49,2	49,2
Combustibles solides							
Catégorisation physique	85,7	84,6	82,6	83,2	83,1	83,5	83,5
Catégorisation du GIEC	86,3	84,3	83,9	83,6	83,7	84,2	84,2
Combustibles gazeux							
Catégorisation physique	50,3	49,8	50,0	49,8	49,7	49,8	49,9
Catégorisation du GIEC	50,0	49,7	49,8	49,4	49,3	49,4	49,4

Tableau A4-7 Autres secteurs –Coefficients d'émission implicites de CO₂

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
	t/TJ						
1.A.4 Autres secteurs							
a. Commercial/institutionnel							
Combustibles liquides							
Catégorisation physique	70,9	70,7	70,8	71,4	71,2	71,3	71,4
Catégorisation du GIEC	68,8	66,4	67,4	69,5	69,0	69,0	68,8
Combustibles solides							
Catégorisation physique	80,5	63,4	79,6	aucune	aucune	aucune	aucune
Catégorisation du GIEC	80,5	63,4	79,6	aucune	aucune	aucune	aucune
Combustibles gazeux							
Catégorisation physique	50,4	50,5	50,4	49,9	50,0	50,0	50,0
Catégorisation du GIEC	50,0	49,7	49,7	49,4	49,4	49,4	49,4
b. Résidentiel							
Combustibles liquides							
Catégorisation physique	70,2	70,2	70,0	70,1	70,1	70,1	70,1
Catégorisation du GIEC	69,1	69,2	69,2	68,9	68,7	68,6	68,3
Combustibles solides							
Catégorisation physique	87,5	82,4	88,9	89,5	92,8	93,0	92,5
Catégorisation du GIEC	87,5	82,4	88,9	89,5	92,8	93,0	92,5
Combustibles gazeux							
Catégorisation physique	50,3	49,9	49,9	49,6	49,6	49,6	49,6
Catégorisation du GIEC	50,0	49,6	49,7	49,4	49,4	49,4	49,4
c. Agriculture/foresterie/pêches							
Combustibles liquides							
Catégorisation physique	70,5	70,3	70,5	71,8	71,6	72,1	72,0
Catégorisation du GIEC	67,4	66,8	67,1	66,1	65,5	66,2	65,8
Combustibles gazeux							
Catégorisation physique	51,5	51,7	51,2	51,8	51,7	51,8	51,8
Catégorisation du GIEC	49,9	49,3	49,6	49,0	49,0	49,0	49,1

Tableau A4-8 Exemples de comparabilité améliorée des coefficients d'émission implicites de CO₂ basés sur la catégorisation physique

A4

		1990	2007
		t/TJ	
1.A.1. Industries énergétiques			
c. Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques			
Combustibles solides			
Catégorisation physique		86,0	85,9
Catégorisation du GIEC		56,2	79,5
Valeur repère et valeurs aberrantes du CUPR	<i>Faible</i>	40,8	33,8
	<i>Moyenne</i>	96,9	99,7
	<i>Élevée</i>	176,1	158,4
Combustibles gazeux			
Catégorisation physique		61,7	59,6
Catégorisation du GIEC		62,0	60,0
Valeur repère du CUPR	<i>Faible</i>	27,5	49,6
	<i>Moyenne</i>	56,5	57,9
	<i>Élevée</i>	81,6	127,5
1.A.2 Industries manufacturières et construction			
a. Sidérurgie			
Combustibles gazeux			
Catégorisation physique		62,8	58,8
Catégorisation du GIEC		49,8	49,1
Valeur repère du CUPR	<i>Faible</i>	49,5	49,5
	<i>Moyenne</i>	60,9	56,4
	<i>Élevée</i>	147,3	68,3

Annexe 5

Évaluation de l'exhaustivité de l'inventaire

Même si ce rapport d'inventaire sert à évaluer en détail les émissions et absorptions anthropiques de gaz à effet de serre (GES) au Canada, certaines catégories n'y ont pas été incluses ou ont été ajoutées à d'autres pour des raisons expliquées dans le CUPR et dans la présente annexe.

A5.1. Énergie

Dans l'ensemble, le secteur de l'énergie de l'inventaire national présente une estimation complète de toutes les grandes sources. La liste suivante expose celles qui ne sont pas actuellement estimées et pourraient exister dans leur sous-secteur particulier, mais qui ne modifient pas le caractère complet de l'inventaire parce que leurs contributions sont relativement faibles.

A5.1.1. Émissions produites par la combustion de combustibles résiduels

Bien que les émissions de dioxyde de carbone provenant de combustibles résiduels soient comprises dans l'inventaire, les émissions de CH₄ et de N₂O n'ont pas été incluses en raison de l'absence de coefficients d'émission ou de données mesurées des émissions de ces combustibles.

A5.1.2. Émissions produites par la combustion de biocarburants de remplacement

Bien que le Canada ait inclus les émissions produites par l'utilisation de biodiesel et d'éthanol pour le transport, les émissions issues de biocarburants de remplacement (non ligneux) utilisés par l'industrie n'y figurent pas, car les don-

nées afférentes ne sont pas disponibles.

A5.2. Procédés industriels

Dans l'ensemble, le secteur des procédés industriels de l'inventaire national présente une évaluation détaillée de toutes les principales sources. Les sous-sections suivantes concernent des sources qui ne sont pas estimées actuellement et qui pourraient constituer une source dans leur sous-secteur particulier. On présume cependant qu'elles sont faibles et n'affectent pas l'exhaustivité d'ensemble de l'inventaire des GES.

A5.2.1. Produits minéraux

Les émissions de CO₂ provenant du papier de couverture asphalté et de l'asphaltage des routes ne sont pas estimées, car il n'existe actuellement pas de données propres au pays les concernant. Toutefois, selon le chapitre 5 des Lignes directrices du GIEC de 2006 (vol. 3), les émissions de CO₂ des sources de cette catégorie sont considérées comme négligeables.

Seules les émissions de CO₂ issues de la production de verre réalisée à l'aide de calcaire, de dolomite et de carbonate de sodium sont actuellement estimées. Elles sont comptabilisées dans les catégories 2.A.3, Utilisation de calcaire et de dolomite, et 2.A.4, Production et utilisation de carbonate de sodium. Les émissions autres que celles provenant de ces minéraux ne sont pas estimées et sont considérées comme étant minimales selon le chapitre 2 des Lignes directrices du GIEC de 2006 (vol. 3).

Au Canada, on a produit du carbonate de sodium jusqu'en 2001. Le procédé Solvay, qui servait à fabriquer ce produit, dégage une certaine quantité de CO₂, mais puisqu'il est également un composant nécessaire aux réactions, il est essentiellement récupéré et réutilisé. Par conséquent, la quantité de CO₂ récupéré est incluse dans l'inventaire de cette année pour les années 1990 à 2001, mais la quantité nette de CO₂ (émis) non récupéré issue de la fabrication de carbonate de sodium n'est pas estimée et elle est considérée comme étant minimale.

A5.2.2. Production chimique

Les émissions de N₂O associées à la production de produits chimiques autres que les acides nitrique et adipique ne sont pas estimées. Ces produits peuvent constituer une source de N₂O, mais il faudra mener des recherches plus

poussées pour en évaluer la quantité.

De même, les données nécessaires à l'évaluation des émissions de CH₄ produites par les procédés de fabrication chimiques au Canada ne sont actuellement pas disponibles. Une étude sera réalisée afin de constater l'importance de ces émissions.

Les émissions de CO₂ issues des procédés de fabrication d'acide adipique ne sont pas répertoriées (c.-à-d. non estimées) et sont considérées comme négligeables par rapport à la quantité de CO₂ produite par la combustion de carburant (courriel de 2005 de S. Lauridsen)¹.

A5.2.3. Production de métaux

Les processus d'émission de CH₄ associé à la production de métaux ne sont actuellement pas estimés. Cependant, une étude sera réalisée afin de vérifier l'importance de ces émissions.

A5.2.4. Production et consommation d'halocarbures et de SF₆

Puisqu'on ne dispose pas actuellement des données sur les PFC employés dans les aérosols, les émissions qui leur sont associées ne sont pas répertoriées (c.-à-d. estimées). Les émissions de HFC produites par les industries électroniques sont déclarées sous la catégorie 2.F.5 Solvants, et non sous 2.F.9, Autres (Émissions ponctuelles et fugitives de l'industrie électronique), dans le logiciel de déclaration du CUPR, car il est impossible ici de séparer la consommation de HFC comme solvants dans les industries électroniques des autres types d'usage de solvants. L'industrie électronique émet aussi certains PFC, dont on tient compte dans la catégorie 2.F.9. L'inventaire indique que les émissions de HFC issues du matériel électrique ne sont pas estimées parce qu'il n'y a aucun usage connu de HFC pour l'isolation thermique et le trempage à l'arc dans le matériel employé par l'industrie électrique. Selon les représentants de cette industrie, du CF₄ est utilisé dans la fabrication de certains équipements électriques d'extérieur. En fait, on le trouve dans des mélanges gazeux comprenant du SF₆, puisque le SF₆, utilisé seul, n'est pas efficace comme gaz d'isolation à de basses températures. Des discussions sont en cours avec l'industrie de façon à ce que des données sur

l'utilisation et les émissions de CF₄ puissent être recueillies et présentées par Environnement Canada dans les prochains inventaires.

La mention NE (non estimées) est indiquée pour les émissions potentielles de SF₆ parce qu'on ne dispose pas, actuellement, d'information exhaustive sur les importations et les exportations en gros de SF₆, ni comme constituant de produits, ni sur sa destruction. Selon les renseignements fournis par les grands distributeurs de gaz SF₆, le Canada n'exporte pas de SF₆ en gros, et l'industrie électrique affirme que la destruction et le recyclage du SF₆ présent dans l'équipement électrique sont effectués aux États-Unis.

A5.2.5. Autres productions indifférenciées

On estime les émissions de CO₂ issues de l'utilisation des hydrocarbures à des fins non énergétiques (FNE) à l'aide de deux types de coefficients d'émission. Le premier type a été élaboré en convertissant uniquement la teneur nationale en carbone pour les types de combustibles utilisés à des fins non énergétiques en coefficients d'émission de GES, alors que le second a été obtenu en combinant la teneur nationale en carbone et la proportion de carbone stocké par défaut du GIEC qui tiennent compte de la libération de carbone due à l'utilisation ou à la destruction des produits fabriqués à court terme uniquement. Les émissions de CO₂ provenant de la combustion des combustibles résiduels provenant de l'utilisation des hydrocarbures à des FNE, doivent être mieux étudiées afin de comprendre dans quelle mesure les proportions de carbone stocké par défaut du GIEC représentent bien la quantité de carbone libéré par l'utilisation ou la destruction du produit à court terme (comparativement au long terme). Voir les commentaires à la section A5.1 à ce sujet.

A5.3. Utilisation des solvants et d'autres produits

Dans ce secteur, seules les émissions de N₂O associées à des utilisations comme anesthésique et agent propulseur sont estimées. Les émissions issues de l'utilisation des solvants pour le nettoyage à sec, l'imprimerie, le dégraissage des pièces métalliques et diverses autres applications industrielles et domestiques ne sont pas estimées parce que, selon les *Lignes directrices pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre, version révisée de 1996* (GIEC/OCDE/AIE 1997), les quantités de GES qui en proviennent

1 Lauridsen S. 2005. Communication personnelle (courriel daté du 3 novembre 2005). Invista Canada.

ne sont pas importantes.

A5.4. Agriculture

Dans l'ensemble, le secteur de l'agriculture de l'inventaire national donne une estimation complète de toutes les principales sources. La liste suivante inclut les sources qui ne sont pas estimées actuellement. On considère qu'il s'agit de sources mineures.

A5.4.1. Fermentation entérique et gestion des fumiers

Certaines catégories mineures d'animaux, comme le cerf d'élevage, le sanglier, l'élan, le lapin, l'autruche et les canards n'ont pas encore été incluses. On ne dispose pas de coefficients d'émission par défaut complets du GIEC ni de paramètres pour ces catégories dont les populations sont relativement petites. Il est indiqué que les mules, les ânes et les chameaux ne sont pas présents parce qu'il n'y a pas de production connue de ces animaux. À l'heure actuelle, il n'y a pas d'information disponible sur les systèmes de gestion du fumier et des déchets animaux dans des bassins anaérobies, l'épandage quotidien et le stockage solide par catégories de bétail. Ces systèmes de gestion du fumier sont considérés comme mineurs par les experts canadiens, en comparaison avec les systèmes liquides/le stockage du lisier et le stockage solide. Des renseignements sur les systèmes de gestion du fumier, notamment sur la distribution des bassins anaérobies, l'épandage quotidien et le stockage solide, seront recueillis à moyen et à long terme, et seront publiés.

A5.4.2. Brûlage dirigé de la savane

Le brûlage dirigé de la savane n'est pas une catégorie de déclaration pertinente pour le Canada.

A5.4.3. Combustion au champ des résidus agricoles

La combustion de résidus est pratiquée dans une faible mesure au Canada et touche surtout les résidus de lin, de blé de printemps et d'hiver, d'avoine, d'orge et de canola. Cette catégorie est considérée comme une source mineure d'émissions. Agriculture et Agroalimentaire Canada et Statistique Canada ont mené une nouvelle enquête sur la gestion agroenvironnementale (EGA), qui a montré qu'à l'échelle d'une zone, 2,4 % des résidus de récoltes en

superficie ont été brûlés en 2001 et 1,1 % en 2006, principalement au Manitoba et en Saskatchewan. Une opinion de spécialiste suggère qu'à l'échelle nationale, la combustion au champ des résidus de récoltes a baissé depuis le début des années 1990. Des efforts ont été déployés, par le biais de consultations d'experts, pour établir une série chronologique de données sur les activités de combustion des résidus de récoltes au Canada; l'information recueillie sur les émissions de CH₄ et de N₂O sera intégrée au prochain rapport d'inventaire annuel.

A5.4.4. Riziculture

Les émissions de CH₄ provenant de la riziculture ne sont pas répertoriées car il n'y a pas de production au Canada.

A5.5. Affectation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

L'exhaustivité de l'inventaire de la catégorie ATCATF s'est considérablement accrue à la suite d'importantes améliorations méthodologiques qui ont été effectuées pour le rapport de 2006; on peut donc mieux évaluer les réservoirs de carbone et disposer de données plus précises sur les activités. Les plages du degré d'incertitude sont fournies pour les estimations des catégories des terres forestières et des terres cultivées, et pour la conversion des forêts en d'autres catégories. Celles des autres catégories de terres sont en préparation.

A5.5.1. Terres forestières

Les estimations relatives aux terres forestières sont fournies à la fois pour celles dont la vocation n'a pas changé et pour les terres converties en terres forestières. Ces estimations englobent les changements dans le stock de carbone et les émissions provenant de tous les réservoirs (biomasse, matière organique morte et sol) dans les forêts aménagées; ces changements sont causés par la croissance et la mortalité, les incendies et les insectes, ainsi que par les activités d'aménagement. Les émissions de CO₂, CH₄, CO et N₂O sont estimées, contrairement à celles des NO_x. Le CO n'est dégagé que pendant la combustion de la biomasse; ces gaz sont répertoriés parmi les émissions de CO₂ dans les tableaux sur la combustion de la biomasse du CUPR. On tient pour acquis que les changements de la quantité de carbone stocké et les émissions déclarés pour

les sols forestiers englobent les sols minéraux et organiques étant donné qu'on ne dispose pas directement de données propres aux sols organiques.

A5.5.2. Terres cultivées

Les estimations pour les terres cultivées dont la vocation n'a pas changé englobent celles des sols et d'une partie de la biomasse. Les estimations pour les sols minéraux tiennent compte des grands changements d'aménagement des sols (diversité des cultures, travail du sol et jachère). D'autres pratiques comme l'irrigation, l'épandage de fumier et la fertilisation, qui ont également des effets positifs quoique peu marqués sur le carbone organique du sol (COS), ne sont pas comptabilisées. Les estimations actuelles pour les terres converties en terres cultivées comprennent les émissions de CO₂ provenant de tous les réservoirs, attribuables à la conversion des forêts et des prairies en terres cultivées. Les émissions autres que le CO₂ (CH₄, CO, N₂O) provenant de la combustion de la biomasse lors de la conversion des terres sont également déclarées; les émissions de NO_x n'ont pas été estimées. Les émissions et absorptions de GES provenant de la conversion des terres humides et des zones de peuplement en terres cultivées ne l'ont pas été non plus.

A5.5.3. Prairies

Les émissions et absorptions dues aux prairies dont la vocation n'a pas changé ne sont pas estimées. Selon les définitions des catégories de terres du secteur de l'ATCATF du Canada (se reporter au chapitre 7), les prairies excluent les pâturages bonifiés, qui sont comptabilisés dans la catégorie des terres cultivées. Le fait qu'il n'existe aucune donnée détaillée et complète sur les changements des modes de gestion des pâturages non cultivés, qui permettrait d'utiliser la méthodologie du GIEC, constitue un défi. De plus, aucune preuve scientifique n'indique s'il y a eu gain ou perte de composés organiques semi volatiles du sol à la suite d'une activité humaine. En outre, d'après les définitions des catégories de terres, les terres forestières ne peuvent être converties en prairies, et aucune terre agricole n'est actuellement convertie en prairie. Les émissions provenant de la conversion de terres humides en prairies n'ont pas été estimées.

A5.5.4. Terres humides

Les émissions de GES produites par les terres converties en terres inondées, les terres converties en tourbières

(aménagées), ainsi que les tourbières (aménagées) dont la vocation n'a pas changé, ont été répertoriées, mais ne peuvent figurer séparément dans les tableaux du CUPR. Les émissions de CO₂ ont été estimées pour toutes les catégories; les estimations des autres gaz comme le CH₄, le CO et le N₂O associés à la combustion de la biomasse sont déclarées dans la catégorie des forêts converties en terres inondées. Les émissions de NO_x n'ont pas été estimées. Les terres cultivées et les prairies converties en terres humides n'ont pas été estimées, mais les émissions des terres converties en terres inondées incluraient celles provenant de la submersion des terres humides et des prairies (toundra) non aménagées qui sont déclarées sous la catégorie « Autres terres converties en terres humides ».

A5.5.5. Zones de peuplement

Les estimations actuelles applicables aux terres converties en zones de peuplement englobent la perte de forêt au profit de ces zones, ainsi que la conversion de la toundra en zones de peuplement dans le Nord canadien. Les émissions autres que le CO₂ (CH₄, CO et N₂O) ne sont déclarées que lorsque la combustion de la biomasse s'est produite pendant les activités de conversion. Les émissions de NO_x n'ont pas été estimées. Il en est de même quant aux émissions et absorptions provenant de la conversion de terres cultivées, de pâturages agricoles, de terres humides et d'autres terres en zones de peuplement. Les estimations de CO₂ correspondant aux zones de peuplement dont la vocation n'a pas changé ne comprennent que la séquestration nette de carbone dans la biomasse aérienne des arbres de milieux urbains.

A5.6. Déchets

Cette catégorie est essentiellement complète, à l'exception des éléments suivants.

A5.6.1. Décharges de déchets solides non gérées

Afin de respecter le principe d'exhaustivité, les émissions produites par les décharges non gérées portent la mention « non estimé. Les données actuelles sur les décharges non gérées ne sont ni facilement disponibles ni fiables; en outre, les données historiques requises à leur égard n'existent pas.

La majorité des grandes décharges sont des décharges gérées à écran d'étanchéité artificiel. Habituellement,

même les petites communautés sont desservies par une décharge gérée puisque les règlements provinciaux exigent une certaine forme de gestion. On présume que les décharges non gérées sont peu profondes, c'est-à-dire qu'il y a biodégradation aérobie, et qu'on n'y dépose qu'une quantité relativement négligeable de déchets. Ainsi, leur contribution aux émissions serait négligeable comparativement à celles des décharges gérées. La présente méthode permet d'obtenir une estimation conservatrice, étant donné que l'on présume que tous les déchets enfouis sont placés dans des décharges gérées.

Les quantités de déchets éliminés sont tirées de la publication de Statistique Canada *Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets*, une publication biennale (Statistique Canada, 2000, 2003, 2004, 2007, 2008). Les installations d'élimination sont interrogées directement; dans les petites zones rurales qui ne sont pas couvertes par l'enquête, une estimation est obtenue en faisant le produit du taux d'élimination provincial par habitant et de la population connue de ces municipalités non couvertes. Par conséquent, les données sur l'activité actuelle sont complètes, et les estimations des émissions de CH₄ sont prudentes, pour les raisons énoncées précédemment. Toutefois, la réalisation d'une étude est envisagée pour tenter de déterminer les quantités de déchets placées dans des décharges non gérées. Ces estimations seront présentées dans le prochain RIN, à condition que la précision des estimations actuelles puisse être améliorée, que l'on ait la certitude d'une attribution correcte (décharges gérées par rapport à non gérées – profondes par rapport à peu profondes), et que le double comptage soit évité.

A5.6.2. Eaux usées domestiques et commerciales

La mention des émissions de N₂O provenant de la sous-catégorie des eaux usées a été changée. On ne parle plus de « Inclus ailleurs », mais de « Non estimées », pour assurer l'uniformité avec la sous-catégorie des eaux usées domestiques et commerciales sans déchets humains/boues. Aucune méthode n'est fournie pour l'estimation des émissions de N₂O des eaux usées domestiques et commerciales sans déchets humains dans les Lignes directrices révisées de 1996 du GIEC, ni dans les documents sur les bonnes pratiques du GIEC. La récupération du CH₄ de ces activités de traitement des eaux usées n'a pas été confirmée, mais on ne croit pas qu'elle soit possible. Les émissions de CH₄ de la sous-catégorie des boues portent la mention NE car

on ne dispose pas, pour l'instant, de données permettant d'évaluer les quantités captées dans certains sites. La réalisation d'une étude est envisagée pour fournir des estimations d'émissions dans le prochain RIN pour les catégories recevant actuellement la mention « Non estimées », dans les cas où des méthodes sont fournies dans les Lignes directrices révisées de 1996 du GIEC ou dans les documents sur les bonnes pratiques du GIEC.

A5.6.3. Eaux usées industrielles

La mention « non estimées » est attribuée aux émissions de CH₄ et de N₂O produites par les eaux usées et les boues d'épuration industrielles. On étudie actuellement divers mécanismes permettant d'assurer une collecte plus complète des données sur les activités et d'aider à formuler une méthodologie plus précise d'estimation des émissions imputables à ce soussecteur pour les prochains inventaires. Cependant, pour des raisons de confidentialité, on prévoit que ces données ne seront pas facilement accessibles. La réalisation d'une étude est envisagée pour régler ce problème dans le prochain RIN.

A5.6.4. Incinération des déchets

Les émissions de CH₄ provenant de l'incinération des résidus urbains sont considérées comme négligeables et n'ont pas été estimées. À peu près moins de cinq pour cent de tous les déchets urbains sont incinérés au Canada. On ne pense donc pas que les émissions de CH₄ issues de cette source contribuent de façon importante à l'inventaire national et elles sont donc déclarées avec la mention NE. La réalisation d'une étude est envisagée pour évaluer les émissions de CH₄ de cette source. Elle permettra, pour le prochain RIN, de quantifier les émissions ou au moins de confirmer qu'elles sont négligeables.

Annexe 6

Assurance et contrôle de la qualité

Les procédures d'assurance et de contrôle de la qualité (AQ/CQ) font partie intégrante des processus de production et de présentation des inventaires. Le Canada, en se fondant sur elles, peut respecter les exigences de la CCMUCC en matière de transparence, d'uniformité, de comparabilité, d'exhaustivité et de précision. Le gouvernement du Canada s'est engagé à améliorer les données et les méthodes de concert avec l'industrie, les provinces et les territoires, les milieux universitaires et la collectivité internationale, afin de produire un inventaire crédible et valable qui satisfait à ses obligations internationales.

A6.1. Caractéristiques du plan d'AQ/de CQ de l'inventaire national

Le Canada a préparé un plan d'AQ/de CQ en partant d'une approche intégrée à la gestion de la qualité de l'inventaire et en visant l'amélioration continue des estimations des émissions et des absorptions. Le plan est conçu pour permettre l'application des procédures d'AQ/de CQ tout au long du processus de préparation de l'inventaire, de la collecte des données initiales à la publication, en passant par la préparation des estimations des émissions et des absorptions.

Préparé au départ en 2006, le plan comporte un système d'amélioration continue qui comprend, sans toutefois s'y limiter, des procédures d'intégration des leçons retenues au cours du cycle d'établissement de l'inventaire, le recours à des méthodes d'AQ/de CQ et à d'autres outils pour dégager et prioriser les améliorations, ainsi que des mécanismes veillant à ce que les améliorations relevées soient intégrées aux procédures d'exploitation.

Le plan comporte aussi un calendrier de mise en œuvre sur plusieurs années de sorte que, quelle que soit l'année de

rapport, toutes les catégories clés (et les catégories où sont intervenus d'importants changements méthodologiques) font l'objet d'un contrôle de la qualité de niveau 1. Sur un cycle de trois ans, toutes les catégories feront l'objet d'un contrôle de la qualité de niveau 1. Il y aura chaque année certaines activités de CQ, d'AQ et de vérification de niveau 2 en fonction d'un calendrier pluriannuel visant à fournir des évaluations de qualité plus complètes de l'ensemble de l'inventaire sur sept ans. La mise en œuvre du cycle pluriannuel a déjà commencé et devrait s'accélérer au cours des quelques prochaines années. Jusqu'à ce que l'on puisse atteindre cet objectif final, un comité d'établissement des priorités et de planification fixe chaque année les cibles annuelles provisoires. En outre, ce comité a, parmi ses responsabilités l'approbation de la mise en œuvre des modifications méthodologiques; il doit veiller à la disponibilité de ressources adéquates et faire preuve de diligence raisonnable tout en fournissant des orientations pour la gestion globale du projet de l'inventaire.

La préparation d'une documentation sur les procédures d'AQ/de CQ se situe au cœur du système. On utilise des listes de contrôle normalisées pour décrire de façon cohérente et systématique la totalité des activités d'AQ/de CQ effectuées au cours de la préparation et de la présentation de l'inventaire annuel. Des vérifications de CQ ont lieu au cours de la préparation de chaque inventaire annuel et sont archivées avec les autres documents de procédure et de méthodologie, par catégorie d'inventaire et année de présentation. Le plan exige la coordination des activités d'AQ/de CQ avec les agences et organismes externes qui fournissent des données sur les activités et/ou établissent des estimations des émissions et des absorptions de GES pour Environnement Canada.

A6.2. Processus de production de l'inventaire annuel

La préparation de l'inventaire repose sur un mécanisme continu d'amélioration de la méthodologie, de collecte des données, de perfectionnement et d'examen. Au cours des premières parties du cycle du projet (de mai à octobre), on commence la collecte des données requises, tandis que l'on prépare le calendrier du nouvel inventaire. À la fin d'octobre, les méthodologies sont arrêtées et le processus de collecte des données est presque terminé.

Entre novembre et janvier, les spécialistes sectoriels préparent les estimations et le texte du RIN. Des experts de l’inventaire (responsables d’un secteur particulier) font le calcul des émissions et on mène des vérifications du CQ, qui sont approuvées par les gestionnaires des secteurs avant la préparation du rapport et des totaux nationaux. Le processus comporte aussi l’évaluation des catégories clés, des recalculs, des analyses d’incertitude, un CQ et la préparation de la documentation.

En février et mars, l’inventaire produit est analysé à l’interne et certains volets sont examinés par des spécialistes de l’extérieur, des agences gouvernementales et les gouvernements provinciaux/territoriaux. Les observations reçues sont étayées et, s’il y a lieu, sont intégrées à la dernière version. Après avoir été approuvé par la haute direction, l’inventaire est présenté au responsable de la CCMUCC le 15 avril au plus tard. L’inventaire est ensuite archivé et le RIN est alors traduit en français et publié.

Les archives de l’inventaire existent sous forme électronique et imprimée. Les archives imprimées se présentent sous la forme d’une bibliothèque de références contenant la version imprimée des références citées dans le RIN. La bibliothèque de références est garnie annuellement par des références à jour provenant de la présentation la plus récente. Les archives électroniques sont matérialisées par un lecteur réseauté commun à système de dossiers normalisé conçu expressément pour contenir tous les renseignements pertinents nécessaires pour reconstruire l’inventaire, y compris les renseignements sur les procédures d’AQ/de CQ et leurs résultats. Les archives électroniques sont également actualisées annuellement et contiennent l’information et les dossiers provenant de l’inventaire le plus récent.

Le cycle d’inventaire se termine par des rencontres d’apprentissage reposant sur les leçons retenues; elles se tiennent chaque année à la fin d’avril. Ces rencontres ont lieu à l’interne et avec les partenaires, pour examiner les procédures afin d’améliorer constamment le processus.

A6.3. Procédures de CQ

Le contrôle de la qualité a pour but de mener de routine des vérifications techniques afin de mesurer et de contrôler la qualité de l’inventaire, de garantir la cohérence, l’intégrité, l’exactitude et l’exhaustivité des données et de déceler les erreurs et les omissions pour y remédier. Il couvre un vaste éventail de processus d’inventaire,

depuis l’acquisition et la manipulation des données ou l’application des procédures et méthodes approuvées jusqu’au calcul des estimations et à leur documentation.

A6.3.1. Contrôle de la qualité de niveau 1

Le personnel de l’organisme chargé de l’inventaire vérifie systématiquement chaque année au minimum les catégories clés et des échantillons de l’ensemble des secteurs. Le CQ de niveau 1 suit les *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC 2000), y compris, sans s’y limiter :

- empêcher l’introduction d’erreurs de données facilement évitables, par exemple pendant l’acheminement des données, l’utilisation des unités et des calculs de base appropriés;
- vérifier la cohérence dans les données utilisées dans de multiples secteurs;
- analyser et comparer les tendances de base avec les estimations antérieures;
- établir la documentation appropriée de ce qui suit : hypothèses, pièces justificatives des experts et critères de sélection des facteurs, paramètres et méthodologies concernant les émissions;
- mener des vérifications d’exhaustivité.

On vérifie la documentation et l’archivage de tous les renseignements requis pour préparer l’estimation annuelle des émissions, en se concentrant sur les catégories clés. Les listes de vérification du CQ comprennent un registre de toutes mesures correctives prises et font renvoi à la documentation justificative. Des mises à jour mineures à la liste de vérification du CQ ont été apportées en 2009 pour améliorer l’archivage des références. Avant le dépôt du rapport, il y a des vérifications transversales officielles des produits finaux et ces vérifications sont documentées.

A6.3.2. Contrôle de la qualité de niveau 2

L’évaluation du contrôle de la qualité de niveau 2 est une occasion de récapituler et d’analyser les améliorations d’une ou de plusieurs catégories spécifiques. Une évaluation complète s’impose, afin que la catégorie visée demeure actuelle et pertinente pendant un certain nombre d’années après celle de l’analyse. Il s’agit d’une étude de vaste portée, utilisant diverses approches, notamment :

- des évaluations de l'applicabilité des méthodes, des facteurs d'émissions (FE), des données sur l'activité, de l'incertitude, etc.;
- la compréhension de la circulation de l'information, des données secondaires et des données saisies, ainsi que la capacité de suivre les entrées jusqu'à leur source;
- l'épuration et la mise à jour de la documentation (non assurées par les contrôles de la qualité de niveau 1);
- la mise en place des fondements pour les activités à venir, notamment l'élaboration et la priorisation des recommandations d'amélioration et les préparatifs visant les activités ultérieures d'assurance de la qualité.

On peut documenter les vérifications du contrôle de la qualité de niveau 2 en suivant une liste de vérifications normalisée ou en menant une étude en profondeur pour faire une évaluation complète.

A6.4. Procédures d'AQ

L'assurance de la qualité (AQ) se compose généralement d'activités d'examen menées par des experts indépendants dans le but de s'assurer que l'inventaire offre les meilleures estimations possibles des émissions et des absorptions et de renforcer l'efficacité du programme de CQ. Tout comme pour le CQ, l'AQ est effectuée chaque année sur des composantes de l'inventaire. Les membres d'un groupe de travail officiel d'experts provinciaux et territoriaux sur les émissions examinent les parties de l'inventaire préliminaire qui les concernent. Ces sections sont également examinées parallèlement par des experts et des scientifiques d'autres ministères.

De plus, certaines données et méthodes sous-jacentes sont évaluées indépendamment chaque année par divers groupes ou experts dans l'industrie, les milieux universitaires et les gouvernements. La raison pour laquelle on effectue une AQ est d'évaluer les données sur les activités, la méthodologie et le coefficient d'émissions utilisés pour calculer les diverses estimations; il est préférable qu'elle soit menée avant que l'on prenne une décision sur la mise en œuvre d'un changement de méthodologie.

A6.5. Vérification

La vérification consiste à utiliser l'information d'un tiers pour confirmer la véracité de l'inventaire. Ainsi, si on dispose de données adéquates dans le cadre du programme de déclaration des GES par les émetteurs au Canada, on amorce une analyse afin de mener des comparaisons des données de l'analyse ascendante et de l'analyse descendante.

A6.5.1. Principales réalisations en matière d'AQ/de CQ pour le rapport 2010

L'une des grandes priorités pour 2009 a été d'effectuer en permanence des mesures afin d'améliorer la qualité et la mise en application du cadre de vérification de la qualité.

Parmi les réalisations en matière d'AQ/de CQ pour 2009, mentionnons :

- La tenue d'une analyse des leçons tirées afin de préciser les améliorations et les risques possibles pour l'inventaire;
- l'introduction d'autres améliorations à l'échéancier de projet pour mieux gérer le calendrier d'inventaire;
- l'établissement d'une coordination mensuelle périodique avec Environnement Canada, Statistique Canada et Ressources naturelles Canada pour examiner les questions touchant le choix du moment, la qualité et les aspects techniques concernant les données du BDEEC et de l'Enquête sur la consommation industrielle d'énergie (p. ex., énergie) préparée par Statistique Canada;
- la tenue d'un examen de la cohérence technique pour garantir une intervention appropriée concernant les lacunes et le double comptage des estimations;
- la tenue d'un examen provincial des annexes 9, 10 et 11 du RIN 2009;
- la tenue d'une analyse des écarts ISO comparant le système de gestion de la qualité d'Environnement Canada à la norme ISO 9001:2008, Systèmes de gestion de la qualité – Exigences;
- la formation officielle à l'échelle de la Division des GES pour exécuter des analyses d'incertitude, notamment des modules liant l'évaluation de l'incertitude aux mesures de la qualité.

Pour la présentation de 2010, les spécialistes qui ont préparé des estimations de ces catégories, ont mis en œuvre des procédures de CQ de niveau 1 et documenté les résultats. On a également procédé à des contrôles transversaux du RIN et du CUPR avant la présentation de l'inventaire.

Annexe 7

Degré d'incertitude

A7.1. Introduction

Dans leur Rapport d'inventaire national, toutes les Parties de l'Annexe 1 doivent indiquer le degré d'incertitude estimatif associé aux estimations annuelles des émissions et aux tendances des émissions au fil du temps. Selon le GIEC, l'estimation du degré d'incertitude, élément essentiel de l'inventaire, aide à prioriser les améliorations à apporter à l'inventaire et à orienter les choix méthodologiques (GIEC, 2000).

En 1994, le Canada a évalué pour la première fois l'incertitude de ses estimations de 1990 (McCann, 1994). En 2003–2004, le Canada a entrepris une étude exhaustive en vue d'effectuer une évaluation selon la méthode 2, par simulation de type Monte-Carlo, de l'incertitude associée aux catégories de sources de son inventaire de GES de 2001 (les dernières estimations disponibles au moment de l'étude); les résultats de cette évaluation ont fait l'objet de plusieurs rapports subséquents (Environnement Canada, 2009). Depuis 2004, beaucoup de changements, d'améliorations et de mises à jour d'ordre méthodologique ont été apportés, y compris l'actualisation des paramètres d'incertitude. Des estimations d'incertitude ont en outre été développées dans le secteur ATCATF (voir le chapitre 7). Les résultats globaux de l'évaluation précédente ne peuvent plus s'appliquer à l'ensemble de l'inventaire.

Dans le présent rapport, le Canada a utilisé la méthode 1 (propagation d'erreur) pour combiner les estimations d'incertitude, en remplissant le tableau 6.1 au niveau des catégories de sources, suivant une méthode décrite au chapitre 6 des Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux (GIEC, 2000). Les valeurs estimatives pour chaque catégorie de sources ou de puits proviennent des études précédentes, telles quelles ou modifiées d'après les résultats de ces études, ou encore sont calculées pour la première fois, comme c'est le cas des valeurs

du secteur ATCATF.

A7.2. Évaluation de l'incertitude associée à l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre pour 2008

Le Tableau A7–1 présente les résultats de l'évaluation de l'incertitude de l'estimation des émissions de GES au Canada. On a analysé séparément l'ensemble des résultats de l'inventaire, d'une part incluant le secteur ATCATF, et d'autre part en l'excluant. Le calcul des incertitudes associées aux tendances exclut quant à lui le secteur ATCATF. Étant donné le haut degré de variabilité des estimations dans le secteur de l'ACATF d'une année à l'autre, et qu'il dépend de facteurs naturels comme les feux de forêt dans les forêts aménagées, ce secteur ne sera pas pris en considération lors de l'analyse des incertitudes sur les tendances des sources et des puits de GES d'origine humaine.

L'incertitude de l'inventaire national, abstraction faite du secteur ATCATF, s'élève à $\pm 3,8\%$, ce qui demeure dans la fourchette de -3% à $+6\%$, définie dans les précédents rapports. C'est dans le secteur de l'énergie qu'on note le degré d'incertitude le plus faible, $\pm 2,2\%$, et dans celui de l'agriculture qu'on remarque le degré d'incertitude le plus élevé, soit 37% . Le secteur des procédés industriels, celui de l'utilisation de solvants et d'autres produits, et celui des déchets affichent des incertitudes respectives de $\pm 7,1\%$, de $\pm 19,3\%$ et de $\pm 34,5\%$.

Au niveau national, les catégories suivantes ont le plus contribué à l'incertitude : l'agriculture – émissions indirectes de N_2O des sols, la combustion de combustibles – émissions de N_2O d'autres modes de transport (hors route), l'agriculture – émissions directes de N_2O des sols, les déchets – émissions de CH_4 résultant de l'enfouissement des déchets solides, et la combustion de combustibles – émissions de CO_2 résultant de la production d'électricité et de chaleur dans le secteur public.

D'après l'étude, l'incertitude associée aux tendances, abstraction faite du secteur ATCATF, s'élève à $0,74\%$. On estime ainsi à 95% la probabilité que l'augmentation totale des émissions depuis 1990 se situe entre $23,4\%$ et $24,8\%$.

Lorsqu'on tient compte des émissions et des absorptions

du secteur ATCATF dans le total national, on obtient une incertitude de 8,0 % (voir le Tableau A7-2). Dans ce cas, les cinq catégories suivantes ont le plus d'influence sur l'incertitude à l'échelle nationale : les émissions de CO₂ des terres forestières, l'agriculture – émissions indirectes de N₂O des sols, la combustion de combustibles – émissions de N₂O d'autres modes de transport (hors route), l'agriculture – émissions directes de N₂O des sols, et les déchets – émissions de CH₄ résultant de l'enfouissement des déchets solides.

Étant donné la grande variabilité interannuelle des estimations du secteur ATCATF et le fait qu'elle dépende surtout de facteurs naturels (feux de friches dans les forêts aménagées), on a décidé de faire abstraction de ce secteur dans l'analyse de l'incertitude des tendances.

Bien que le présent rapport renferme une évaluation exhaustive de l'incertitude, il faut signaler que, tel qu'indiqué dans les rapports précédents, le Canada compte améliorer graduellement son évaluation de l'incertitude durant les années qui viennent. À plusieurs reprises, comme les renseignements disponibles pour évaluer l'incertitude ne vérifiaient pas l'hypothèse de paramètres indépendants et normalement distribués, il a fallu les simplifier aux fins de l'analyse. Dans certains cas, par exemple, les valeurs d'incertitude associées à l'estimation des émissions, tirées d'évaluations de l'incertitude précédentes réalisées par simulation de type Monte-Carlo, ont été adaptées aux exigences du modèle de propagation d'erreur. L'évaluation complète des conséquences de ces simplifications, qu'elles entraînent une sous-estimation ou une surestimation de l'incertitude, ne fait pas partie du présent rapport. Les hypothèses utilisées devraient cependant faire l'objet d'examen ou de mise à jour dans les futurs rapports, aux termes du programme canadien d'assurance et de contrôle de la qualité (AQ/CQ). Pour de plus amples précisions sur l'incertitude associée à certains secteurs particuliers, prière de consulter les sections sur l'incertitude des chapitres 3 à 8.

A7.3. Améliorations prévues

En matière d'incertitude, on prévoit certaines améliorations, notamment l'élaboration d'un programme pour garantir la capacité du Canada à parfaire graduellement son évaluation de l'incertitude d'une année à l'autre. Certains efforts déployés pour renforcer les capacités ont été mis en application à court terme. Vraisemblablement, le Canada s'inspirera des méthodes et des bases de données des an-

nées précédentes, notamment des méthodes et données de simulation de Monte-Carlo utilisées en 2003-2004, tout en veillant à ce qu'aucun changement ni amélioration méthodologique ne se fasse sans qu'on tienne compte des conséquences sur l'incertitude. Par ailleurs, de nombreux secteurs ont prévu améliorer l'estimation du degré d'incertitude dans leur domaine de spécialité.

Le Canada souligne que l'examen des précédents rapports par une équipe d'experts a permis de constater la nécessité de procéder régulièrement à des analyses d'incertitude; d'accroître les capacités internes d'analyse de l'incertitude et d'utilisation optimale des résultats obtenus; et de procéder à des analyses de niveau 2 des catégories principales. Toutes ces étapes faciliteront l'intégration des méthodes d'AQ/CQ, de l'analyse des catégories clés et de l'analyse de l'incertitude, de manière à prioriser les améliorations. Cette vision à plus long terme adoptée par le Canada pour ce qui est des évaluations de l'incertitude est conforme aux recommandations de l'équipe d'experts.

Tableau A7-1 Évaluation du degré d'incertitude et des tendances de l'incertitude, sans le secteur ATCATF

Catégorie de source du GIEC	Gaz	Émissions pour l'année de référence (1990)	Émissions pour l'année 2008	Incertitude des données sur les activités	Incertitude associée au coefficient d'émission	Incertitude combinée	Incertitude combinée en % des émissions TOTALES de 2008	Sensibilité de type A	Sensibilité de type B	Incertitude des tendances des émissions nationales induite par l'incertitude associée au coefficient d'émission	Incertitude des tendances des émissions nationales induite par l'incertitude des données sur les activités	Uncertainty Introduced into the Trend in Total National Emissions	
		kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
TOTAL		591 793	734 420	0,488	3,811	3,838						0,7347	
										Hypothèse : les coefficients d'émission sont en parfaite corrélation d'une année à l'autre	Hypothèse : les données sur les activités sont en parfaite corrélation d'une année à l'autre		
1.A.1.a	Combustion de combustibles - Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	CO ₂	94 870	118 013	0,55	4,51	4,55	0,73	0,0005	0,1994	0,0021	0,0003	0,0021
1.A.1.a	Combustion de combustibles - Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	CH ₄	39	96	0,73	28,96	28,97	0,00	0,0001	0,0002	0,0024	0,0001	0,0024
1.A.1.a	Combustion de combustibles - Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	N ₂ O	549	687	0,55	49,25	49,25	0,05	0,0000	0,0012	0,0004	0,0000	0,0004
1.A.1.b	Combustion de combustibles - Raffinage du pétrole	CO ₂	15 613	16 211	1,15	12,96	13,01	0,29	-0,0053	0,0274	-0,0693	-0,0061	0,0696
1.A.1.b	Combustion de combustibles - Raffinage du pétrole	CH ₄	7	7	0,55	44,60	44,61	0,00	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0000	0,0001
1.A.1.b	Combustion de combustibles - Raffinage du pétrole	N ₂ O	103	114	0,58	51,46	51,46	0,01	0,0000	0,0002	-0,0013	0,0000	0,0013
1.A.1.c	Combustion de combustibles - Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	CO ₂	33 823	49 102	0,82	4,01	4,09	0,27	0,0120	0,0830	0,0482	0,0099	0,0492
1.A.1.c	Combustion de combustibles - Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	CH ₄	1 583	2 258	1,03	41,33	41,35	0,13	0,0005	0,0038	0,0205	0,0005	0,0205
1.A.1.c	Combustion de combustibles - Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	N ₂ O	229	326	0,98	87,89	87,89	0,04	0,0001	0,0006	0,0061	0,0001	0,0061
1.A.2	Combustion de combustibles - Industries manufacturières et construction	CO ₂	62 488	67 797	1,88	5,27	5,31	0,49	-0,0165	0,1146	-0,0867	-0,0309	0,0920
1.A.2	Combustion de combustibles - Industries manufacturières et construction	CH ₄	58	66	4,02	13,84	13,89	0,00	0,0000	0,0001	-0,0002	0,0000	0,0002
1.A.2	Combustion de combustibles - Industries manufacturières et construction	N ₂ O	532	634	3,94	17,15	17,19	0,01	0,0000	0,0011	-0,0008	-0,0002	0,0008
1.A.3.a	Combustion de combustibles - Aviation civile	CO ₂	6 182	8 297	0,00	1,00	1,00	0,01	0,0011	0,0140	0,0011	0,0000	0,0011

Table A7- 1: Évaluation du degré d'incertitude et des tendances de l'incertitude, sans le secteur ATCATF (a suivre)

Catégorie de source du GIEC	Gaz	Émissions pour l'année de référence (1990)	Émissions pour l'année 2008	Incertitude des données sur les activités	Incertitude associée au coefficient d'émission	Incertitude combinée	Incertitude combinée en % des émissions TOTALES de 2008	Sensibilité de type A	Sensibilité de type B	Incertitude des tendances des émissions nationales induite par l'incertitude associée au coefficient d'émission	Incertitude des tendances des émissions nationales induite par l'incertitude des données sur les activités	Uncertainty Introduced into the Trend in Total National Emissions
	kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
TOTAL	591 793	734 420	0,488	3,811	3,838					Hypothèse : les coefficients d'émission sont en parfaite corrélation d'une année à l'autre	Hypothèse : les données sur les activités sont en parfaite corrélation d'une année à l'autre	0,7347
1.A.3.a Combustion de combustibles - Aviation civile	CH ₄	11	9	0,00	326,00	326,00	0,00	0,0000	0,0000	-0,0026	0,0000	0,0026
1.A.3.a Combustion de combustibles - Aviation civile	N ₂ O	175	234	0,00	564,00	564,00	0,18	0,0000	0,0004	0,0162	0,0000	0,0162
1.A.3.b Combustion de combustibles - Transport routier (essence, diesel, gaz naturel, propane)	CO ₂	94 923	132 064	0,00	1,00	1,00	0,18	0,0241	0,2232	0,0241	0,0000	0,0241
1.A.3.b Combustion de combustibles - Transport routier (essence, diesel, gaz naturel, propane)	CH ₄	310	194	0,00	16,00	16,00	0,00	-0,0003	0,0003	-0,0052	0,0000	0,0052
1.A.3.b Combustion de combustibles - Transport routier (essence, diesel, gaz naturel, propane)	N ₂ O	3 200	3 147	0,00	77,00	77,00	0,33	-0,0014	0,0053	-0,1072	0,0000	0,1072
1.A.3.c Combustion de combustibles - Transport ferroviaire	CO ₂	6 159	6 295	0,00	3,00	3,00	0,03	-0,0023	0,0106	-0,0068	0,0000	0,0068
1.A.3.c Combustion de combustibles - Transport ferroviaire	CH ₄	7	7	0,00	62,00	62,00	0,00	0,0000	0,0000	-0,0002	0,0000	0,0002
1.A.3.c Combustion de combustibles - Transport ferroviaire	N ₂ O	790	808	0,00	278,00	278,00	0,31	-0,0003	0,0014	-0,0808	0,0000	0,0808
1.A.3.d Combustion de combustibles - Transport maritime	CO ₂	4 693	5 496	0,00	3,00	3,00	0,02	-0,0006	0,0093	-0,0017	0,0000	0,0017
1.A.3.d Combustion de combustibles - Transport maritime	CH ₄	7	9	0,00	136,00	136,00	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1.A.3.d Combustion de combustibles - Transport maritime	N ₂ O	339	325	0,00	267,00	267,00	0,12	-0,0002	0,0005	-0,0430	0,0000	0,0430
1.A.3.e Combustion de combustibles - Autres modes de transport (hors route)	CO ₂	19 768	30 597	0,00	3,00	3,00	0,12	0,0102	0,0517	0,0307	0,0000	0,0307
1.A.3.e Combustion de combustibles - Autres modes de transport (hors route)	CH ₄	175	184	0,00	127,00	127,00	0,03	-0,0001	0,0003	-0,0072	0,0000	0,0072
1.A.3.e Combustion de combustibles - Autres modes de transport (hors route)	N ₂ O	1 752	3 192	0,00	277,00	277,00	1,20	0,0017	0,0054	0,4763	0,0000	0,4763
1.A.3.e Combustion de combustibles - Transport par pipeline	CO ₂	6 652	7 244	0,99	2,98	3,14	0,03	-0,0017	0,0122	-0,0051	-0,0017	0,0054
1.A.3.e Combustion de combustibles - Transport par pipeline	CH ₄	141	153	1,00	39,99	40,00	0,01	0,0000	0,0003	-0,0014	0,0000	0,0014
1.A.3.e Combustion de combustibles - Transport par pipeline	N ₂ O	57	62	0,96	86,59	86,60	0,01	0,0000	0,0001	-0,0012	0,0000	0,0012

Table A7- 1: Évaluation du degré d'incertitude et des tendances de l'incertitude, sans le secteur ATCATF (a suivre)

Catégorie de source du GIEC		Gaz	Émissions pour l'année de référence (1990)	Émissions pour l'année 2008	Incertitude des données sur les activités	Incertitude associée au coefficient d'émission	Incertitude combinée	Incertitude combinée en % des émissions TOTALES de 2008	Sensibilité de type A	Sensibilité de type B	Incertitude des tendances des émissions nationales induite par l'incertitude associée au coefficient d'émission %	Incertitude des tendances des émissions nationales induite par l'incertitude des données sur les activités %	Uncertainty Introduced into the Trend in Total National Emissions %
		kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq		%	%	%	%	%	%			
TOTAL		591 793	734 420		0,488	3,811	3,838				Hypothèse : les coefficients d'émission sont en parfaite corrélation d'une année à l'autre	Hypothèse : les données sur les activités sont en parfaite corrélation d'une année à l'autre	0,7347
1.A.4	Combustion de combustibles - Autres secteurs	CH ₄	2 117	1 961	0,02	88,31	88,31	0,24	-0,0011	0,0033	-0,0995	0,0000	0,0995
1.A.4	Combustion de combustibles - Autres secteurs	N ₂ O	701	781	0,62	46,27	46,27	0,05	-0,0002	0,0013	-0,0070	-0,0001	0,0070
1.B.1.a	Sources fugitives - Extraction du charbon	CH ₄	1 914	754	0,00	57,48	57,48	0,06	-0,0027	0,0013	-0,1575	0,0000	0,1575
1.B.2. (a+b)	Sources fugitives - Pétrole et gaz naturel	CO ₂	117	275	0,00	15,00	15,00	0,01	0,0002	0,0005	0,0033	0,0000	0,0033
1.B.2. (a+b)	Sources fugitives - Pétrole et gaz naturel	CH ₄	16 931	26 532	0,00	11,00	11,00	0,40	0,0093	0,0448	0,1026	0,0000	0,1026
1.B.2. (a+b)	Sources fugitives - Pétrole et gaz naturel	N ₂ O	31	31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
1.B.2.c	Sources fugitives - Évacuation	CO ₂	6 089	10 554	0,00	22,00	22,00	0,32	0,0051	0,0178	0,1114	0,0000	0,1114
1.B.2.c	Sources fugitives - Torçage	CO ₂	4 352	5 400	0,00	16,00	16,00	0,12	0,0000	0,0091	0,0000	0,0000	0,0000
1.B.2.c	Sources fugitives - Évacuation et torçage	CH ₄	13 219	20 279	0,00	17,50	17,50	0,48	0,0065	0,0343	0,1146	0,0000	0,1146
1.B.2.c	Sources fugitives - Évacuation et torçage	N ₂ O	0	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2.A.1	Procédés industriels - Production de ciment	CO ₂	5 436	6 620	0,00	27,99	27,99	0,25	-0,0002	0,0112	-0,0060	0,0000	0,0060
2.A.2	Procédés industriels - Production de chaux	CO ₂	1 760	1 539	0,00	8,02	8,02	0,02	-0,0011	0,0026	-0,0087	0,0000	0,0087
2.A.3	Procédés industriels - Utilisation de calcaire et de dolomite	CO ₂	734	163	0,00	16,80	16,80	0,00	-0,0013	0,0003	-0,0212	0,0000	0,0212
2.A.4	Procédés industriels - Production et utilisation de carbonate de sodium	CO ₂	211	145	0,00	10,20	10,20	0,00	-0,0002	0,0002	-0,0020	0,0000	0,0020
2.A.7.2	Procédés industriels - Utilisation de magnésite	CO ₂	147	57	0,00	8,10	8,10	0,00	-0,0002	0,0001	-0,0017	0,0000	0,0017
2.B.1	Procédés industriels - Production d'ammoniac	CO ₂	4 994	6 693	0,00	7,07	7,07	0,06	0,0008	0,0113	0,0059	0,0000	0,0059
2.B.2	Procédés industriels - Production d'acide nitrique	N ₂ O	1 012	1 228	0,00	10,20	10,20	0,02	0,0000	0,0021	-0,0005	0,0000	0,0005
2.B.3	Procédés industriels - Production d'acide adipique	N ₂ O	10 718	2 409	0,00	10,78	10,78	0,04	-0,0184	0,0041	-0,1983	0,0000	0,1983
2.C.1	Procédés industriels - Sidérurgie	CO ₂	7 060	7 439	0,00	6,38	6,38	0,06	-0,0022	0,0126	-0,0143	0,0000	0,0143
2.C.3	Procédés industriels - Production d'aluminium	CO ₂	2 715	5 172	0,00	7,14	7,14	0,05	0,0030	0,0087	0,0218	0,0000	0,0218
2.C.3	Procédés industriels - Production d'aluminium	PFCs	6 539	2 241	0,00	9,10	9,10	0,03	-0,0099	0,0038	-0,0903	0,0000	0,0903
2.C.4.1	Procédés industriels - Production d'aluminium	SF ₆	59	4	0,00	3,33	3,33	0,00	-0,0001	0,0000	-0,0004	0,0000	0,0004
2.C.4.2	Procédés industriels - Production de magnésium	SF ₆	3 106	460	0,00	3,99	3,99	0,00	-0,0057	0,0008	-0,0229	0,0000	0,0229

Table A7- 1: Évaluation du degré d'incertitude et des tendances de l'incertitude, sans le secteur ATCATF (a suivre)

Catégorie de source du GIEC	Gaz	Émissions pour l'année de référence (1990)	Émissions pour l'année 2008	Incertainité des données sur les activités	Incertainité associée au coefficient d'émission	Incertainité combinée	Incertainité combinée en % des émissions TOTALES de 2008	Sensibilité de type A	Sensibilité de type B	Incertainité des tendances des émissions nationales induite par l'incertainité associée au coefficient d'émission	Incertainité des tendances des émissions nationales induite par l'incertainité des données sur les activités	Uncertainty Introduced into the Trend in Total National Emissions
		kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq	%	%	%	%	%	%	%	%	%
TOTAL		591 793	734 420	0,488	3,811	3,838				Hypothèse : les coefficients d'émission sont en parfaite corrélation d'une année à l'autre	Hypothèse : les données sur les activités sont en parfaite corrélation d'une année à l'autre	0,7347
2.C.5	Procédés industriels - Moulage du magnésium	SF ₆	0	0	0,00	3,99	3,99	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2.E	Procédés industriels - Production d'halocarbures	HFCs	767	0	0,00	35,80	35,80	0,00	-0,0016	0,0000	-0,0576	0,0576
2.E	Procédés industriels - Production d'halocarbures	PFCs	0	0	0,00	23,50	23,50	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2.E	Procédés industriels - Production de SF ₆	SF ₆	0	0	0,00	31,98	31,98	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2.F	Procédés industriels - Utilisation d'halocarbures	HFCs	0	5 507	0,00	35,80	35,80	0,27	0,0093	0,0093	0,3331	0,3331
2.F	Procédés industriels - Utilisation d'halocarbures	PFCs	0	4	0,00	23,50	23,50	0,00	0,0000	0,0000	0,0002	0,0002
2.F.7	Procédés industriels - Utilisation de SF ₆ dans l'industrie des semi-conducteurs	SF ₆	1 524	1 769	0,00	31,98	31,98	0,08	-0,0002	0,0030	-0,0066	0,0066
2.F.8	Procédés industriels - Utilisation de SF ₆ dans l'industrie de l'équipement électrique	SF ₆	15	5	0,00	45,28	45,28	0,00	0,0000	0,0000	-0,0011	0,0011
2.G	Procédés industriels - Autres (procédés indifférenciés)	CO ₂	8 030	11 133	0,00	20,91	20,91	0,32	0,0020	0,0188	0,0413	0,0413
3.D	Utilisation de solvants et d'autres produits	N ₂ O	175	330	0,00	19,33	19,33	0,01	0,0002	0,0006	0,0037	0,0037
4.A	Agriculture - Fermentation entérique	CH ₄	16 929	22 485	2	5	5	0,16	0,0025	0,0380	0,0115	0,0115
4.A	Agriculture - Gestion des fumiers	CH ₄	2 444	2 841	5	22	22	0,09	-0,0003	0,0048	-0,0070	0,0070
4.A	Agriculture - Gestion des fumiers	N ₂ O	3 547	4 667	24	97	100	0,63	0,0004	0,0079	0,0432	0,0432
4.D.1	Agriculture - Émissions directes des sols	N ₂ O	16 480	20 667	10	39	40	1,14	0,0004	0,0349	0,0142	0,0142
4.D.3	Agriculture - Émissions indirectes des sols	N ₂ O	9 064	11 778	16	180	181	2,90	0,0009	0,0199	0,1611	0,1611
6.A	Déchets - Enfouissement des déchets solides	CH ₄	17 720	20 470	0,00	36,47	36,47	1,02	-0,0026	0,0346	-0,0937	0,0937
6.B	Déchets - Traitement des eaux usées	CH ₄	224	264	0,00	42,50	42,50	0,02	0,0000	0,0004	-0,0010	0,0010
6.B	Déchets - Traitement des eaux usées	N ₂ O	514	671	0,00	62,50	62,50	0,06	0,0001	0,0011	0,0035	0,0035
6.C	Déchets - Incinération des déchets	CO ₂	267	197	0,00	34,50	34,50	0,01	-0,0002	0,0003	-0,0079	0,0079
6.C	Déchets - Incinération des déchets	CH ₄	9	2	0,00	60,00	60,00	0,00	0,0000	0,0000	-0,0010	0,0010
6.C	Déchets - Incinération des déchets	N ₂ O	124	53	0,00	85,00	85,00	0,01	-0,0002	0,0001	-0,0145	0,0145

Tableau A7-2 Évaluation du degré d'incertitude incluant le secteur ATCATF

	Catégorie de source du GIEC	Gaz	Émissions pour l'année 2008	Incertain- tude des don- nées sur les activités	Incertain- tude associée au coefficient d'émission	Incertain- tude combinée	Incertain- tude combinée en % des émissions TOTALES de 2008
	TOTAL		720 270			8,0	
1.A.1.a	Combustion de combustibles - Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	CO ₂	118 013	0,55	4,51	4,55	0,74
1.A.1.a	Combustion de combustibles - Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	CH ₄	96	0,73	28,96	28,97	0,00
1.A.1.a	Combustion de combustibles - Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	N ₂ O	687	0,55	49,25	49,25	0,05
1.A.1.b	Combustion de combustibles - Raffinage du pétrole	CO ₂	16 211	1,15	12,96	13,01	0,29
1.A.1.b	Combustion de combustibles - Raffinage du pétrole	CH ₄	7	0,55	44,60	44,61	0,00
1.A.1.b	Combustion de combustibles - Raffinage du pétrole	N ₂ O	114	0,58	51,46	51,46	0,01
1.A.1.c	Combustion de combustibles - Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	CO ₂	49 102	0,82	4,01	4,09	0,28
1.A.1.c	Combustion de combustibles - Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	CH ₄	2 258	1,03	41,33	41,35	0,13
1.A.1.c	Combustion de combustibles - Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	N ₂ O	326	0,98	87,89	87,89	0,04
1.A.2	Combustion de combustibles - Industries manufacturières et construction	CO ₂	67 797	1,88	5,27	5,31	0,50
1.A.2	Combustion de combustibles - Industries manufacturières et construction	CH ₄	66	4,02	13,84	13,89	0,00
1.A.2	Combustion de combustibles - Industries manufacturières et construction	N ₂ O	634	3,94	17,15	17,19	0,02
1.A.3.a	Combustion de combustibles - Aviation civile	CO ₂	8 297	0,00	1,00	1,00	0,01
1.A.3.a	Combustion de combustibles - Aviation civile	CH ₄	9	0,00	326,00	326,00	0,00
1.A.3.a	Combustion de combustibles - Aviation civile	N ₂ O	234	0,00	564,00	564,00	0,18
1.A.3.b	Combustion de combustibles - Transport routier (essence, diesel, gaz naturel, propane)	CO ₂	132 064	0,00	1,00	1,00	0,18
1.A.3.b	Combustion de combustibles - Transport routier (essence, diesel, gaz naturel, propane)	CH ₄	194	0,00	16,00	16,00	0,00
1.A.3.b	Combustion de combustibles - Transport routier (essence, diesel, gaz naturel, propane)	N ₂ O	3 147	0,00	77,00	77,00	0,34
1.A.3.c	Combustion de combustibles - Transport ferroviaire	CO ₂	6 295	0,00	3,00	3,00	0,03
1.A.3.c	Combustion de combustibles - Transport ferroviaire	CH ₄	7	0,00	62,00	62,00	0,00
1.A.3.c	Combustion de combustibles - Transport ferroviaire	N ₂ O	808	0,00	278,00	278,00	0,31
1.A.3.d	Combustion de combustibles - Transport maritime	CO ₂	5 496	0,00	3,00	3,00	0,02
1.A.3.d	Combustion de combustibles - Transport maritime	CH ₄	9	0,00	136,00	136,00	0,00
1.A.3.d	Combustion de combustibles - Transport maritime	N ₂ O	325	0,00	267,00	267,00	0,12
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Autres modes de transport (hors route)	CO ₂	30 597	0,00	3,00	3,00	0,13
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Autres modes de transport (hors route)	CH ₄	184	0,00	127,00	127,00	0,03
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Autres modes de transport (hors route)	N ₂ O	3 192	0,00	277,00	277,00	1,23
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Transport par pipeline	CO ₂	7 244	0,99	2,98	3,14	0,03
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Transport par pipeline	CH ₄	153	1,00	39,99	40,00	0,01
1.A.3.e	Combustion de combustibles - Transport par pipeline	N ₂ O	62	0,96	86,59	86,60	0,01
1.A.4	Combustion de combustibles - Autres secteurs	CO ₂	77 207	1,06	1,65	1,96	0,21
1.A.4	Combustion de combustibles - Autres secteurs	CH ₄	1 961	0,02	88,31	88,31	0,24
1.A.4	Combustion de combustibles - Autres secteurs	N ₂ O	781	0,62	46,27	46,27	0,05
1.B.1.a	Sources fugitives - Extraction du charbon	CH ₄	754	0,00	57,48	57,48	0,06
1.B.2.(a+b)	Sources fugitives - Pétrole et gaz naturel	CO ₂	275	0,00	15,00	15,00	0,01
1.B.2.(a+b)	Sources fugitives - Pétrole et gaz naturel	CH ₄	26 532	0,00	11,00	11,00	0,41
1.B.2.(a+b)	Sources fugitives - Pétrole et gaz naturel	N ₂ O	31	0,00	0,00	0,00	0,00
1.B.2.c	Sources fugitives - Évacuation	CO ₂	10 554	0,00	22,00	22,00	0,32
1.B.2.c	Sources fugitives - Évacuation et torchage	CH ₄	20 279	0,00	17,50	17,50	0,49
1.B.2.c	Sources fugitives - Torchage	CO ₂	5 400	0,00	16,00	16,00	0,12
1.B.2.c	Sources fugitives - Évacuation et torchage	N ₂ O	8	0,00	0,00	0,00	0,00

Table A7- 2: Évaluation du degré d'incertitude incluant le secteur ATCATF (a suivre)

Catégorie de source du GIEC		Gaz	Émissions pour l'année 2008	Incertaineté des données sur les activités	Incertaineté associée au coefficient d'émission	Incertaineté combinée	Incertaineté combinée en % des émissions TOTALES de 2008
			kt d'éq. CO2	%	%	%	%
TOTAL			720 270			8.0	
2.A.1	Procédés industriels - Production de ciment	CO ₂	6 620	0,00	27,99	27,99	0,26
2.A.2	Procédés industriels - Production de chaux	CO ₂	1 539	0,00	8,02	8,02	0,02
2.A.3	Procédés industriels - Utilisation de calcaire et de dolomite	CO ₂	163	0,00	16,80	16,80	0,00
2.A.4	Procédés industriels - Production et utilisation de carbonate de sodium	CO ₂	145	0,00	10,20	10,20	0,00
2.A.7.2	Procédés industriels - Utilisation de magnésite	CO ₂	57	0,00	8,10	8,10	0,00
2.B.1	Procédés industriels - Production d'ammoniac	CO ₂	6 693	0,00	7,07	7,07	0,07
2.B.2	Procédés industriels - Production d'acide nitrique	N ₂ O	1 228	0,00	10,20	10,20	0,02
2.B.3	Procédés industriels - Production d'acide adipique	N ₂ O	2 409	0,00	10,78	10,78	0,04
2.C.1	Procédés industriels - Sidérurgie	CO ₂	7 439	0,00	6,38	6,38	0,07
2.C.3	Procédés industriels - Production d'aluminium	CO ₂	5 172	0,00	7,14	7,14	0,05
2.C.3	Procédés industriels - Production d'aluminium	PFCs	2 241	0,00	9,10	9,10	0,03
2.C.4.1	Procédés industriels - Production d'aluminium	SF ₆	4	0,00	3,33	3,33	0,00
2.C.4.2	Procédés industriels - Production de magnésium	SF ₆	460	0,00	3,99	3,99	0,00
2.C.5	Procédés industriels - Moulage du magnésium	SF ₆	0	0,00	3,99	3,99	0,00
2.E	Procédés industriels - Production d'halocarbures	HFCs	0	0,00	35,80	35,80	0,00
2.E	Procédés industriels - Production d'halocarbures	PFCs	0	0,00	23,50	23,50	0,00
2.E	Procédés industriels - Production de SF ₆	SF ₆	0	0,00	31,98	31,98	0,00
2.F	Procédés industriels - Utilisation d'halocarbures	HFCs	5 507	0,00	35,80	35,80	0,27
2.F	Procédés industriels - Utilisation d'halocarbures	PFCs	4	0,00	23,50	23,50	0,00
2.F.7	Procédés industriels - Utilisation de SF ₆ dans l'industrie des semi-conducteurs	SF ₆	1 769	0,00	31,98	31,98	0,08
2.F.8	Procédés industriels - Utilisation de SF ₆ dans l'industrie de l'équipement électrique	SF ₆	5	0,00	45,28	45,28	0,00
2.G	Procédés industriels - Autres (procédés indifférenciés)	CO ₂	11 133	0,00	20,91	20,91	0,32
3.D	Utilisation de solvants et d'autres produits	N ₂ O	330	0,00	19,33	19,33	0,01
4.A	Agriculture - Gestion des fumiers	CH ₄	2 841	5	22	22	0,09
4.A	Agriculture - Gestion des fumiers	N ₂ O	4 667	24	97	100	0,65
4.A	Agriculture - Fermentation entérique	CH ₄	22 485	2	5	5	0,16
4.D.1	Agriculture - Émissions directes des sols	N ₂ O	20 667	10	39	40	1,16
4.D.3	Agriculture - Émissions indirectes des sols	N ₂ O	11 778	16	180	181	2,96
5.A	Émissions de CO ₂ des terres forestières	CO ₂	-23 681			-212	6,96
5.A	Émissions de CH ₄ des terres forestières	CH ₄	3 870			20	0,11
5.A	Émissions de N ₂ O des terres forestières	N ₂ O	2 400			20	0,07
5.B	Émissions de CO ₂ des terres cultivées	CO ₂	-13 174			19	-0,34
5.D	Émissions de CO ₂ des terres humides	CO ₂	0			0	0,00
5.E	Émissions de CO ₂ des zones de peuplement	CO ₂	0			0	0,00
	Émissions de CO ₂ résultant de la conversion des terres forestières	CO ₂	16 064			0	0,00
	Émissions de CH ₄ résultant de la conversion des terres forestières	CH ₄	237			19	0,01
	Émissions de N ₂ O résultant de la conversion des terres forestières	N ₂ O	134			20	0,00
6.A	Déchets - Enfouissement des déchets solides	CH ₄	20 470	0,00	36,47	36,47	1,04
6.B	Déchets - Traitement des eaux usées	CH ₄	264	0,00	42,50	42,50	0,02
6.B	Déchets - Traitement des eaux usées	N ₂ O	671	0,00	62,50	62,50	0,06
6.C	Déchets - Incinération des déchets	CO ₂	197	0,00	34,50	34,50	0,01
6.C	Déchets - Incinération des déchets	CH ₄	2	0,00	60,00	60,00	0,00
6.C	Déchets - Incinération des déchets	N ₂ O	53	0,00	85,00	85,00	0,01

Annexe 8

Coefficients d'émission

La présente annexe résume la façon dont les coefficients d'émission qui ont servi à l'estimation des émissions des gaz à effet de serre ont été élaborés et choisis. Les annexes 2 et 3 proposent des détails supplémentaires sur les méthodes propres aux secteurs quant à l'utilisation de ces coefficients.

A8.1. Combustion des combustibles

A8.1.1. Gaz naturel et liquides de gaz naturel

A8.1.1.1. CO₂

Les coefficients d'émission de CO₂ résultant de la combustion de combustibles fossiles dépendent essentiellement de propriétés du combustible comme la teneur en carbone, la densité et le pouvoir calorifique et, dans une moindre mesure, de la technologie de combustion.

Pour ce qui est du gaz naturel, il existe deux grandes qualités de combustible que l'on fait brûler au Canada : le combustible marchand (traité pour être vendu dans le commerce) et le combustible non marchand (non traité, pour une utilisation interne). Jusqu'à 2007, on dénombrait au Canada neuf régions productrices de gaz naturel destiné à la vente ou à une consommation interne, entraînant des variations régionales relatives au gaz naturel marchand ou non marchand. Les coefficients d'émission provinciaux et territoriaux (Tableau A8-1) ont été élaborés à partir des données des analyses chimiques d'échantillons représentatifs de gaz naturel (McCann, 2000) et d'un rendement de combustion présumé de 99,5 % (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Les coefficients d'émission du gaz naturel non marchand sont supérieurs à ceux des combustibles marchands en raison de sa nature brute, ce qui peut englober l'éthane, le propane et le butane, en plus du méthane qui se trouve

dans le mélange de combustible.

Les coefficients d'émission de CO₂ pour des liquides du gaz naturel (LGN) (Tableau A8-3) comme l'éthane, le propane et le butane, ont été élaborés d'après les données de l'analyse chimique des combustibles marchands (McCann, 2000) en supposant un rendement de combustion présumé de 99,5 % (GIEC/OCDE/AIE, 1997). Ces coefficients d'émission sont inférieurs à ceux qui ont été conçus d'après la pureté des combustibles (Jaques, 1992) en raison de la présence d'impuretés dans les combustibles.

A8.1.1.2. CH₄

Les émissions de CH₄ résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission des secteurs (Tableau A8-2 et Tableau A8-3) ont été élaborés selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur un vaste examen des coefficients d'émission qui se rattachent aux technologies de combustion (SGA, 2000). Le coefficient d'émission relatif à la consommation de gaz naturel par le producteur a été élaboré en fonction de l'écart des technologies dans l'industrie du pétrole et du gaz en amont (ACPP, 1999) et des coefficients d'émission propres à chaque technologie que l'on trouve dans le rapport AP 42 de l'APE des États Unis (EPA, 1996).

A8.1.1.3. N₂O

Les émissions de N₂O résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission (Tableau A8-2 et Tableau A8-3) ont été élaborés selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur une analyse des technologies de combustion et un examen de leurs coefficients d'émission (SGA, 2000).

Tableau A8-1 Coefficients d'émission de CO₂ pour le gaz naturel

Province	Coefficient d'émission ³ (g/m ³)	
	Marchand ¹	Non marchand ²
Terre-Neuve-et-Labrador	NE	2 482
Nouvelle-Écosse	NE	2 482
Québec	1 878	NE
Ontario	1 879	NE
Manitoba	1 877	NE
Saskatchewan	1 820	2 429
Alberta	1 918	2 380
Colombie-Britannique	1 916	2 151
Territoires du Nord-Ouest	2 454	2 454

Notes :

NE = non existant

1. Le terme « marchand » s'applique au combustible consommé par les centrales électriques, les industries manufacturières, le secteur résidentiel et commercial et celui des transports.

2. Le terme « non marchand » s'applique à la consommation de gaz brut, surtout celle des producteurs de gaz naturel.

3. Adapté de McCann (2000).

Tableau A8-2 Coefficients d'émission de CH₄ et de N₂O pour le gaz naturel

Source	Coefficient d'émission (g/m ³)	
	CH ₄	N ₂ O
Centrales électriques services publics	0,49	0,049
Industrie	0,037	0,033
Consommation du producteur (non marchand)	6,5 ^{1,2}	0,06
Pipelines	1,9	0,05
Ciment	0,037	0,034
Industries manufacturières	0,037	0,033
Résidentiel, construction, commercial et institutionnel, agriculture	0,037	0,035

Notes:

1. EPA (1996)

2. CAPP (1999)

Tableau A8-3 Coefficients d'émission pour les liquides du gaz naturel

Source	Coefficient d'émission (g/L)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Propane			
Résidentiel	1 510 ¹	0.027 ²	0.108 ²
Toutes autres utilisations	1 510 ¹	0.024 ²	0.108 ²
Éthane	976 ¹	N/A	N/A
Butane	1 730 ¹	0.024 ²	0.108 ²

Notes :

1. Adapté de McCann (2000).

2. SGA (2000).

ND = Non disponible

A8.1.2. Produits pétroliers raffinés

A8.1.2.1. CO₂

Les coefficients d'émission de CO₂ résultant de la combustion de combustibles fossiles dépendent essentiellement des propriétés du combustible et, dans une moindre mesure, de la technologie de combustion.

Des coefficients d'émission ont été élaborés pour chaque catégorie principale des produits pétroliers raffinés selon le pouvoir calorifique, la teneur en carbone et la densité (McCann, 2000) et un rendement présumé de combustion de 99 % (GIEC/OCDE/AIE, 1997) à des fins d'harmonisation avec les *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*, Version révisée (GIEC, 2006).

La composition du coke de pétrole dépend du procédé. Des coefficients ont été élaborés à la fois pour les cokes provenant d'unités de raffinerie (craquage catalytique) et ceux des usines de valorisation. Ces facteurs (Tableau A8-5) reposent sur les données fournies par l'industrie au Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie (CIEEDAC) figurant dans les rapports Review of Energy Consumption sur l'industrie de raffinage et de valorisation (CIEEDAC 2003, 2007). La quantité de coke consommé par les raffineries est dérivée des craqueurs catalytiques et le coefficient d'émission est une moyenne du coke de pétrole et du coke des craqueurs catalytiques. Les coefficients industriels ont été fournis en masse par l'industrie et ensuite convertis en volume pour pouvoir être comparés, selon la densité du coke, aux données énergétiques nationales fournies par

Statistique Canada.

Les coefficients pour les gaz de distillation (Tableau A8–5) provenant des activités de raffinage et les installations de valorisation ont également été élaborés d’après les données fournies par l’industrie et rapportées par le CIEEDAC (CIEEDAC 2003, 2006).

A8.1.2.2. CH₄

Les émissions de CH₄ résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d’émission (Tableau A8–4) ont été élaborés selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur une analyse des technologies de combustion et un examen de leurs coefficients d’émission (SGA, 2000).

On a présumé que le coefficient d’émission pour le coke de pétrole était le même pour les cokes dérivés des craqueurs

catalytiques et les cokes utilisés dans les installations de valorisation. D’après l’étude de SGA (2000), il n’existe pas de coefficient d’émission pour le gaz combustible de raffinerie (gaz de distillation).

A8.1.2.3. N₂O

Les émissions de N₂O résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d’émission pour les produits pétroliers raffinés, à l’exception du coke de pétrole, ont été élaborés (Tableau A8–4) selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur une analyse des technologies de combustion et un examen de leurs coefficients d’émission (SGA, 2000). Les coefficients d’émission du coke de pétrole (Tableau A8–6) reposent sur les coefficients d’émission de 2006 du GIEC et ont été calculés sur une base annuelle à l’aide des facteurs de conversion de l’énergie fournis par le

Tableau A8–4 Coefficients d’émission des produits pétroliers raffinés

Source	Emission Factor (g/L)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Mazout léger			
Centrales électriques services publics	2 725 ¹	0.18 ²	0.031 ²
Industrie	2 725 ¹	0.006 ²	0.031 ²
Consommation du producteur	2 643 ¹	0.006 ²	0.031 ²
Résidentiel	2 725 ¹	0.026 ²	0.006 ²
Foresterie, construction, administration publique et commercial et institutionnel	2 725 ¹	0.026 ²	0.031 ²
Mazout lourd			
Centrales électriques services publics	3 124 ¹	0.034 ²	0.064 ²
Industrie	3 124 ¹	0.12 ²	0.064 ²
Consommation du producteur	3 158 ¹	0.12 ²	0.064 ²
Résidentiel, foresterie, construction, administration publique et commercial et institutionnel	3 124 ¹	0.057 ²	0.064 ²
Kérosène			
Centrales électriques services publics	2 534 ^{1,3}	0.006 ²	0.031 ²
Industrie	2 534 ^{1,3}	0.006 ²	0.031 ²
Consommation du producteur	2 534 ^{1,3}	0.006 ²	0.031 ²
Résidentiel	2 534 ^{1,3}	0.026 ²	0.006 ²
Foresterie, construction, administration publique et commercial et institutionnel	2 534 ^{1,3}	0.026 ²	0.031 ²
Diesel	2 663 ¹	0.133 ²	0.4 ²
Coke de pétrole	(voir le Tableau A8–5)	0.12 ² (voir le tTableau A8–5)	
Gaz de distillation	(voir le Tableau A8–5)	N/A	0.000022

Notes :

1. Adapté de McCann (2000)

2. SGA (2000)

3. Coefficient d’émission présumé par McCann (2000) pour le carburéacteur.

ND = Non disponible

Tableau A8-5 Coefficients d'émission de CO₂ pour le coke de pétrole et le gaz de distillation

	Emission Factor								
	1990	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005-2008
Coke de pétrole	g/L								
Installations de valorisation ¹	3 556	3 528	3 506	3 481	3 494	3 494	3 494	3 494	3 494 3 ⁴
Raffineries et autres ²	3 766	3 760	3 777	3 711	3 763	3 806	3 828	3 806	3 826 3 ⁴
Gaz de distillation	g/m ³								
Installations de valorisation ¹	2 310	2 300	2 110	2 120	2 140	2 140	2 140	2 140 4	2 140 ⁴
Raffineries et autres ⁵	1 680	1 680	1 800	1 720	1 690	1 690	1 740	1 750 4	1 750 ⁴

Notes :

1. CIEEDAC (2003).

2. CIEEDAC (2007).

3. Nyboer (2006) – communication personnelle, Université Simon Fraser.

4. Coefficients d'émission constants.

5. CIEEDAC (2006).

Tableau A8-6 Coefficients d'émission de N₂O pour le coke de pétrole

	Emission Factor (g/L) ¹			
	1990-1995	1996	1997	1998-2008
Coke de pétrole				
Installations de valorisation	0.0226	0.0231	0.0231	0.0231
Raffineries et autres	0.0254	0.0254	0.0254	0.0265

Note :

1. GIEC (2006)

A8.1.3. Charbons et produits du charbon

A8.1.3.1. CO₂

Les coefficients d'émission de CO₂ résultant de la combustion du charbon dépendent des propriétés du combustible et, dans une moindre mesure, de la technologie de combustion.

Les coefficients d'émission du charbon (Tableau A8-7) ont été élaborés pour chaque province selon la qualité du charbon et la région d'approvisionnement. Ces coefficients d'émission reposent sur les données de l'analyse chimique d'échantillons de charbon destiné aux centrales électriques, activité qui représente la grande majorité de la consommation de charbon, et sur un rendement de combustion de 99,0 % (Jaques, 1992). Les coefficients relatifs au charbon ont été revus en 1999 car l'approvisionnement et la qualité du charbon utilisé peuvent changer avec le temps. Selon cet examen, on a établi qu'il fallait utiliser des coefficients actualisés pour les années plus récentes.

Les coefficients relatifs à 1990 reposent sur les données d'approvisionnement et de qualité de 1988 (Jaques, 1992). Entre 1998 et aujourd'hui, les coefficients reposent sur la qualité et l'approvisionnement du charbon en 1998 (McCann, 2000). Les coefficients relatifs à 1991-1997 reposent sur les deux études. Pour tenir compte de l'évolution des coefficients d'émission révélée par l'étude de 2000, on a utilisé une méthode d'interpolation linéaire pour calculer les coefficients d'émission propres au charbon pour 1991-1997 en utilisant les coefficients d'émission de 1990 (Jaques, 1992) et de 1998 (McCann, 2000) comme paramètres. Lorsque les données de consommation datent des années ultérieures, on a choisi la valeur de 1998 comme coefficient.

Tableau A8-7 Coefficients d'émission de CO₂ pour le charbon

Province	Coal	Emission Factor (g/kg)								
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998–2008
Terre-Neuve-et-Labrador										
	bitumineux canadien	2 300 ^{1,2}	2 290	2 280	2 280	2 270	2 270	2 260	2 250	2 250 ³
	anthracite	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	2 390 ²
Île-du-Prince-Édouard										
	bitumineux canadien	2 300 ^{1,2}	2 290	2 280	2 280	2 270	2 270	2 260	2 250	2 250 ³
Nouvelle-Écosse										
	bitumineux canadien	2 300 ^{1,2}	2 290	2 280	2 280	2 270	2 270	2 260	2 250	2 250 ³
	bitumineux américain	2 500 ^{2,5}	2 470	2 450	2 420	2 390	2 370	2 340	2 310	2 290 ³
	subbitumineux ⁴	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	1 730 ^{3,5}
Nouveau-Brunswick										
	bitumineux canadien	2 330 ²	2 290	2 250	2 210	2 160	2 120	2 080	2 040	2 000 ³
	bitumineux américain	2 500 ^{2,5}	2 480	2 450	2 430	2 410	2 380	2 360	2 330	2 310 ³
Québec										
	bitumineux canadien	2 300 ^{1,2}	2 290	2 280	2 280	2 270	2 270	2 260	2 250	2 250 ³
	bitumineux américain	2 500 ^{2,5}	2 480	2 460	2 440	2 420	2 400	2 380	2 360	2 340 ³
	anthracite	2 390 ²	2 390	2 390	2 390	2 390	2 390	2 390	2 390	2 390 ²
Ontario										
	bitumineux canadien	2 520 ²	2 490	2 460	2 420	2 390	2 350	2 320	2 290	2 250 ³
	bitumineux américain	2 500 ^{2,5}	2 490	2 480	2 480	2 470	2 460	2 450	2 440	2 430 ³
	subbitumineux ⁴	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1 730	1 730	1 730 ^{3,5}
	lignite	1 490 ²	1 490	1 490	1 490	1 480	1 480	1 480	1 480	1 480 ³
	anthracite	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	2 390 ²
Manitoba										
	bitumineux canadien	2 520 ²	2 490	2 460	2 420	2 390	2 350	2 320	2 290	2 250 ³
	bitumineux américain	NE	NE	NE	2 480 ^{2,5}	2 470	2 460	NE	NE	2 430 ³
	subbitumineux ⁴	NE	NE	NE	NE	NE	NE	1 730	1 730	1 730 ^{3,5}
	lignite	1 520	1 510	1 500	1 490	1 470	1 460	1 450	1 440	1 420
	anthracite	2 390 ²	2 390	2 390	2 390	2 390	2 390	2 390	2 390	2 390
Saskatchewan										
	bitumineux canadien	1 700	1 720	1 740	1 760	1 780	1 800	1 810	1 830	1 850 ³
	subbitumineux ⁴	NE	NE	NE	NE	1 750 ^{2,6}	1 750	NE	NE	NE
	lignite	1 340 ²	1 350	1 360	1 370	1 380	1 400	1 410	1 420	1 430 ³
Alberta										
	bitumineux canadien	1 700 ^{2,6}	1 720	1 740	1 760	1 780	1 800	1 810	1 830	1 850 ³
	subbitumineux ⁴	1 740 ^{2,6}	1 740	1 740	1 750	1 750	1 750	1 760	1 760	1 770 ³
	anthracite	2 390 ²	2 390	2 390	2 390	2 390	2 390	2 390	2 390	2 390
Colombie-Britannique										
	bitumineux canadien	1 700 ^{2,6}	1 750	1 790	1 840	1 890	1 930	1 980	2 030	2 070 ³
	bitumineux américain	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	2 430 ³
	subbitumineux ⁴	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	1 770 ³

Notes :

1. Même source présumée que celle de la Nouvelle-Écosse.

2. Jaques (1992).

3. Adapté de McCann (2000)

4. Représente à la fois le charbon subbitumineux canadien et importé.

5. Même source présumée que celle de l'Ontario.

6. Même source présumée que celle de l'Alberta.

NE = non existant

Les coefficients d'émission relatifs au coke et au gaz de four à coke (Tableau A8-8) ont été élaborés à partir des données fournies par l'industrie (Jaques, 1992). Les coefficients d'émission relatifs au coke sont représentatifs de l'utilisation du coke dans l'industrie du ciment, l'industrie des métaux non ferreux et d'autres industries manufacturières.

A8.1.3.2. CH₄

Les émissions de CH₄ résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission des secteurs (Tableau A8-9) ont été élaborés selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur une analyse des technologies de combustion et un examen de leurs coefficients d'émission (SGA, 2000).

A8.1.3.3. N₂O

Les émissions de N₂O résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission des secteurs (Tableau A8-9) ont été élaborés selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur une analyse des technologies de combustion et un examen de leurs coefficients d'émission (SGA, 2000).

A8.1.4. Autres combustibles

A8.1.4.1. CO₂

Les combustibles de remplacement comme les pneus, les déchets ainsi que l'huile usagée et les solvants sont utilisés par certaines industries pour compenser la combustion des combustibles achetés comme le charbon, l'huile ou le gaz naturel. Les émissions de CO₂ attribuables à la combustion de sources fixes de combustibles résiduels sont présentées dans le *Rapport d'inventaire national* où les données sont disponibles. L'industrie du ciment, en particulier, est connue pour être consommatrice de « combustibles dérivés des pneus » (CDP) (Association canadienne du ciment, 2007) et on présume le coefficient d'émission pour les CDP approprié à la combustion de tous les combustibles résiduels (Tableau A8-10).

A8.1.4.2. CH₄

Les coefficients d'émission de CH₄ pour les combustibles de remplacement (en particulier les CDP) ne sont pas dis-

ponibles actuellement.

A8.1.4.3. N₂O

Les coefficients d'émission de N₂O pour les combustibles de remplacement (en particulier les CDP) ne sont pas disponibles actuellement.

Tableau A8-8 Coefficients d'émission de CO₂ pour les produits du charbon¹

Produits du charbon – type de combustible	Coefficient d'émission
Gaz de four à coke	1 600 g/m ³
Coke	2 480 g/kg

Note :

1. Adaptation de Jaques (1992)

Tableau A8-9 Coefficients d'émission de CH₄ et de N₂O pour le charbon¹

Source	Coefficient d'émission	
	CH ₄ g/kg	N ₂ O g/kg
Charbon		
Centrales électriques – services publics	0.022	0.032
Industrie et centrales de production de chaleur et de vapeur	0.03	0.02
Résidentiel, administration publique	4	0.02
Coke	0.03	0.02
Gaz de four à coke (g/m³)	0.037	0.035

Note:

1. SGA (2000)

Tableau A8-10 Coefficients d'émission pour les combustibles de remplacement

Source	Fuel	Coefficient d'émission (kg/GJ)		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Ciment	Pneus	85	N/A	N/A

Notes :

Un coefficient d'émission de CO₂ pour des pneus consommés par l'industrie du ciment a été élaboré par le World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 2005) sur la base de leur valeur de pouvoir calorifique supérieur (PCS).

ND = Non disponible

Tableau A8-11 Coefficients d'émission pour les sources de combustion mobiles du secteur de l'énergie

Usage	Coefficient d'émission (g/L de combustible)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Transport routier			
Véhicules à essence			
Véhicules légers à essence (VLE)			
Niveau 1*	2 289 ³	0.12 ²	0.16 ⁴
Niveau 0	2 289 ³	0.32 ²	0.66 ⁵
Convertisseur catalytique d'oxydation	2 289 ³	0.52 ⁴	0.20 ²
Système sans catalyseur	2 289 ³	0.46 ⁴	0.028 ²
Camions légers à essence (CLE)			
Niveau 1*	2 289 ³	0.13 ⁴	0.25 ⁴
Niveau 0	2 289 ³	0.21 ⁴	0.66 ⁵
Convertisseur catalytique d'oxydation	2 289 ³	0.43 ⁴	0.20 ²
Système sans catalyseur	2 289 ³	0.56 ²	0.028 ²
Véhicules lourds à essence (VLE)			
Catalyseur à trois voies	2 289 ³	0.068 ⁴	0.20 ⁴
Système sans catalyseur	2 289 ³	0.29 ²	0.047 ²
Sans dispositif	2 289 ³	0.49 ²	0.084 ²
Motocyclettes			
Système sans catalyseur	2 289 ³	1.4 ²	0.045 ²
Sans dispositif	2 289 ³	2.3 ²	0.048 ²
Véhicules à moteur diesel			
Véhicules légers à moteur diesel (VLMD)			
Dispositif perfectionné*	2 663 ³	0.051 ²	0.22 ²
Dispositif à efficacité modérée	2 663 ³	0.068 ²	0.21 ²
Sans dispositif	2 663 ³	0.10 ²	0.16 ²
Camions légers à moteur diesel (CLMD)			
Dispositif perfectionné*	2 663 ³	0.068 ²	0.22 ²
Dispositif à efficacité modérée	2 663 ³	0.068 ²	0.21 ²
Sans dispositif	2 663 ³	0.085 ²	0.16 ²
Véhicules lourds à moteur diesel (VLMD)			
Dispositif perfectionné*	2 663 ³	0.12 ²	0.082 ²
Dispositif à efficacité modérée	2 663 ³	0.14 ²	0.082 ²
Sans dispositif	2 663 ³	0.15 ²	0.075
Véhicules au gaz naturel	1.89 ³	9 × 10 ^{-3 2}	6 × 10 ⁻⁵
Véhicules au propane	1 510 ³	0.64 ²	0.028 ²
Véhicules hors route			
Véhicules hors route à essence	2 289 ³	2.7 ²	0.050 ²
Véhicules hors route à moteur diésel	2 663 ³	0.15 ²	1.1 ²
Transport ferroviaire			
Trains alimentés au carburant diesel	2 663 ³	0.15 ²	1.1 ²
Transport maritime			
Bateaux à essence	2 289 ³	1.3 ²	0.066 ²
Navires à moteur diesel	2 663 ³	0.15 ²	1.1 ²
Navires alimentés au mazout léger	2 725 ³	0.26 ²	0.073 ²
Navires alimentés au mazout lourd	3 124 ³	0.28 ²	0.079 ²
Transport aérien			
Essence d'aviation	2 342 ¹	2.2 ¹	0.23 ¹
Carburéacteur	2 534 ³	0.080 ¹	0.23 ¹
Combustibles renouvelables			
Biodiesel	2 449	**	**
Éthanol	1 494	***	***

Notes:

1. Jaques (1992)
2. SGA (2000)
3. McCann (2000)
4. ICF (2004)
5. Barton & Simpson (1994)
6. BioMer (2005)

7. Voir chapitre 3

* Les coefficients d'émission pour les véhicules de niveau 1 ou pour les véhicules dotés de système perfectionné sont utilisés pour le parc de véhicules de niveau 2.

** Les coefficients d'émission pour le CH₄ et le N₂O des moteurs diesel (selon l'usage et la technologie) sont utilisés pour le biodiesel.*** Les coefficients d'émission pour le CH₄ et le N₂O des moteurs à essence (selon l'usage et la technologie) sont utilisés pour l'éthanol.

A8.1.5. Combustion mobile

A8.1.5.1. CO₂

Les coefficients d'émission de CO₂ résultant de la combustion de sources mobiles dépendent des propriétés du combustible et sont identiques à ceux qui sont utilisés pour la combustion de sources fixes de tous les combustibles.

A8.1.5.2. CH₄

Les émissions de CH₄ résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission des secteurs ont été élaborés selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur un examen des connaissances actuelles et sur l'analyse des technologies de combustion (SGA, 2000). En 2006, un examen technique des coefficients d'émission disponibles a été réalisé (Gallant, 2006). Il prenait en compte les coefficients d'émissions nouvellement disponibles et ceux déjà sélectionnés pour l'inventaire canadien. L'examen de tous ces coefficients d'émission était destiné à vérifier que la conversion des unités et les calculs étaient correctement réalisés à partir de sources référencées et que les hypothèses à l'appui de ces coefficients étaient solides, précises et appropriées. En conséquence, les coefficients d'émission de CH₄ ont été mis à jour pour les véhicules légers à essence, les camions légers à essence et les véhicules lourds à essence.

A8.1.5.3. N₂O

Les émissions de N₂O résultant de la combustion des combustibles dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission des secteurs ont été élaborés selon les technologies généralement utilisées au Canada. Ils reposent sur un examen des connaissances actuelles et sur une analyse des technologies de combustion (SGA, 2000). En 2006, un examen technique des coefficients d'émission disponibles a été réalisé (Gallant, 2006). Il prenait en compte les coefficients d'émissions nouvellement disponibles et ceux déjà sélectionnés pour l'inventaire canadien. L'examen de tous ces coefficients d'émission était destiné à vérifier que la conversion des unités et les calculs étaient correctement réalisés à partir de sources référencées et que les hypothèses à l'appui de ces coefficients étaient solides, précises et appropriées. Les coefficients d'émission disponibles pour les *anciens* catalyseurs à trois voies de véhicules de niveau 0 et les *nouveaux* catalyseurs à trois voies

de véhicules de niveau 0 étaient particulièrement concernés. Selon un avis unanime, aucune preuve probante ne suggère que l'âge est un facteur dominant affectant le rendement catalytique de véhicules de niveau 0 et le taux d'émission de N₂O qui en découle. L'efficacité du convertisseur catalytique est affecté par de nombreux de facteurs, notamment, l'entretien des véhicules, le style ou les habitudes de conduite et les composants du combustible, pour n'en citer que quelques-uns. À la suite de cet examen, on a supprimé la distinction entre coefficients d'émission représentant les « nouveaux » et les « anciens » catalyseurs pour véhicules de niveau 0.

A8.2. Procédés industriels

A8.2.1. Produits minéraux

Pour estimer les émissions provenant de la production et de l'utilisation de produits minéraux, on a utilisé de nombreux paramètres comme coefficients d'émission; ils sont présentés dans le Tableau A8-12

A8.2.2. Industrie des produits chimiques

Les tableaux Tableau A8-13 et Tableau A8-14 présentent les coefficients d'émission utilisés pour les catégories de la rubrique Industrie chimique ainsi que et les sources à partir desquelles ils ont été obtenus.

Tableau A8–12 Coefficients d'émission de dioxyde de carbone (CO₂) pour les produits minéraux

Catégories	Produit minéral	Coefficient d'émission (g CO ₂ /kg de produit minéral)
Production de ciment	Clinker	507,1 ¹
Production de chaux	Chaux à forte teneur en calcium	751 ²
	Chaux dolomitique	889 ²
Utilisation de calcaire et de dolomite	Calcaire	418 ³
	Dolomite	468 ³
Utilisation de carbonate de sodium	Carbonate de sodium	415 ³
Utilisation de magnésite	Magnésite	506 ³

Notes :

1. GIEC/OCDE/AIE (1997).

2. Élaboré à partir de l'information fournie par Kenefick, W. 2008. Communication personnelle (courriel de W. Kenefick à Amy Shen, daté du 7 octobre 2008). Canadian Lime Institute (CLI).

3. AMEC (2006)

Tableau A8–13 Coefficients d'émission pour la production d'ammoniac et d'acide adipique

Catégories	Description du processus	Coefficient d'émission (tonne par tonne (t/t) de produits chimiques)	
		CO ₂	N ₂ O
Production d'ammoniac	Reformage du gaz naturel qui produit l'hydrogène nécessaire à la fabrication de l'ammoniac	1,56 ¹	SO
Production d'acide adipique	Réaction d'oxydation du mélange de cyclohexanone et de cyclohexanol sans assainissement du N ₂ O	SO	0,3 ²

Notes:

1. Jaques (1992)

2. IPCC (2000)

SO = sans objet.

Tableau A8–14 Coefficients d'émission de N₂O pour la production d'acide nitrique

Catégories	Description du processus	Coefficient d'émission de N ₂ O (kg/t)
Production d'acide nitrique	Installations dotées d'un dispositif d'absorption perfectionné basé sur un procédé à pression double (type 1)	9,4 ¹
	Installations dotées d'un dispositif d'absorption perfectionné basé sur un procédé à pression double (type 2)	12 ¹
	Installations utilisant un procédé à haute pression avec réduction non sélective catalytique (RNSC)	0,66 ¹
	Installations utilisant un procédé à haute pression avec réduction sélective catalytique (RSC)	8,5 ²

Notes:

1. Collis, G. (1992). Communication personnelle (lettre datée du 23 mars 1992). Institut canadien des engrais.

2. GIEC (2000)

Tableau A8-15 Coefficients d'émission de niveau 1 pour la production d'aluminium

Type de technologie cellulaire	Coefficient d'émission (kg/t produit)		
	CO ₂	Carbon Tetrafluoride (CF ₄)	Carbon Hexafluoride (C ₂ F ₆)
Anode précuite du côté de la cellule	1600 ¹	1,6 ¹	0,4 ¹
Anode précuite du centre de la cellule	1600 ¹	0,4 ¹	0,04 ¹
Söderberg – Gougeon horizontal	1700 ¹	0,4 ¹	0,03 ¹
Söderberg – Gougeon vertical	1700 ¹	0,8 ¹	0,04 ¹

Notes:

1. IAI (2006)

Tableau A8-16 Coefficients d'émission de CO₂ pour l'industrie de la sidérurgie

Paramètre	Coefficient d'émission	Unité
Réduction du minerai de fer par du coke	2,479 ¹	t CO ₂ / t de coke utilisé
Consommation des électrodes des fours électriques à arc	5 ²	kg CO ₂ /t d'acier utilisé

Notes:

1. Jaques (1992)

2. IPCC (2000)

A8.2.3. Production de métaux

Le Tableau A8-15 présente les coefficients d'émission de niveau 1 pour la catégorie de la production d'aluminium et les sources à partir desquelles ils ont été obtenus. Les valeurs des paramètres des autres types de niveaux qui ont également été utilisés dans l'estimation des émissions provenant de la production d'aluminium se trouvent à la section 4.11.2 du chapitre 4.

Le Tableau A8-16 présente les valeurs des paramètres utilisés pour l'estimation des émissions provenant de la sidérurgie.

A8.2.4. Consommation d'halocarbures

L'utilisation d'halocarbures dans diverses applications, telles que les systèmes de climatisation et de réfrigération, les aérosols, le gonflement de la mousse, les solvants, les systèmes d'extinction des incendies et la fabrication de semiconducteur (pour les PFC seulement), peut entraîner des émissions d'hydrofluorocarbures et de perfluorocarbures (HFC/PFC).

Comme mentionné au chapitre 4, on ne disposait d'aucune donnée détaillée sur les activités productrices

de HFC pour l'année 1995. On a donc utilisé la méthode d'estimation de niveau 1, plutôt que la méthode de niveau 2, pour estimer les émissions de HFC en 1995 pour les types d'usage suivants : les aérosols, les mousses, la climatisation FMO, l'entretien des systèmes de climatisation, de réfrigération et d'extinction par saturation. Le Tableau A8-17 présente les coefficients d'émission utilisés dans la méthode d'estimation modifiée de niveau 1, et les hypothèses élaborées pour calculer ces coefficients et les appliquer.

Le Tableau A8-18 résume les taux d'émission (en %) qui ont servi à estimer les émissions de HFC de 1996-2008 et les émissions de PFC de 1995-2008.

Tableau A8-17 Coefficients d'émission pour la consommation de HFC en 1995

Application	Coefficient d'émission (kg perdu/kg consommé)	Hypothèses
Aérosols	0,8	Pour les produits aérosols, le GIEC (2000) suggère un CE par défaut de 50 % de la charge initiale par année. On a présumé que la production de 1994 correspondait à la moitié de celle de 1995, ce qui signifie que les émissions de la production de 1994, qui sont survenues en 1995 correspondraient au quart de la production en 1995. Le CE appliqué à la production de 1995 était donc de 75 % ou de 80 % (chiffre arrondi).
Mousses	1	On a présumé que tous les HFC utilisés en 1995 avaient servi au gonflement de mousses à cellules ouvertes. Selon les Lignes directrices révisées de 1996 du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997), les émissions correspondaient à la totalité de la quantité de HFC vendue pour le gonflement des mousses à cellules ouvertes.
Climatisation FMO	0,04	Pour la climatisation FMO, les <i>Lignes directrices révisées de 1996 du GIEC</i> (GIEC/OCDE/AIE, 1997) mentionnent un taux de perte type de 2 à 5 %. On a donc utilisé un taux de perte de 4 %.
Entretien de l'équipement de climatisation	1	Pour l'entretien des systèmes de climatisation, on a présumé que la majeure partie des HFC destinés aux travaux d'entretien ont été utilisés pour compenser les pertes de frigorigènes. Autrement dit, on a présumé que la quantité de HFC qui a servi au remplacement est identique à celle qui a été évacuée. Par conséquent, le taux de perte est de 100 %.
Réfrigération	0,1	Comme le montre l'équation 414 du chapitre 4, le coefficient d'émission pour la réfrigération est de (0,17 / 1,17), qui équivaut plus ou moins à 0,1.
Systèmes d'extinction par saturation	0,35	Pour les systèmes d'extinction par saturation, le taux de perte par défaut est de 35 %, comme l'indiquent les <i>Lignes directrices révisées de 1996 du GIEC</i> (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

Notes:

1. GIEC/OCDE/AIE (1997)

Tableau A8-18 Taux d'émission pour la consommation de HFC et de PFC ¹

Application	Taux d'émission des HFC (%)	Taux d'émission des PFC (%)
Assemblage		
Système de réfrigération résidentiel	2 % (de la charge)	3,5 % (de la charge) ²
Système de réfrigération commercial	3,5 % (de la charge) ²	
Système de climatisation fixe	3,5 % (de la charge) ²	3,5 % (de la charge) ²
Système de climatisation mobile	4,5 % (de la charge) ³	4,5 % (de la charge) ³
Opération		
Système de réfrigération résidentiel	1 % (de la quantité de HFC stockée dans les systèmes actuels)	17 % (de la quantité de PFC stockée dans les systèmes actuels)
Système de réfrigération commercial	17 % (de la quantité de HFC stockée dans les systèmes actuels)	
Système de climatisation fixe	17 % (de la quantité de HFC stockée dans les systèmes actuels)	17 % (de la quantité de PFC stockée dans les systèmes actuels)
Système de climatisation mobile	15 % (de la quantité de HFC stockée dans les systèmes actuels) ⁴	30 % (de la quantité de PFC stockée dans les systèmes actuels)
Autres applications		
Gonflement de mousses – à cellules ouvertes	100 % (des HFC utilisés)	100 % (des PFC utilisés)
Gonflement de mousses – à cellules fermées	10 % de la charge rejetée pendant la fabrication et 4,5 % de la charge initiale de HFC rejetés par année au cours de la durée de vie du produit	10 % de la charge rejetée pendant la fabrication et 4,5 % de la charge initiale de PFC rejetés par année au cours de la durée de vie du produit

Table A8-18: Taux d'émission pour la consommation de HFC et de PFC¹ (à suivre)

Application	HFC Emission Rate (%)	PFC Emissions Rate (%)
Système de suppression des incendies portable	60 % (des HFC utilisés dans les nouveaux systèmes)	SO
Système de suppression des incendies – Systèmes d'extinction par saturation	35 % (des HFC utilisés dans les nouveaux systèmes)	SO
Produits aérosols	50 % (des HFC utilisés) dans la première année et le 50 % restant (des HFC utilisés) dans la deuxième année	SO
Solvants	50 % (des HFC utilisés) dans la première année et le 50 % restant (des HFC utilisés) dans la deuxième année	50 % (des PFC utilisés) dans la première année et le 50 % restant (des PFC utilisés) dans la deuxième année
Autres produits – émissions ponctuelles	SO	1 % de la quantité vendue est émise pendant la fabrication et 2 % de la quantité de PFC stockée est émise par année au cours de la durée de vie du produit
Autres produits – émissions fugitives	SO	50 % (des PFC utilisés) dans la première année et le 50 % restant (des PFC utilisés) dans la deuxième année

Notes:

SO = sans objet.

1. GIEC/OCDE/AIE (1997)

2. Les Lignes directrices révisées de 1996 du GIEC mentionnent deux plages de valeurs : 2-3 % et 4-5 %. On a utilisé le point milieu des deux plages.

3. Les Lignes directrices révisées de 1996 du GIEC suggèrent une plage de valeurs entre 4 et 5 %. On a utilisé la valeur moyenne.

4. Les Lignes directrices révisées de 1996 du GIEC situent les valeurs dans une plage de 10 à 20 %. On a utilisé la valeur moyenne.

A8.2.5. Autres productions indifférenciées

L'utilisation de combustibles fossiles comme matières premières ou à d'autres fins non énergétiques peut entraîner des émissions au cours de la vie des produits manufacturés. Pour estimer les émissions de CO₂, l'utilisation du gaz naturel à des fins non énergétiques est multipliée par un coefficient d'émission de 1 522 g de CO₂/m³ (Cheminfo Services, 2005). Le Tableau A8-19 indique les coefficients d'émission employés pour estimer les émissions de CO₂ résultant respectivement de l'utilisation des liquides de gaz naturel à des fins non énergétiques et des produits pétroliers non énergétiques. Consulter le coefficient d'émission pour coke de pétrole, raffineries et autres dans le Tableau A8-5 pour obtenir le coefficient d'émission associé à l'utilisation de coke de pétrole à des fins non énergétiques et dans le Tableau A8-7 pour les coefficients d'émissions du charbon et des produits du charbon utilisés à des fins non énergétiques.

Tableau A8–19 Coefficients d’émission de CO₂ pour l’utilisation des liquides du gaz naturel et de produits pétroliers à des fins non énergétiques

Produit	Fraction de carbone stocké dans les produits	Coefficient d’émission de CO ₂ (g CO ₂ /L)
Liquides du gaz naturel		
Propane	0,8 ¹	303 ²
Butane	0,8 ¹	349 ²
Éthane	0,8 ¹	197 ²
Produits pétroliers		
Matières premières pétrochimiques ³	0,8 ¹	500 ⁷
Naphtes ⁴	0,75 ¹	625 ⁷
Graisses et huiles de lubrification ⁵	0,5 ¹	1 410 ⁷
Pétrole utilisé pour d’autres produits ⁶	0,5 ¹	1 450 ⁷

Notes :

1. GIEC/OCDE/AIE (1997)

2. McCann (2000).

3. Le coefficient de carbone pour les matières premières pétrochimiques est de 680 g C/L (Jaques, 1992)

4. Le coefficient de carbone pour les naphtes est de 680 g C/L (Jaques, 1992)

5. Le coefficient de carbone pour les graisses et huiles de lubrification est de 770g C/L (Jaques, 1992)

6. Le coefficient de carbone pour le pétrole utilisé dans d’autres produits est de 790 g C/L (Jaques, 1992)

7. Le coefficient d’émission de CO₂ résultant est calculé en multipliant le coefficient de carbone pour chaque produit par le rapport entre le poids moléculaire du CO₂ et celui du carbone (44/12) et par (1 fraction de carbone stocké dans les produits).

A8.3. Utilisation des solvants et d’autres produits

Les émissions de N₂O peuvent résulter de son utilisation comme anesthésique et agent propulseur. Les méthodes utilisées pour établir les coefficients d’émission présentés dans le Tableau A8–20 sont décrites dans le chapitre intitulé « Utilisation des solvants et d’autres produits » (chapitre 5) du rapport d’inventaire.

A8.4. Agriculture

Les sources agricoles d’émissions de GES sont la fermentation entérique, l’usage du fumier et les sols agricoles. Les méthodes qui ont permis d’estimer ces émissions sont expliquées en détail à la section A3.3, où on trouvera également les coefficients d’émission de CH₄ attribuables à la fermentation entérique (pour les bovins seulement) et à la gestion des fumiers au Canada. Les Tableau A8–21 à Tableau A8–24 ci-dessous présentent d’autres coefficients d’émission et des renseignements connexes.

Tableau A8–20 Coefficients d’émission pour l’utilisation de solvants et d’autres produits

Produit	Application	Taux d’émission de N ₂ O (%)
Utilisation du N ₂ O	comme anesthésique	97,5
	comme agent propulseur	100

Source: Cheminfo Services (2006)

Tableau A8–21 Coefficients d'émission du méthane pour la fermentation entérique chez les espèces animales non bovines

Catégories autres que les bovins	Coefficients d'émission attribuables à la fermentation entérique ¹ (kg CH ₄ par animal, par année)
Porcins	
Verrats	1,5
Truies	1,5
Porcs < 20 kg	1,5
Porcs 2060 kg	1,5
Porcs > 60 kg	1,5
Autres animaux d'élevage	
Moutons	8
Agneaux	8
Chèvres	5
Chevaux	18
Buffles	55
Volailles	
Poulets	ND
Poules	ND
Dindes	ND

Notes :

1. Coefficients d'émission par défaut du niveau 1 du GIEC (GIEC/OCDE/AIE, 1997).

ND = Non disponible

Tableau A8–22 Potentiel de production maximale de méthane (B₀) pour divers types d'animaux d'élevage¹

Espèce animale	Potentiel de production maximale de CH ₄ (B ₀) (m ³ /kg SV ⁴)
Bovins laitiers²	0,24
Bovins non laitiers³	0,19
Moutons	0,19
Chèvres	0,18
Chevaux	0,30
Porcs	0,48
Poules	0,39
Poulets à griller	0,36
Dindes	0,36

Notes :

1. Source des données : GIEC (2006), volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, tableaux 10A 5 à 10A 9.

2. Les bovins laitiers comprennent les vaches laitières et les génisses laitières.

3. Valeur des bovins non laitiers utilisée aussi pour les bisons.

4. SV = solides volatiles

Tableau A8–23 Facteur de conversion en méthane par catégorie animale et système de gestion des fumiers¹

Catégories animales	Liquide	Stockage du fumier solide	Pâturages et enclos	Autres ³
Bovins laitiers	0,20	0,02	0,01	0,01
Bovins non laitiers ²	0,20	0,02	0,01	0,01
Porcs	0,20	0,02	SO	0,01
Volailles	0,015	0,015	0,015	SO
Chevaux	SO	0,01	0,01	SO
Chèvres	SO	0,01	0,01	SO
Moutons	SO	0,01	0,01	SO
Agneaux	SO	0,01	0,01	SO

Notes :

1. Source des données : GIEC (2006), volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, tableaux 10A 5 à 10A 9 (climat frais, température annuelle moyenne de 12 °C).

2. Valeur des bovins non laitiers utilisée aussi pour les bisons.

3. SO = sans objet

Tableau A8–24 Pourcentage d’azote du fumier émis sous forme d’azote du N₂O (N₂O-N) pour chaque système de gestion des fumiers (GIEC/OCDE/AIE (1997))

Espèce animale	% de fumier émis sous forme de N ₂ O-N			
	Systèmes liquides (CE _L)	Stockage du fumier solide et du fumier sec (CE _{SSD})	Fumier des pâturages, grands parcours et enclos (CE _{PGE})	Autres systèmes (CE _O)
Bovins non laitiers	0,1	2,0	2,0	0,5
Bovins laitiers	0,1	2,0	2,0	0,5
Volailles	0,1	2,0	2,0	0,5
Moutons et agneaux	0,1	2,0	1,01	0,5
Porcs	0,1	2,0	2,0	0,5
Chèvres	0,1	2,0	1,01	0,5
Chevaux	0,1	2,0	1,01	0,5
Buffles	0,1	2,0	2,0	0,5

Source : GIEC (2006), volume 4, Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, tableau 11.1

A8.5. Combustion de la biomasse

A8.5.1. CO₂

Les émissions de CO₂ résultant de la combustion de la biomasse (que ce soit pour la consommation d’énergie, ou que cela provienne du brûlage dirigé ou des feux de végétation) ne sont pas comprises dans les totaux des inventaires nationaux. Ces émissions sont estimées et consignées comme déperdition des stocks de biomasse dans le secteur ATCATF.

Les émissions relatives à la consommation d’énergie sont

déclarées comme postes pour mémoire dans le CUPR selon les prescriptions de la CCNUCC. Les émissions de cette source dépendent avant tout des caractéristiques du combustible brûlé. La méthode utilisée pour établir les coefficients d’émission (Tableau A8–25 et Tableau A8–26) est décrite à la section consacrée à la combustion de la biomasse dans le rapport d’inventaire (voir la section 3.4.2).

Les émissions de CO₂ surviennent pendant les incendies de forêt et le brûlage dirigé au cours des activités de conversion des forêts. Le carbone émis sous forme de CO₂ (CO₂-C) durant les incendies de forêt est comptabilisé dans le bilan du carbone forestier, tandis que le CO₂-C émis durant le brûlage dirigé est déclaré dans les nouvelles caté-

gories d'affectation des terres. Il n'existe pas de coefficient d'émission de CO₂ unique qui s'applique à tous les feux, car la proportion de CO₂C émis dans chaque bassin peut être propre au bassin, aux types de forêts et aux perturbations de même qu'à la zone écologique (voir la section A3.4.2).

A8.5.2. CH₄

Les émissions de CH₄ résultant de la combustion de la biomasse dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission (Tableau A8-25) reposent sur un examen des coefficients d'émission qui se rattachent aux technologies de combustion (SGA, 2000). Les coefficients sont extraits du supplément B de l'AP 42 de l'APE des États-Unis (EPA, 1996), à l'exception de ceux des gaz d'enfouissement (Tableau A8-26), obtenus du GIEC (2006).

Les émissions de carbone sous forme de CH₄ (CH₄C) résultant des feux de végétation et du brûlage dirigé sont toujours égales à 1/90 des émissions de CO₂-C.

A8.5.3. N₂O

Les émissions de N₂O résultant de la combustion de la biomasse dépendent de la technologie. Les coefficients d'émission (Tableau A8-25) reposent sur un examen des coefficients d'émission des technologies de combustion et sur une analyse des technologies de combustion généralement utilisées au Canada (SGA, 2000). Les coefficients sont extraits du supplément B de l'AP 42 de l'APE des États-Unis (EPA, 1996), à l'exception de ceux des gaz d'enfouissement (tableau A8-26), obtenus du GIEC (2006).

Les émissions de N₂O résultant des feux de végétation et du brûlage dirigé équivalent à 0,017 % vol/vol des émissions de CO₂. Étant donné que les deux gaz ont le même poids moléculaire, le même rapport peut être appliqué selon la masse (voir la section A3.4.2).

Tableau A8-25 Coefficients d'émission pour la biomasse

Source	Description	Coefficient d'émission (g/kg combustible)		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Bois de chauffage et déchets de bois	Combustion industrielle	950 ⁷	0,05 ⁶	0,02 ⁶
Incendies de forêt ¹	Combustion à l'air libre	SO	SO ²	SO ³
Brûlages dirigés ¹	Combustion à l'air libre	SO	SO ²	SO ³
Liqueurs résiduaires ⁴	Combustion industrielle	1 428 ⁸	0,05 ⁶	0,02 ⁶
Poêles et foyers	Combustion résidentielle			
Poêles à bois classiques		1 500 ⁹	15 ⁶	0,16 ⁶
Foyers classiques avec unité encastrée		1 500 ⁹	15 ⁶	0,16 ⁶
Poêles et foyers perfectionnés dotés de systèmes antipollution catalytiques ⁵		1 500 ⁹	6,9 ⁶	0,16 ⁶
Autres dispositifs de combustion du bois		1 500 ⁹	15 ⁶	0,16 ⁶

SO = sans objet.

Notes :

1. Les émissions de CO₂ résultant de la biomasse brûlée à des fins énergétiques ne sont pas comprises dans les totaux de l'inventaire, tandis que les émissions de CH₄ et de N₂O de ces mêmes sources sont répertoriées dans le secteur de l'énergie. Toutes les émissions de GES, notamment de CO₂ résultant de la biomasse brûlée dans les forêts aménagées (feux de végétation et brûlage dirigé) sont déclarées dans le secteur Affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (ATCATF) et sont exclues des totaux de l'inventaire national.
2. Le coefficient d'émission du CH₄ équivaut à 1/90 du CO₂. Voir la section A3.4 de l'annexe 3.
3. Le coefficient d'émission du N₂O équivaut à 0,017 % du CO₂. Voir la section A3.4 de l'annexe 3.
4. Aucun coefficient d'émission de CH₄ et de N₂O n'a été calculé pour les liqueurs résiduaires; c'est pourquoi on a plutôt utilisé le coefficient d'émission pour le combustible ligneux industriel.
5. Le coefficient d'émission de CH₄ utilisé est une moyenne des coefficients pour les poêles non dotés de systèmes antipollution catalytiques et les poêles dotés de systèmes antipollution catalytiques.
6. SGA (2000).
7. EPA (1996).
8. Jaques (1992).
9. ORTECH (1994).

Tableau A8–26 Coefficients d'émission pour la combustion des gaz d'enfouissement

Source	Description	Coefficient d'émission (kg/TJ)		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Gaz d'enfouissement	Combustion industrielle	54 600	1,0	0,1

Source : GIEC (2006), volume 2, Énergie, tableau 2.2.

Annexe 9

Protocole d'arrondissement

Un protocole d'arrondissement a été élaboré pour les estimations des émissions et absorptions afin de tenir compte de leur niveau d'incertitude. L'exactitude des données se reflète dans le nombre de chiffres significatifs utilisés, selon l'incertitude associée à la catégorie en cause. Le nombre de chiffres significatifs retenu pour chaque catégorie de source et de puits, selon les règles d'arrondissement dictées par le protocole, est présenté au Tableau A9-1.

Les plages du degré d'incertitude utilisées pour diverses catégories ont été, pour la plupart, établies par l'analyse Monte Carlo, telles que mises en oeuvre par ICF Consulting (ICF 2004, 2005), à l'aide des estimations de l'inventaire de 2001 (présentées dans le RIN de 2003). Les valeurs du degré d'incertitude par défaut publiées par le GIEC (GIEC/OCDE/AIE 1997; GIEC 2001), et celles retenues selon les avis d'expert ont également été utilisées pour certaines plages. Les plages du degré d'incertitude ont été calculées à partir des valeurs moyennes, déterminées par l'analyse Monte Carlo. Quand les plages du degré d'incertitude présentaient une asymétrie par rapport à la moyenne, on a utilisé la plage qui présentait le plus grand écart absolu par rapport à celle-ci pour représenter cette incertitude.

Certaines valeurs du degré d'incertitude récemment établies ont été adoptées pour des catégories dans les secteurs de l'énergie, des procédés industriels, des solvants et de l'utilisation d'autres produits et de l'agriculture. Ces nouvelles estimations du degré d'incertitude ont été prises en compte dans l'élaboration du Tableau A9-1. Pour une description plus détaillée de l'analyse de l'incertitude des estimations d'émissions au Canada, veuillez consulter l'annexe 7. On trouve des mises à jour des estimations de l'incertitude dans les chapitres des secteurs respectifs.

Les valeurs suivantes des plages d'incertitude ont servi à déterminer le nombre de chiffres significatifs auquel les estimations ont été arrondies :

- un chiffre significatif : incertitude supérieure ou égale à 50 %;
- deux chiffres significatifs : incertitude entre 10 % et 50 %;
- trois chiffres significatifs : incertitude inférieure ou égale à 10 %.

L'incertitude relative au secteur ATCATF n'a pas été officiellement évaluée lors de l'étude du groupe ICF en 2004. Depuis, de nouvelles méthodes ont servi à élaborer les estimations de l'incertitude dans les catégories des terres cultivées et de la conversion des forêts¹ (chapitre 7, sections 4 et 8 respectivement). Le nombre de chiffres significatifs associés aux autres catégories a été déterminé selon les avis d'experts.

Tous les calculs, y compris la compilation des totaux d'émissions, sont fondés sur des données non arrondies. Le protocole d'arrondissement n'a été appliqué aux estimations qu'à l'issue des calculs. À noter par ailleurs que, pour des raisons de formatage, le nombre de décimales des valeurs présentées aux annexes 8 et 11 est limité. C'est pourquoi la présence d'un tiret (-), indiquant une valeur de zéro, ne signifie pas nécessairement l'absence totale d'émissions dans la catégorie visée. Par conséquent, il se peut que l'addition des valeurs individuelles des tableaux ne corresponde pas aux sous-totaux et aux totaux.

1 Catégorie Kyoto– voir le chapitre 7

Tableau A9-1 Nombre de chiffres significatifs appliqués aux tableaux-synthèses des GES

Catégories de sources et de puits de gaz à effet de serre		Nombre de chiffres significatifs						TOTAL
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	
TOTAL		3	2	2	2	2	2	3
ÉNERGIE		3	2	1				3
a.	Production d'électricité et de chaleur	3	1	1				3
	Industries des combustibles fossiles	3	2	1				3
	Raffinage et valorisation du pétrole	3	1	1				2
	Production de combustibles fossiles	2	1	1				2
	Exploitation minière et extraction de gaz et de pétrole	3	1	1				2
	Mining & Oil and Gas Extraction	3	1	1				3
	Industries manufacturières	3	1	1				3
	Sidérurgie	3	1	1				3
	Métaux non ferreux	3	1	1				3
	Produits chimiques	3	2	1				3
	Pâtes et papiers	3	1	1				3
	Ciment	3	1	1				3
	Autres	3	1	1				3
	Construction	3	1	1				3
	Commercial et institutionnel	3	1	1				3
	Résidentiel	3	1	1				2
	Agriculture et foresterie	3	1	1				3
b.	Transport	3	1	1				3
	Transport aérien intérieur	3	1	1				2
	Transport routier	3	2	2				3
	Véhicules légers à essence	3	2	2				3
	Camions légers à essence	3	2	2				3
	Véhicules lourds à essence	3	2	2				3
	Motocyclettes	3	2	2				3
	Véhicules légers à moteur diesel	3	1	1				3
	Camions légers à moteur diesel	3	1	1				3
	Véhicules lourds à moteur diesel	3	1	1				3
	Véhicules au propane et au gaz naturel	3	1	1				2
	Transport ferroviaire	3	1	1				1
	Transport maritime intérieur	3	1	1				2
	Autres	2	1	1				2
	Véhicules hors route à essence	2	1	1				2
	Véhicules hors route à moteur diesel	2	1	1				2
	Pipelines	3	2	1				3
c.	Sources fugitives	3	3	1				3
	Exploitation de la houille		1					1
	Pétrole et gaz naturel	3	3	1				3
	Pétrole	2	3	1				3
	Gaz naturel	3	3					3
	Évacuation	3	3	1				3
	Torçage	2	2	1				2
PROCEDES INDUSTRIELS		2		3	2	2	2	3
a.	Production de minéraux	2						2
	Ciment	2						2
	Production de chaux	2						2
	Utilisation de produits minéraux	3						3
b.	Industrie chimique	2		3				2
	Production d'ammoniac	2						2
	Production d'acide nitrique			3				3
	Production d'acide adipique			2				2
c.	Production de métaux	3				2	3	3
	Sidérurgie	3						3
	Production d'aluminium	2				2	3	2
	SF ₆ utilisé dans les usines de fonte et de moulage de magnésium						3	3
d.	Consommation d'halocarbures et de SF ₆				2	1	2	2
e.	Autres procédés et procédés indifférenciés	2						2
UTILISATION DES SOLVANTS ET D'AUTRES PRODUITS				2				2
AGRICULTURE			2	2				2
a.	Fermentation entérique		2					2
b.	Gestion des fumiers		2	2				2
c.	Sols agricoles			2				2
	Sources directes			2				2
	Fumiers des pâturages, grands parcs et enclos			2				2
	Sources indirectes			1				1
DÉCHETS		2	2	1				2
a.	Enfouissement des déchets solides		2					2
b.	Épuration des eaux		2	1				2
c.	Incinération des déchets	2	1	1				2
AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE		2	2	2				2
a.	Terres forestières	2	2	2				2
b.	Terres cultivées	2	1	1				2
c.	Prairies							
d.	Terres humides	1	1	1				1
e.	Zones de peuplement	1	1	1				1

Annexe 10

Ozone et précurseurs d'aérosols

L'annexe 14 présente les tableaux-synthèses nationaux de 2008 pour les SO_x, les NO_x, le CO et les COVNM (voir le tableau A14-1). Ces gaz sont déclarés¹ à la Commission économique des Nations Unies pour l'environnement en vertu de la Convention des Nations Unies sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance. Tel que recommandé à la Conférence des Parties de la CCNUCC

¹ Les données présentées à la CCNUCC sont disponibles en ligne à l'adresse suivante : www.ceip.at (site en anglais seulement).

(FCCC/SBSTA/2006/9), les Parties visées à l'Annexe I devraient fournir des renseignements sur les gaz à effet de serre à action indirecte tels que le CO, les NO_x, les COVNM ainsi que les SO_x dans le RIN.

Ces gaz n'ont pas un effet de réchauffement planétaire direct, mais ils peuvent avoir une incidence sur la formation ou la destruction de l'ozone troposphérique ou stratosphérique ou encore influencer sur l'absorption des radiations terrestres dans le cas des SO_x. Ces gaz peuvent avoir des répercussions sur le climat en se comportant comme des GES de courte durée et en modifiant le temps de survie dans l'atmosphère d'autres GES et ils peuvent former de nouveaux GES, tel que c'est le cas lorsque le CO réagit avec les hydroxyles pour former du CO₂ dans l'atmosphère. Ces émissions sont produites par un certain nombre de sources, dont la combustion de combustibles fossiles, notamment dans les secteurs de l'énergie et du transport, de la production industrielle et de la combustion de la biomasse.

Tableau A10–1 Sommaire des émissions de 2007 de monoxyde de carbone, d'oxyde d'azote, de composés organiques volatils non méthaniques et d'oxyde de soufre pour le Canada

Secteurs de NCPR en vertu de la CPATLD ¹		CO	NOx	NMVOC	SOx
		kt			
1 A 1 a	Production d'électricité et de chaleur dans le secteur public	32.73	214.92	1.66	418.80
1 A 1 b	Raffinage du pétrole	22.30	26.93	13.28	77.49
1 A 1 c	Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	440.48	419.95	25.33	155.77
1 A 2 a	Combustion de sources fixes dans les industries manufacturières et la construction : sidérurgie	3.09	8.18	0.03	9.32
1 A 2 b	Combustion de sources fixes dans les industries manufacturières et la construction : métaux non ferreux	15.10	1.70	0.05	1.97
1 A 2 c	Combustion de sources fixes dans les industries manufacturières et la construction : produits chimiques	1.00	3.08	0.36	4.42
1 A 2 d	Combustion de sources fixes dans les industries manufacturières et la construction : pâtes, papiers et imprimerie	294.97	26.53	20.70	33.02
1 A 2 e	Combustion de sources fixes dans les industries manufacturières et la construction: transformation des aliments, boissons et tabac	0.35	1.15	2.27	0.21
1 A 2 f i	Combustion de sources fixes dans les industries manufacturières et la construction: autre	32.29	28.43	3.21	23.61
1 A 2 f ii	Combustion de sources mobiles dans les industries manufacturières et la construction	IA	IA	IA	IA
1 A 3 a ii (i)	Aviation civile (vols intérieurs, LTO)	26.56	8.29	6.95	0.88
1 A 3 a i (i)	Aviation internationale (LTO)	IA	IA	IA	IA
1 A 3 b i	Transport routier : automobiles	1 811.63	89.04	105.94	0.66
1 A 3 b ii	Transport routier : véhicules légers	1 937.09	105.34	107.59	0.74
1 A 3 b iii	Transport routier : véhicules lourds	171.01	246.11	16.94	0.64
1 A 3 b iv	Transport routier : mobylettes et motos	20.07	1.46	3.48	0.00
1 A 3 b v	Transport routier : évaporation d'essence	S/O	S/O	IA	S/O
1 A 3 b vi	Transport routier : usure des pneus et des freins des automobiles	S/O	S/O	S/O	S/O
1 A 3 b vii	Transport routier : usure abrasive des automobiles	S/O	S/O	S/O	S/O
1 A 3 c	Transport ferroviaire	16.05	103.56	2.86	2.23
1 A 3 d i (ii)	Voies navigables intérieures internationales	IA	IA	IA	IA
1 A 3 d ii	Navigation nationale (expédition)	9.78	117.12	3.86	81.04
1 A 3 e	Compresseurs de pipelines	IA	IA	IA	IA
1 A 4 a i	Commercial et institutionnel : sources fixes	15.89	29.76	1.20	35.08
1 A 4 a ii	Commercial et institutionnel : sources mobiles	IA	IA	IA	IA
1 A 4 b i	Résidentiel : unité fixe	712.18	45.75	155.36	11.27
1 A 4 b ii	Résidentiel : entretien ménager et jardinage (sources mobiles)	IA	IA	IA	IA
1 A 4 c i	Agriculture, foresterie et pêche : sources fixes	IA	IA	IA	IA
1 A 4 c ii	Agriculture, foresterie et pêche : véhicules hors route et autre machinerie	2 717.71	429.64	277.85	2.90
1 A 4 c iii	Agriculture, foresterie et pêche : pêches nationales	IA	IA	IA	IA
1 A 5 a	Autre, matériel fixe (y compris militaire)	IA	IA	IA	IA
1 A 5 b	Autre, matériel mobile (y compris le matériel militaire, les navires basés à terre et les bateaux de plaisance)	IA	IA	IA	IA
1 B 1 a	Émissions fugitives des combustibles solides : extraction et manutention du charbon	S/O	S/O	0.03	0.79
1 B 1 b	Émissions fugitives des combustibles solides : transformation des combustibles solides	20.81	36.25	39.24	120.45
1 B 1 c	Autres émissions fugitives de combustibles solides	0.52	0.68	5.38	0.28
1 B 2 a i	Exploration, production, transport	S/O	S/O	0.00	0.00
1 B 2 a iv	Raffinage, stockage	S/O	S/O	31.30	0.09
1 B 2 a v	Distribution de produits pétroliers	S/O	S/O	71.71	0.00
1 B 2 a vi	Extraction de l'énergie géothermique	S/O	S/O	367.01	0.00
1 B 2 b	Gaz naturel	31.31	32.44	4.27	34.50
1 B 2 c	Évacuation et torchage	IA	IA	IA	IA
2 A 1	Production de ciment	12.52	27.66	0.23	19.67
2 A 2	Production de chaux	1.37	4.03	0.00	1.94
2 A 3	Utilisation de calcaire et de dolomite	S/O	S/O	S/O	S/O
2 A 4	Production et utilisation de carbonate de sodium	S/O	S/O	S/O	S/O
2 A 5	Couverture asphalté	NR	S/O	NR	S/O
2 A 6	Asphaltage des routes	4.55	1.22	4.55	0.87
2 A 7 a	Exploitation des carrières et extraction de minerai autre que le charbon	S/O	S/O	S/O	S/O
2 A 7 b	Construction et démolition	S/O	S/O	S/O	S/O
2 A 7 c	Stockage, manutention et transport de produits minéraux	S/O	S/O	S/O	S/O
2 A 7 d	Autres produits minéraux	3.71	0.36	0.26	0.78
2 B 1	Production d'ammoniac	3.60	5.02	0.52	1.93
2 B 2	Production d'acide nitrique	S/O	IA	S/O	S/O
2 B 3	Production d'acide adipique	IA	IA	S/O	S/O
2 B 4	Production de carbure	IA	IA	IA	IA
2 B 5 a	Autre industrie chimique	9.36	10.34	7.03	6.92
2 B 5 b	Stockage, manutention et transport de produits chimiques	IA	IA	IA	IA
2 C 1	Sidérurgie	32.47	4.56	1.10	17.66
2 C 2	Production de ferroalliages	52.51	0.15	6.18	0.06

Notes :

- Secteurs de nomenclature commune pour la présentation des rapports (NCPR) en vertu de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance (CPATLD)
 - Y compris le NH₃ provenant de la fermentation entérique et les émissions attribuables à la culture du riz.
 - Y compris les sources de PM.
 - Exclut l'incinération des déchets à des fins énergétiques (compris dans 1 A 1) et dans l'industrie (lors de l'utilisation comme carburant).
 - Inclut les feux accidentels.
 - Le total national fait référence au territoire déclaré lors de la ratification du protocole approprié de la Convention.
- Il se peut qu'en raison de l'arrondissement, la somme des montants individuels ne corresponde pas aux totaux.
S/O = sans objet; NE = Non estimé; EI = émissions inexistantes; IA = inclus ailleurs; LTO = atterrissage et décollage; POP = polluants organiques persistants

Tableau A10-1 Sommaire des émissions de 2007 de monoxyde de carbone, d'oxyde d'azote, de composés organiques volatils non méthaniques et d'oxyde de soufre pour le Canada (à suivre)

Secteurs de NCPR en vertu de la CPATLD ¹		CO	NOx	NM VOC	SOx
		kt			
2 C 3	Production d'aluminium	366.69	0.98	0.87	62.52
2 C 5 a	Production de cuivre	0.05	0.21	0.00	52.87
2 C 5 b	Production de plomb	0.17	0.04	0.00	7.02
2 C 5 c	Production de nickel	0.00	0.13	0.00	170.08
2 C 5 d	Production de zinc	IA	IA	IA	IA
2 C 5 e	Autre production de métaux	22.84	15.91	0.25	356.16
2 C 5 f	Stockage, manutention et transports de produits métallurgiques	IA	IA	IA	IA
2 D 1	Pâtes et papiers	38.42	14.68	13.70	9.88
2 D 2	Aliments et boissons	S/O	S/O	2.91	S/O
2 D 3	Transformation du bois	70.25	4.29	42.32	0.43
2 E	Production de POP	NO	NO	NO	NO
2 F	Consommation de POP et de métaux lourds (p. ex., équipement électrique et scientifique)	S/O	S/O	S/O	S/O
2 G	Autre production, consommation, stockage, transport ou manutention de produits en vrac	6.38	4.18	48.53	2.18
3 A 1	Application de revêtement décoratif	S/O	S/O	IA	S/O
3 A 2	Application de revêtement industriel	S/O	S/O	IA	S/O
3 A 3	Autre application de revêtement	S/O	S/O	77.40	S/O
3 B 1	Dégraissage	S/O	S/O	253.54	S/O
3 B 2	Nettoyage à sec	S/O	S/O	0.28	S/O
3 C	Produits chimiques	0.00	0.00	1.27	S/O
3 D 1	Imprimerie	S/O	S/O	43.55	S/O
3 D 2	Utilisation domestique de solvant, incluant les fongicides	S/O	S/O	IA	S/O
3 D 3	Autre utilisation de produits	S/O	S/O	S/O	S/O
4 B 1 a	Bovins laitiers	S/O	S/O	40.16	S/O
4 B 1 b	Bovins de boucherie	S/O	S/O	266.39	S/O
4 B 2	Bisons	S/O	S/O	NE	S/O
4 B 3	Moutons	S/O	S/O	1.47	S/O
4 B 4	Chèvres	S/O	S/O	IA	S/O
4 B 6	Chevaux	S/O	S/O	1.86	S/O
4 B 7	Mules et ânes	S/O	S/O	0.00	S/O
4 B 8	Porcs	S/O	S/O	2.77	S/O
4 B 9 a	Poules pondeuses	S/O	S/O	0.00	S/O
4 B 9 b	Poulets à griller	S/O	S/O	0.00	S/O
4 B 9 c	Dindes	S/O	S/O	0.00	S/O
4 B 9 d	Autres Volailles	S/O	S/O	0.24	S/O
4 B 13	Autre	S/O	S/O	0.00	S/O
4 D 1 a	Engrais azotés synthétiques ²	S/O	S/O	0.00	S/O
4 D 2 a	Activités agricoles sur la ferme, incluant le stockage, la manutention et le transport de produits agricoles	S/O	S/O	S/O	S/O
4 D 2 b	Stockage, manutention et transport de produits agricoles en vrac à l'extérieur de la ferme	S/O	S/O	S/O	S/O
4 D 2 c	Excrétion d'azote sur les pâturages, les grands parcours et les enclos - non spécifié	S/O	S/O	S/O	S/O
4 F	Brûlage sur place des déchets agricoles	NE	NE	NE	NE
4 G	Autre - Agriculture ³	IA	IA	IA	IA
6 A	Enfouissement des déchets solides	S/O	S/O	11.71	S/O
6 B	Épuration des eaux usées	S/O	S/O	IA	S/O
6 C a	Incinération des déchets cliniques ⁴	IA	IA	IA	IA
6 C b	Incinération des déchets industriels ⁴	1.89	0.65	0.63	0.50
6 C c	Incinération des déchets municipaux ⁴	4.76	3.96	2.01	1.77
6 C d	Incinération	0.02	0.05	0.00	0.01
6 C e	Brûlage des déchets à petite échelle	11.18	0.80	3.99	0.13
6 D	Autres déchets ⁵	0.68	0.66	0.02	0.04
7 A	Autre (inclut dans le total national de l'ensemble du territoire)	13.61	0.21	2.75	0.00
Total national de l'ensemble du territoire⁶		8 989.96	2 076.40	2 106.35	1 729.62

Notes:

1. Secteurs de nomenclature commune pour la production de rapport (NCPR) à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance (PATLD)

2. Y compris le NH₃ provenant de la fermentation entérique et les émissions attribuables à la culture du riz.

3. Y compris les sources de PM.

4. Exclut l'incinération des déchets à des fins énergétiques (compris dans 1 A 1) et dans l'industrie (lors de l'utilisation comme carburant).

5. Inclut les feux accidentels.

6. Le total national fait référence au territoire déclaré lors de la ratification du protocole approprié de la Convention.

Il se peut qu'en raison de l'arrondissement, la somme des montants individuels ne corresponde pas aux totaux.

S/O = sans objet; NE = non estimé; EI = émissions inexistantes; S/O = sans objet; IA = inclus ailleurs; LTO = atterrissage et décollage; POP = polluant organique persistant

Annexe 11

Informations supplémentaires requises en vertu de l'article 7.1 du Protocole de Kyoto

La présente annexe constitue le rapport sur les informations supplémentaires requises en vertu du paragraphe 1 de l'article 7 du Protocole de Kyoto. À sa première réunion, la Conférence des parties, agissant comme réunion des Parties au Protocole de Kyoto, a accepté les Lignes directrices pour la préparation des informations requises au titre de l'article 7 du Protocole de Kyoto (Décision 15/CMP.1 dans FCCC/KP/CMP/2005/8/Add.2). Les informations supplémentaires requises doivent être fournies dans deux documents différents : le rapport initial d'une partie¹ (selon l'annexe à la décision 13/CMP.1) et une annexe spéciale du rapport d'inventaire national.

La présente annexe fournit des informations supplémentaires sur les points suivants :

- Activités liées à l'utilisation des terres, aux changements d'affectation des terres et à la foresterie (ATCATF) relevant des articles 3.3 et 3.4
- Unités de comptabilisation
- Changements au système national
- Changements au registre national
- Réduction au minimum des conséquences néfastes, conformément à l'article 3.14

¹ Le rapport initial du Canada est accessible à l'adresse suivante : http://unfccc.int/files/national_reports/initial_reports_under_the_kyoto_protocol/application/pdf/rapport_initial_du_canada.pdf.

A11.1. Informations supplémentaires requises en vertu des articles 3.3 et 3.4

Afin de faciliter l'examen des informations requises, le Tableau A11-1 énumère toutes les exigences en matière de notification des paragraphes 5 à 9 de l'annexe à la décision 15/CMP.1, et indique où se trouvent ces renseignements dans le présent rapport d'inventaire.

A11.1.1. Renseignements généraux

La conception du Système national de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports du Canada (SNSCPR) concernant l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie est terminée; elle est assez souple pour satisfaire aux exigences de surveillance, de comptabilisation et de production de rapports de la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC, secteur ATCATF) et du Protocole de Kyoto (activités du secteur ATCATF relevant des articles 3.3 et 3.4). Pour atteindre cet objectif tout en réduisant au minimum la duplication et les incohérences, le Canada a cherché à mettre en œuvre, dans la mesure du possible, les mêmes définitions, approches et méthodologies pour la préparation des estimations relatives à la Convention et au Protocole.

Par conséquent, la définition de « forêt » présentée dans le rapport initial du Canada pour la comptabilisation de ses activités relevant des paragraphes 3 et 4 de l'article 3 est également appliquée aux estimations produites au titre de la Convention. Cette définition est fondée sur les valeurs minimales suivantes :

Couverture minimale de la couronne des arbres = 25 %

Superficie minimale = 1 hectare

Hauteur minimale des arbres = 5 mètres

De plus, comme le recommande le chapitre 4 des *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques pour l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie* (GIEC, 2003), le Canada a établi une largeur minimale de 20 mètres (distance entre les troncs) comme critère définitionnel de la forme des forêts. Ces paramètres ont été mis en œuvre dans les procédures de cartographie des conversions de forêts utilisées au titre

Tableau A11-1 Emplacement des informations supplémentaires fournies au sujet des activités du secteur ATCATF au titre du Protocole de Kyoto

ÉLÉMENT D'INFORMATION	EMPLACEMENT
Émissions par les sources et absorptions par les puits clairement distinguées des émissions provenant des sources énumérées à l'annexe A	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sources énumérées à l'annexe A : tableaux du CUPR pour les catégories 1, 2, 3, 4 et 6 2. Estimations du secteur ATCATF au titre de la Convention : catégorie 5 du CUPR 3. Estimations du secteur ATCATF au titre du Protocole de Kyoto : module sur le Protocole de Kyoto du CUPR
Information sur la manière dont les méthodes d'inventaire ont été appliquées, compte tenu des Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques pour l'ATCATF et de la décision 16/CMP.1	Annexe 11, section 1, et renvois au chapitre 7 et à l'annexe 3, section 4
Information sur les coordonnées géographiques des zones dans lesquelles sont situées : <ul style="list-style-type: none"> les parcelles faisant l'objet d'activités visées par l'article 3.3; les parcelles faisant l'objet d'activités visées par l'article 3.3 qui, sinon, seraient englobées dans les terres faisant l'objet d'activités prises en compte au titre de l'article 3.4; les terres faisant l'objet d'activités prises en compte au titre de l'article 3.4. 	Annexe 11, section 1, et renvois au chapitre 7 et à l'annexe 3 portant sur les méthodes, section 4. Les estimations réelles sont fournies par zone de déclaration dans le module sur le Protocole de Kyoto du CUPR.
Information sur l'unité de surface utilisée pour déterminer les superficies de boisement, de reboisement et de déboisement à comptabiliser	Annexe 11, section 1, et renvois au chapitre 7 et à l'annexe 3 portant sur les méthodes, section 4
Information sur les GES résultant d'activités visées par les paragraphes 3 et 4 de l'article 3, pour toutes les zones dont les coordonnées géographiques ont été notifiées pendant l'année en cours et les années précédentes depuis le commencement de la période d'engagement ou, s'il intervient postérieurement, le début de l'activité	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modules sur le Protocole de Kyoto du CUPR 2. Annexe 11, section 1, et renvois au chapitre 7 et à l'annexe 3 portant sur les méthodes, section 4
Information sur les réservoirs (biomasse aérienne et biomasse souterraine, litière du sol, bois mort et carbone organique du sol) non comptabilisés	Annexe 11, section 1, et renvois au chapitre 7 et à l'annexe 3 portant sur les méthodes, section 4
Information indiquant s'il a été décompté des émissions anthropiques de GES résultant d'activités ATCATF visées par les articles 3.3 et 3.4, les absorptions résultant :	
de concentrations élevées de dioxyde de carbone, supérieures aux niveaux préindustriels;	Annexe 11, section 1
de dépôts indirects d'azote;	Annexe 11, section 1
des effets dynamiques de la structure par âge résultant d'activités antérieures au 1 ^{er} janvier 1990.	Sans objet
Informations particulières à communiquer au sujet des activités visées par l'article 3.3 :	
Éléments démontrant que les activités visées par l'article 3.3 ont commencé le 1 ^{er} janvier 1990 ou après cette date et avant le 31 décembre de la dernière année de la période d'engagement	Annexe 11, section 1, et renvois au chapitre 7 et à l'annexe 3 portant sur les méthodes, section 4
Informations sur la manière dont l'exploitation ou la perturbation des forêts, suivie de leur reconstitution, est distinguée du déboisement	Annexe 11, section 1
Information sur les émissions et les absorptions provenant des parcelles exploitées durant la première période d'engagement à la suite du boisement ou du reboisement de ces parcelles à partir de 1990	Annexe 11, section 1
Informations particulières à communiquer au sujet des activités visées par l'article 3.4 :	
Éléments démontrant que les activités visées par l'article 3.4 ont été entreprises à partir du 1 ^{er} janvier 1990 et qu'elles sont le fait de l'homme	Annexe 11, section 1, et renvois au chapitre 7 et à l'annexe 3 portant sur les méthodes, section 4
Gestion des terres cultivées, gestion des pâturages, restauration du couvert végétal : émissions et absorptions déclarées pour chaque année de la période d'engagement et pour l'année de référence pour chacune des activités prises en compte dans les zones dont les coordonnées géographiques ont été notifiées	Annexe 11, section 1, et renvois au chapitre 7 et à l'annexe 3 portant sur les méthodes, section 4

Tableau A11-1 Emplacement des informations supplémentaires fournies au sujet des activités du secteur ATCATF au titre du Protocole de Kyoto (à suivre)

ÉLÉMENT D'INFORMATION	EMPLACEMENT
Informations particulières à communiquer au sujet des activités visées par l'article 3.4 :	
Éléments démontrant que les émissions et les absorptions résultant d'activités prises en compte au titre de l'article 3.4 ne sont pas comptabilisées au titre d'activités visées par l'article 3.3	Annexe 11, section 1, et renvois au chapitre 7 et à l'annexe 3 portant sur les méthodes, section 4
Gestion des forêts : éléments indiquant dans quelle mesure les absorptions de GES par les puits compensent le débit encouru au titre de l'article 3.3	Sans objet

de la Convention aussi bien que pour la cartographie du déboisement dans le cadre du Protocole de Kyoto.

Les tableaux RIN-1 et RIN-3 du module sur le Protocole de Kyoto indiquent les estimations relatives au secteur ATCATF qui sont déclarées par le Canada. Toutes les estimations liées aux activités relevant de l'article 3.3 et aux activités de gestion des terres cultivées relevant de l'article 3.4 sont fournies, à deux exceptions près : il n'y a pas de chaulage sur les terres faisant l'objet d'un boisement, et les émissions provenant du chaulage sur des terres déboisées sont comprises dans les estimations fournies pour les activités de gestion des terres cultivées.

Aucune des estimations du secteur ATCATF déclarées par le Canada ne prend en compte ni ne décompte de façon explicite les effets putatifs des dépôts d'azote ou des concentrations atmosphériques élevées de CO₂ par rapport aux niveaux préindustriels. La connaissance actuelle de ces effets indirects demeure trop limitée pour qu'on puisse effectuer une quantification fiable à l'échelle du paysage canadien.

A11.1.2. Information sur les terres

Le SNSCPR du Canada pour le secteur ATCATF utilise un cadre spatial uniforme pour le référencement géographique de toutes les estimations des « zones de déclaration » pour ce secteur. Ce cadre, décrit à la section 2 du chapitre 7 et à la section 3.4.1 de l'annexe 3 du présent rapport, sert à présenter toutes les estimations du secteur ATCATF, y compris celles qui sont relatives à la gestion des terres cultivées, au boisement, au reboisement et au déboisement dans le cadre du Protocole de Kyoto (voir le module sur le Protocole de Kyoto du CUPR). Ce cadre est conforme à la Méthode I du GIEC (GIEC, 2003, page 4.24, section 4.2.2.2) utilisée pour identifier les terres, selon laquelle les unités de territoire multiples soumises à des

activités de boisement, déboisement et reboisement ou de gestion des terres cultivées sont regroupées dans des limites géoréférencées préétablies (les zones de déclaration décrites au chapitre 7).

Grâce à l'intégration du système du secteur ATCATF utilisé par le Canada, les différents cadres de modélisation s'appliquant aux forêts, aux terres cultivées ou aux terres humides permettent l'échange d'information sur les terres qui sont converties d'une catégorie à une autre, à l'aide d'un référencement spatial uniforme. On s'assure ainsi que ni les terres ni les estimations de GES qui leur sont associées ne sont comptabilisées deux fois.

La matrice de transition des terres (tableau RIN-2) est très différente de la matrice sur le secteur ATCATF du chapitre 7. Aux termes de la Convention, le territoire national est divisé en six catégories, alors qu'aux termes du Protocole de Kyoto, il est divisé en quatre catégories : Boisement/reboisement, Déboisement, Gestion des terres cultivées, et Autre. Comme le Canada n'a pas pris en compte la gestion des forêts, les activités de déboisement qui ont eu lieu en 2008 sont entièrement comptabilisées dans la transition des terres de la catégorie Autre à la catégorie Déboisement. Toutes les activités de boisement qui ont eu lieu en 2008 sont représentées sous forme d'une transition à partir de la catégorie Gestion des terres cultivées. Le gain de 0,21 kha enregistré dans la catégorie Gestion des terres cultivées en 2008 est attribuable aux prairies (dans la Convention). Dans la matrice sur le Protocole de Kyoto, ce gain est déclaré comme transition des terres à partir de la catégorie Autre.

Les incohérences entre les estimations du secteur ATCATF au titre de la Convention et au titre du Protocole de Kyoto pour l'année 2008 résultent uniquement de différences dans les cadres temporels d'événements comparables, tels que la conversion de forêts aux termes de la Convention et

le déboisement aux termes du Protocole de Kyoto. Ainsi, la superficie de forêts converties pour l'année d'inventaire 2008 correspond à la superficie totale de forêts converties en d'autres catégories de terres entre le 1^{er} janvier 1989 et le 31 décembre 2008 (1 054 kha); la superficie déboisée (986,2 kha au tableau 5(PK-1)A.2) correspond à la superficie totale convertie entre le 1^{er} janvier 1990 et le 31 décembre 2008. La différence équivaut aux 68 kha de forêts converties en 1989. Ces estimations au titre de la Convention et du Protocole de Kyoto convergeront pour l'année d'inventaire 2010, et divergeront de plus en plus par la suite.

Le tableau 5(PK-1)A.2.1 illustre l'artefact lié à la définition du déboisement, qui entraîne une augmentation constante des estimations de superficie, alors qu'en réalité, le taux annuel de conversion des forêts au Canada a diminué de manière significative, passant de 81 kha en 1990 à 48 kha en 2008, comme l'indiquent les estimations au titre de la Convention.

A11.1.3. Informations spécifiques sur les activités visées par le paragraphe 3 de l'article 3

L'approche générale permettant d'estimer le déboisement est la même que celle qui est utilisée pour la conversion des forêts. Cette approche est décrite dans la section A3.4.2.2 de l'annexe 3.4 du présent rapport, notamment en ce qui concerne les méthodes de contrôle de la qualité et les estimations d'incertitude. La méthode de base comprend l'identification et l'interprétation des changements observés dans les images Landsat entre deux dates. Chaque situation de déboisement repérée et supérieure à 1 ha est délimitée à la main. Grâce aux images de 1975, 1990 et 2000 et à de nombreuses données accessoires, les phénomènes sont attribués avec précision aux périodes appropriées. Une méthode d'interpolation standard sert à calculer les taux annuels de déboisement, selon la cause, pour chaque unité spatiale, ce qui permet de faire des interrogations et une compilation de tous les phénomènes pour chaque année d'inventaire. Les procédures sont pleinement documentées dans Leckie *et al.*, 2006.

Le Canada distingue le déboisement réel de la perte temporaire de forêt (causée par une récolte ou une perturbation de la forêt) grâce au même système d'interprétation visuelle des images satellitaires, appuyé par des don-

nées accessoires (comme on l'explique ci-dessus et à l'annexe 3.4 du présent rapport). Les causes possibles du déboisement sont inscrites explicitement et soumises à des procédures régulières de CQ. Les principales causes possibles de déboisement par récolte sont les chemins et les dépôts forestiers, qui sont inscrits explicitement dans le système, ou une régénération insuffisante, phénomène exceptionnel qui n'est pas enregistré explicitement dans le système. On suppose que les zones exploitées se régénéreront en forêts qui correspondront à la définition énoncée plus haut. Une étude de base (Service canadien des forêts, 2008) a déterminé que la faible probabilité de tels déboisements (0 à 0,5 % de la zone exploitée) demeurerait bien en deçà des marges d'erreur de l'estimation de la superficie forestière totale convertie chaque année au Canada.

Les estimations des émissions résultant du déboisement et du boisement/reboisement sont établies selon le cadre de modélisation utilisé pour tous les changements d'affectation des terres d'ordre forestier au titre de la Convention. Ce cadre, résumé à la section A3.4.2.1 de l'annexe 3, comprend notamment tous les réservoirs de carbone.

Il est à noter qu'aucune terre ayant fait l'objet d'un boisement n'a été exploitée depuis 1990. Compte tenu de la lenteur du taux de croissance des forêts au Canada, il faut attendre plusieurs décennies avant que les nouveaux peuplements soient de qualité marchande.

A11.1.4. Informations spécifiques sur les activités visées par le paragraphe 4 de l'article 3

Les estimations concernant la gestion des terres cultivées pour l'année 2008 (absorption nette de 11,8 Mt CO₂) traduisent les effets combinés de divers changements apportés aux pratiques d'aménagement des terres agricoles et comprennent les émissions résiduelles dues à la conversion de forêts avant 1990 (voir la description détaillée au chapitre 7 et à l'annexe 3.4 du présent rapport). Les estimations au titre du Protocole de Kyoto sont établies, pour l'essentiel, de la même manière que les estimations au titre de la Convention, à la différence près que les émissions et les absorptions des terres forestières converties en terres cultivées depuis le 1^{er} janvier 1990 (émissions nettes de 7,1 Mt) sont déclarées dans la catégorie du déboisement aux termes du Protocole de Kyoto. La capacité de quanti-

fier les émissions et les absorptions des terres forestières converties en terres cultivées, et de les déclarer dans la catégorie du déboisement, permet d'éviter que des données soient comptabilisées en double pour ces deux activités. De la même manière, les terres cultivées converties en terres forestières sont retirées du cadre de modélisation des terres cultivées, ce qui élimine la possibilité de comptabiliser deux fois les activités pour ces terres.

Les pratiques de gestion qui ont une incidence sur les émissions et les absorptions sur les terres cultivées sont expliquées dans le Recensement de l'agriculture, publié tous les cinq ans. Les changements touchant ces pratiques sont déterminés à partir d'une série chronologique cohérente de données du Recensement depuis 1981, ce qui permet d'obtenir la meilleure répartition temporelle possible. L'annexe 3.4 du présent rapport fournit plus d'information à ce sujet.

Il n'y a pas de brûlage de biomasse vivace et ligneuse sur les terres cultivées du Canada. Dans son prochain rapport, le Canada fournira une série chronologique complète des émissions de gaz autres que le CO₂ résultant du brûlage dirigé de résidu de récolte dans le secteur agricole (voir le chapitre 6, Améliorations prévues).

A11.2. Renseignements sur la comptabilisation des unités de Kyoto

A11.2.1. Quantité attribuée au Canada

La quantité attribuée au Canada a été établie à 2 791 792 771 tonnes d'équivalent CO₂ (t d'éq. CO₂) (Rapport de la CCNUCC sur l'examen du rapport initial du Canada en vertu du Protocole de Kyoto, 2008)².

A11.2.2. Réserve du Canada pour la période d'engagement

Conformément à la décision 11/CMP.1, la quantité attribuée à la réserve d'une Partie pour la période d'engagement ne devrait jamais être inférieure à 90 % de la quantité qui lui est attribuée **ou** au quintuple de son dernier inventaire examiné, la plus faible de ces deux

valeurs étant retenue. Le montant de la réserve du Canada pour la période d'engagement se calcule donc comme suit :

$$\begin{aligned} & \text{a) } 90 \% \text{ de la quantité attribuée au Canada} \\ & = 0,9 \times 2\,791\,792\,771 \text{ t d'éq. CO}_2 \\ & = 2\,512\,613\,494 \text{ t d'éq. CO}_2 \end{aligned}$$

ou

$$\begin{aligned} & \text{b) } 5 \times \text{son dernier inventaire examiné (2006)} \\ & = 5 \times 720\,631\,734 \text{ t d'éq. CO}_2 \\ & = 3\,603\,158\,670 \text{ t d'éq. CO}_2 \end{aligned}$$

La plus faible des deux valeurs a) et b) ci-dessus est la valeur a), soit 90 % de la quantité attribuée au Canada.

La réserve du Canada pour la période d'engagement est donc de 2 512 613 494 t d'éq. CO₂.

A11.2.3. Informations communiquées sous une forme électronique standard

Conformément au document intitulé *Guide pour la présentation de rapports d'évaluation indépendants standards pour les registres*, étant donné que le Registre national du Canada n'a ni transféré ni acquis d'unités du Protocole de Kyoto en 2009, il n'est pas tenu de fournir des renseignements dans le présent rapport au sujet des points suivants :

- Décision 15/CMP.1, annexe I.E, paragraphe 11 : Forme électronique standard (FES);
- Décision 15/CMP.1, annexe I.E, paragraphe 12 : Liste des anomalies dans le relevé des transactions;
- Décision 15/CMP.1, annexe I.E, paragraphes 13 et 14 : Liste des notifications reçues du Conseil exécutif du mécanisme pour un développement propre (MDP);
- Décision 15/CMP.1, annexe I.E, paragraphe 15 : Liste des cas de non-remplacement;
- Décision 15/CMP.1, annexe I.E, paragraphe 16 : Liste des quantités d'unités invalides;
- Décision 15/CMP.1, annexe I.E, paragraphe 17 : Mesures prises et modifications apportées pour remédier aux anomalies.

² Ce rapport d'examen est accessible [en anglais] à l'adresse : http://unfccc.int/national_reports/initial_reports_under_the_kyoto_protocol/items/3765.php.

A11.3. Informations sur les modifications apportées au Système national du Canada

Le Canada n'a apporté aucune modification à son système national par rapport aux informations présentées dans le rapport de 2009. La description de la réalisation des fonctions générales et spécifiques par le Système national, conformément aux lignes directrices sur les systèmes nationaux énoncées au paragraphe 1 de l'article 5, est fournie dans le rapport d'inventaire national. Afin de faciliter l'examen des informations, le Tableau A11-2 indique l'emplacement de ces renseignements dans le présent rapport d'inventaire.

A11.4. Modifications apportées au Registre national du Canada

Conformément à la section G de l'annexe I à la décision 15/CMP.1, chacune des Parties visées à l'annexe I qui a pris un engagement inscrit à l'annexe B rend compte dans son rapport d'inventaire national de toute modification apportée à son registre national par rapport aux informations fournies dans son rapport précédent, y compris par rapport aux informations soumises conformément au paragraphe 32 des lignes directrices.

Afin de faciliter l'examen des informations, le Tableau A11-3 présente toutes les modifications apportées par rapport aux exigences de déclaration du paragraphe 32 de l'annexe II à la décision 15/CMP.1, et fournit l'information à jour (s'il y a lieu).

Tableau A11-2 Emplacement des informations supplémentaires fournies sur le Système national au titre du Protocole de Kyoto

	ÉLÉMENT D'INFORMATION	Modification depuis le rapport de 2009	EMPLACEMENT
30 (a)	Nom et coordonnées de l'entité nationale et de son représentant désigné assumant la responsabilité globale de l'inventaire national pour la Partie	Non	Chapitre 1.2
30 (b)	Rôle et responsabilités de divers organismes et entités dans le processus d'établissement de l'inventaire, et dispositions institutionnelles, juridiques et de procédure prises pour établir l'inventaire	Non	Chapitre 1.2.3
30 (c)	Description du processus de collecte des données d'activités, de sélection des coefficients d'émission et des méthodes, et d'établissement des estimations des émissions	Non	Chapitre 1, section 4 et tout au long du texte
30 (d)	Description du processus d'identification des principales sources et des résultats obtenus et, lorsqu'il y a lieu, du processus d'archivage des données d'essai	Non	Annexe 1
30 (e)	Description de la méthode utilisée pour recalculer les données d'inventaire soumise précédemment	Non	Chapitre 9
30 (f)	Description du plan d'assurance et de contrôle de la qualité, de son exécution et des objectifs qualitatifs fixés, ainsi que des informations sur les processus d'évaluation et d'examen internes et externes et sur leurs résultats, conformément au cadre directeur des systèmes nationaux	Non	Annexe 6 et sections pertinentes des chapitres 3 à 8 Chapitre 1.3
30 (g)	Description des procédures suivies pour l'examen et l'approbation officiels de l'inventaire	Non	Chapitre 1.3

Tableau A11-3 Modifications apportées aux informations présentées sur le Registre national du Canada au titre du Protocole de Kyoto

Élément d'information	Modifica- tion depuis le dernier rapport	Information à jour
Nom et coordonnées de l'administrateur du registre désigné par la Partie pour tenir le registre national	Oui	Environnement Canada, Division des affaires législatives et réglementaires Personne-ressource principale : Rob James Environnement Canada, Direction des affaires législatives et réglementaires Division des régimes d'échanges robin.james@ec.gc.ca 819-953-5955 351, boul. Saint-Joseph Gatineau (Québec) K1A 0H3 Personne-ressource secondaire : aucune modification
Description de la structure de la base de données et indication de la capacité du registre national	Non	Conformément à la décision 15/CMP.1 et à l'article 7 du Protocole de Kyoto, le registre national du Canada pour le Protocole de Kyoto tient son registre national sous forme de système indépendant, sans le regrouper avec d'autres registres nationaux.
A description of the database structure and capacity of the national registry	Non	Aucune modification n'a été apportée à la base de données ou à la capacité du Registre national du Canada pour le Protocole de Kyoto.
Description de la manière dont le registre national se conforme aux normes techniques pour l'échange de données entre systèmes de registres visant à assurer que les échanges de données entre les registres nationaux, le registre mis en place au titre du mécanisme pour un développement propre et le relevé des transactions se déroulent sans risque d'erreur, dans la transparence et de manière efficace (Décision 19/CP.7, paragraphe 1)	Non	Aucune modification n'a été apportée relativement à la conformité aux normes techniques du Registre national du Canada pour le Protocole de Kyoto.
Description des procédures suivies dans le cadre du registre national pour réduire au minimum les anomalies dans les opérations de délivrance, de cession, d'acquisition, d'annulation et de retrait d'URE, URCE, URCE-T, URCE-LD, UQA et/ou UAB, et de remplacement des URCE-T et des URCE-LD, et des dispositions prises pour mettre fin aux transactions lorsqu'une anomalie est signalée ou pour remédier aux problèmes s'il n'est pas mis fin aux transactions	Non	Aucune modification n'a été apportée aux procédures liées au Registre national du Canada pour le Protocole de Kyoto.
Aperçu des mesures de sécurité appliquées dans le cadre du registre national pour prévenir les manipulations non autorisées et les fausses manœuvres ainsi que des procédures d'actualisation de ces mesures	Non	Aucune modification n'a été apportée aux mesures de sécurité appliquées au Registre national du Canada pour le Protocole de Kyoto.
Liste des informations accessibles au public au moyen de l'interface utilisateur/registre national	Non	Aucune modification n'a été apportée durant la période de déclaration quant aux informations accessibles au public relativement au Registre national du Canada pour le Protocole de Kyoto.
Adresse Internet de l'interface utilisateur/registre national	Non	Aucune modification n'a été apportée à l'adresse Internet du registre national.
Description des mesures prises pour sauvegarder, conserver et récupérer les données afin d'assurer l'intégrité du stockage des données et le rétablissement des services du registre en cas de catastrophe	Oui	Des modifications ont été apportées aux mesures visant l'intégrité des données du Registre national du Canada pour le Protocole de Kyoto. Un site secondaire de reprise après sinistre a fait l'objet d'essais réussis en novembre 2009, conformément à la recommandation formulée dans le cadre de l'examen centralisé de 2008. Les opérations de rétablissement des services du registre après sinistre comprennent maintenant ce qui suit : <ul style="list-style-type: none"> • restauration des données au moyen de sauvegardes complètes ou incrémentielles des informations, selon les besoins; • utilisation d'un site secondaire si le site principal ne fonctionne plus; le site secondaire reproduit les fonctions et les caractéristiques essentielles du site principal; le transfert du site principal au site secondaire a été testé avec succès en novembre 2009.

Tableau A11-3 Modifications apportées aux informations présentées sur le Registre national du Canada au titre du Protocole de Kyoto (à suivre)

A11

Élément d'information	Modification depuis le dernier rapport	Information à jour
Résultats de toutes les procédures d'essai qui pourraient être disponibles ou mises au point dans le but de vérifier le fonctionnement, les procédures et les mesures de sécurité du registre national appliquées conformément aux dispositions de la décision 19/CP.7 relatives aux normes techniques pour l'échange de données entre systèmes de registres	Oui	Le site secondaire de reprise après sinistre a fait l'objet d'essais réussis en novembre 2009. Aucun autre changement aux résultats d'essai ne s'est produit durant la période de déclaration.

A11.5. Réduction au minimum des conséquences néfastes, conformément à l'article 3.14.

Le Canada s'efforce de s'acquitter de ses engagements mentionnés au paragraphe 1 de l'article 3 du Protocole de Kyoto de manière à réduire au minimum les conséquences sociales, environnementales et économiques qui pourraient être néfastes pour les pays en développement qui sont des Parties. Les processus d'établissement et de mise en œuvre de mesures de riposte en matière de changement climatique comprennent des consultations auprès des ministères fédéraux assumant des responsabilités à l'échelon international, notamment le ministère des Affaires étrangères et du Commerce international et l'Agence canadienne de développement international, qui fournissent des conseils sur les aspects internationaux des mesures proposées.

Le Canada consulte aussi les provinces et établit des processus exhaustifs de consultation publique, dans le cadre desquels des intervenants à l'échelle nationale et des représentants d'intervenants extérieurs peuvent exprimer leurs préoccupations et soulever des questions concernant les mesures proposées.

Le gouvernement du Canada prend régulièrement part à des consultations commerciales, économiques et politiques avec d'autres gouvernements à l'occasion de nombreux forums économiques qui fournissent l'occasion d'exprimer et de résoudre des préoccupations liées aux répercussions possibles des mesures adoptées par le Canada.

Le Canada maintient un milieu commercial ouvert, fondé sur le libre-échange et les investissements, et s'assure que tant les pays développés que les pays en développement peuvent profiter au maximum des occasions offertes sur le marché canadien, peu importe les mesures de riposte prises par le Canada en matière de changement climatique. Le Canada collabore également avec des partenaires des pays en développement dans le but de renforcer les systèmes de gouvernance et les environnements favorables, améliorant ainsi leur aptitude à s'adapter aux nouvelles circonstances.

De plus, le Canada procède à des évaluations environnementales stratégiques (EES) pour encourager les ministères et les organismes gouvernementaux à tenir compte des facteurs environnementaux dans le processus d'examen des politiques, des plans et des programmes de développement international.

En ce qui concerne la réduction progressive ou la suppression graduelle des imperfections du marché, des incitations fiscales, des exonérations d'impôts et de droits et des subventions dans tous les secteurs émettant des gaz à effet de serre, compte tenu de la nécessité d'opérer une réforme des prix de l'énergie pour refléter les prix du marché et les effets externes, le Canada a adopté un certain nombre de mesures fiscales, qui sont expliquées en détail à la section 4.5 de la *Cinquième communication nationale sur les changements climatiques*³ (pages 44-64).

Des renseignements sur l'aide fournie par le Canada aux pays en développement en matière d'adaptation sont présentés à la section 4.5 de la *Cinquième communication nationale sur les changements climatiques* (pages 95-100).

Pour ce qui est des activités liées au transfert de technolo-

³ La *Cinquième communication nationale sur les changements climatiques* est accessible à l'adresse : http://unfccc.int/resource/docs/natc/can_nc5_fr.pdf

gies, on trouvera à la section 4.5 de la *Cinquième communication nationale sur les changements climatiques* (pages 188-205), une description détaillée de certains projets et programmes ayant favorisé l’adoption de mesures réalistes visant à faciliter ou à financer le transfert de technologies écologiques ou l’accès à de telles technologies.

Références

Annexe 1, Catégories clés

GIEC Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux. 2000. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible en ligne à l'adresse : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html

GIEC Recommandations du GIEC en matière d'utilisation des terres, changement d'utilisation des terres et for-
esterie. 2003. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible en ligne à l'adresse <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpg-lulucf.htm>

Annexe 2, Méthodologie et données employées pour estimer les émissions dues à la combustion de combustibles fossiles

Canadian Industrial Energy End-use Data Analysis Centre. 2009. A Review of Energy Consumption and Related Data: Canadian Cement Manufacturing Industry 1990 to 2007. Rapport préparé par Nyboer et Jaccard pour l'Association canadienne du ciment.

CIMC. 2008. Rapport sur les statistiques annuelles de l'industrie des motocyclettes et des véhicules tout terrain.

DesRosiers. Canadian Vehicles in Operation Census (CVIOC). Rapports annuels préparés par DesRosiers Automotive Consultants.

Environnement Canada. 1999. 1995 Criteria Contaminants Emissions Inventory Guidebook. Version 1, Section 2.4, Groupe de travail sur les émissions et les projections, Division des principaux contaminants atmosphériques, Environnement Canada.

EPA. 2009. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2007. Washington (DC) : Environmental Protection Agency, États-Unis.

GIEC/OCDE/AIE. 1997. Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée 1996, Vol. 1, 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/invs1.htm>

[iges.or.jp/public/gl/invs1.htm](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm)

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.

Maples, J.D. 1993. The Light-Duty Vehicle MPG Gap: Its Size Today and Potential Impacts in the Future, University of Tennessee Transportation Centre, Knoxville, Tennessee, États-Unis

McCann T.J. 2000. 1998 Fossil Fuel and Derivative Factors. Prepared by T.J. McCann and Associates Ltd. and Clearstone Engineering Ltd. for Environment Canada. March.

Polk. Vehicles in Operation (VIO) Database. Compilé par R.L. Polk et al., Southfield, Michigan, États-Unis.

RNCAN. 2009. Modèle d'utilisation finale pour le secteur des transports. Ressources naturelles Canada

Statistique Canada. Aviation civile canadienne, no 51-206-XIB au catalogue.

Statistique Canada. Base de données CANSIM, tableau 405-0002 : Véhicules automobiles, ventes de carburants, annuel (litres). Disponible en ligne : <http://cansim2.statcan.ca>

Statistique Canada. Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (publication annuelle), no 57-003-XIB au catalogue.

Statistique Canada. Enquête sur les véhicules au Canada (EVC) : annuel, no 53223-XIF au catalogue

Statistique Canada. Trafic des transporteurs aériens aux aéroports canadiens, no 51-005 au catalogue. (publication révisée).

Statistique Canada. Trafic des transporteurs aériens aux aéroports canadiens, no 51-203-XIE au catalogue. Disponible en ligne : <http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection-R/Statcan/51-203-XIB/51-203-XIB-f.html>

Stewart Brown Associates. 2004. Vehicle Fleet Profiles for Ontario and British Columbia; Annual Kilometer Accumulation Rates; Vehicle–Kilometers Traveled; and I/M Program Effectiveness.

TFIS Inc. 2008. Canadian Liquid Transportation Biofuels Production and Consumption Information. Rapport non publié préparé par TFIS Inc pour la Division des principaux contaminants atmosphériques d'Environnement Canada.

Annexe 3, Autres méthodologies

A3.1, Méthodologie relative aux émissions fugitives attribuables à la production, à la transformation, au transport et à la distribution de combustibles fossiles

[ACG] *Association canadienne du gaz*. 1997. 1995 Air Inventory of the Canadian Natural Gas Industry. **Calgary (AB) : Radian International LLC.**

[ACPP] Association canadienne des producteurs pétroliers. 1999. CH₄ and VOC Emissions from the Canadian Upstream Oil and Gas Industry, Vol. 1 et 2. Préparé pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers. Calgary (AB) : Clearstone Engineering Ltd. Publication N° 1999-0010.

[ACPP] Association canadienne des producteurs pétroliers. 2005a. A National Inventory of Greenhouse Gas (GHG), Criteria Air Contaminant (CAC) and Hydrogen Sulphide (H₂S) Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry, Vol. 1-5. Calgary (AB) : Clearstone Engineering Ltd. Janvier.

[ACPP] *Association canadienne des producteurs pétroliers*. 2005b. Extrapolation of the 2000 UOG Emission Inventory to 2001, 2002 and 2003. Calgary (AB) : Clearstone Engineering Ltd.

[ACPP] Association canadienne des producteurs pétroliers. 2006. An Inventory of GHGs, CACs, and H₂S Emissions by the Canadian Bitumen Industry: 1990 to 2003. Calgary (AB) : Clearstone Engineering Ltd.

[ACPP] Association canadienne des producteurs pétroliers. 2009. Statistical Handbook for Canada's Upstream Petroleum Industry. [mis à jour : nov. 2009; cité : 20 nov. 2009]. **Disponible à l'adresse :** <http://www.capp.ca/library/statistics/handbook/Pages/default.aspx#3iwWuEB9CHpD>.

[CERE] Commission chargée de l'économie des ressources énergétiques. 2009a. Public Safety / Field Surveillance Provincial Summary 2008 : ST57-2009. Disponible à l'adresse : <http://www.ercb.ca/docs/products/STs/ST57-2009.pdf>.

[CERE] *Commission chargée de l'économie des ressources énergétiques*. 2009b. Alberta Drilling Activity, Monthly Statistics, December 2008 : ST59-2008. Disponible à l'adresse : <http://www.ercb.ca/docs/products/STs/st59/st59-2008.pdf>.

[CERE] *Commission chargée de l'économie des ressources énergétiques*. 2009c. Mineable Alberta Oil Sands, Annual Statistics for 2008 : ST43-2008. Disponible à l'adresse : http://www.ercb.ca/docs/products/sts/st43_2008.pdf

[ICPP] *Institut canadien des produits pétroliers*. 2004. Economic and Environmental Impacts of Removing Sulphur from Canadian Gasoline and Distillate Production. Calgary (AB): Levelton Consultants Ltd., avec Purvin &

Gertz Inc. **Août.**

[OCTNHE] Office Canada – Terre-Neuve des hydrocarbures extracôtiers. 2009a. Development Wells - Hibernia. [Mis à jour : 20 août 2009; cité : 8 sept. 2009]. Disponible à l'adresse : <http://www.cnlopb.nl.ca/pdfs/hwells.pdf>.

[OCTNHE] Office Canada – Terre-Neuve des hydrocarbures extracôtiers. 2009b. Development Wells - Terra Nova. [Mis à jour : 20 août 2009; cité : 8 sept. 2009]. Disponible à l'adresse : <http://www.cnlopb.nl.ca/pdfs/hwells.pdf>.

[OCTNHE] Office Canada – Terre-Neuve des hydrocarbures extracôtiers. 2009c. Development Wells - White Rose. [Mis à jour : 20 août 2009; cité : 8 sept. 2009]. Disponible à l'adresse : <http://www.cnlopb.nl.ca/pdfs/hwells.pdf>.

[ONE] Office national de l'énergie. 2009. Production estimative de pétrole brut et d'équivalents au Canada en 2008. [révision : 13 novembre 2009; cité : 20 novembre 2009]. Disponible à l'adresse <http://www.neb.gc.ca/clf-nsi/rnrg-ynfmetn/sttstc/crdlndprlmpdct/2008/stmtdprdctncndn-crdlqvlnt2008.xls>.

Environnement Canada. 2007. Bitumen-Oil Sands Extrapolation Model – Rev 3. Calgary (AB): Clearstone Engineering Ltd.

Hollingshead B. 1990. Methane Emissions from Canadian Coal Operations : A Quantitative Estimate. Devon (AB): Coal Mining Research Company. Rapport CI 8936.

King B. 1994. Management of Methane Emissions from Coal Mines: Environmental, Engineering, Economic and Institutional Implications of Options. Rapport préparé par Neill and Gunter pour Environnement Canada.

Manitoba - Sciences, Technologie, Énergie et Mines. 2009. Petroleum Branch Statistics. [cité : 8 septembre 2009]. Disponible à l'adresse : <http://www.gov.mb.ca/stem/petroleum/stats/index.html>.

Saskatchewan - Énergie et Ressources. 2009a. Monthly Production and Disposition of Crude Oil at the Producer Level, Year 2008, Ending Month 12. [révision : 16 avril 2009; cité : 8 septembre 2009]. **Disponible à l'adresse :** [http://www.ir.gov.sk.ca/adx/asp/adxGetMedia.aspx?DocID=3732,3620,3384,5460,2936,Documents&MediaID=26849&Filename=2008+Monthly+Production+and+Disposition+of+Crude+Oil+\(Yearly+Summary\).pdf](http://www.ir.gov.sk.ca/adx/asp/adxGetMedia.aspx?DocID=3732,3620,3384,5460,2936,Documents&MediaID=26849&Filename=2008+Monthly+Production+and+Disposition+of+Crude+Oil+(Yearly+Summary).pdf).

Saskatchewan - Énergie et Ressources. 2009b. 2008-2009 Annual Report – Saskatchewan Energy and Resources. **Province of Saskatchewan, Ministry of Energy and Resources.** [cité : 8 septembre 2009]. **Disponible à l'adresse :** <http://www.finance.gov.sk.ca/annreport/200809EnergyAndResourcesAnnualReport.pdf>.

Statistique Canada. 2009a. Tableau 131-0001 – Approvisionnements et utilisations du gaz naturel, mensuel

(mètres cubes). CANSIM. Disponible à l'adresse : <http://cansim2.statcan.ca/>.

Statistique Canada. 2009b. Guide statistique de l'énergie – Premier trimestre 2009. N° 57-601 au catalogue. [Cité : 23 septembre 2009]. Disponible à l'adresse : <http://www.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=57-601-X&lang=fra>.

Statistique Canada. Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (annuel). N° 57-003-XIB au catalogue.

Statistique Canada. Statistiques du charbon et du coke. N° 45-002-XIB au catalogue.

Statistique Canada. Transport et distribution du gaz naturel. N° 57-205-XIB au catalogue.

A3.2, Méthodologie pour les procédés industriels

Cheminfo Services. 2005. Improvements to Canada's Greenhouse Gas Emissions Inventory Related to Non-Energy Use of Hydrocarbon Products. Rapport final, Markham (Ontario), Canada, mars 2005.

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), Canada, septembre 2006.

GIEC. 2000. Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html

GIEC/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>

Jaques, A.P. 1992. Estimations des émissions de gaz provoquant l'effet de serre au Canada en 1990, Protection de l'environnement, Conservation et protection, Environnement Canada, Rapport SPE 5/AP/4.

Lowenheim FA, Moran M. 1980. (Faith, Keyes and Clark's) Industrial Chemicals. J. Wiley & Sons, New York (N.Y.), États-Unis.

McCann T.J. 2000. 1998 Fossil Fuel and Derivative Factors, préparé par T.J. McCann and Associates pour Environnement Canada, mars 2000.

Statistique Canada. Produits chimiques industriels et résines synthétiques, 1990–2007 (mensuel). N° 46-002-XIB au catalogue.

Statistique Canada. Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada (annuel). N° 57-003-XIB au catalogue.

A3.3, Agriculture

AAFRD. Alberta Agriculture, Food and Rural Development. 2001. Alberta Cow–Calf Audit, 1997/1998 Production Indicators and Management Practices over the Last 10 Years. Edmonton (Alberta), Canada.

AAFRD et Université de l'Alberta. Alberta Agriculture, Food and Rural Development and University of Alberta. 2003. Development of a Farm-Level Greenhouse Gas Assessment: Identification of Knowledge Gaps and Development of a Science Plan, Alberta Agricultural Research Institute (AARI), projet n° 2001J204. Disponible en ligne : http://64.34.178.148/resources/AAFRD_Development%20of%20a%20Farm%20Level%20Greenhouse%20Gas%20Assessment.pdf.

Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba. 2000. Manitoba Cattle on Feed 1999/2000. Market Analysis and Statistics Section, Program and Policy Analysis Branch, Manitoba Agriculture and Food.

Agriculture et agroalimentaire Canada. 1990-2008. Cédule de la revue du marché des bestiaux. Disponible en ligne : http://www.agr.gc.ca/redmeat/index_fra.htm

Arrouays D., N. Saby, C. Walter, B. Lemerrier et C. Schvartz C. 2006. Relationships between particle-size distribution and organic carbon in French arable topsoils. *Soil Use Manag.* 22:48–51.

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, par le Département de zootechnie, Université du Manitoba, Winnipeg (Manitoba), Canada.

Bouwman A.F., L.J.M. Boumans et N.H. Batjes. 2002. Emissions of N₂O and NO from fertilized fields: Summary of available data. *Global Biogeochem. Cycles* 16:doi:10.1029/2001GB001811.

Bouwman A.F. 1996. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 46: 53–70.

CANSIM. Système canadien d'information socio-économique [base de données dans Internet], Statistique Ca-

- nada, [mis à jour quotidiennement; consulté le 10 janvier 2008]. Disponible en ligne : <http://cansim2.statcan.ca/>
- Chadwick D.R., R.W. Sneath, V.R. Phillips et B.F. Pain. 1999. A UK inventory of nitrous oxide emissions from farmed livestock. *Atmos. Environ.* 33:3345-3354.
- Chang C. et H.H. Janzen. 1996. Long-term fate of nitrogen from annual feedlot manure applications. *Journal of Environmental Quality*. 25: 785–790.
- Christensen D.A., G. Steacy et W.L. Crowe. 1977. Nutritive value of whole crop cereal silages. *Canadian Journal of Animal Science*, 57: 803–805.
- Corre M.D., C. Van Kessel et D.J. Pennock. 1996. Landscape and seasonal patterns of nitrous oxide emissions in a semiarid region. *Soil Science Society of America Journal*. 60: 1806–1815.
- Corre M.D., D.J. Pennock, C. Van Kessel et D.K. Elliott. 1999. Estimation of annual nitrous oxide emissions from a transitional Grassland–Forest region in Saskatchewan, Canada. *Biogeochemistry*. 44: 29–49.
- CRAAQ. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. 1999. Chèvres laitières—Budget: Production laitière. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec. Agdex 435/821. Comité de références économiques en agriculture du Québec. Groupe GRÉAGRI inc.
- da Sylva A.P. et B.D. Kay. 1997. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. *Soil Science Society of American Journal*. 61: 877-883.
- Decisioneering. 2000. Crystal Ball®, Decisioneering Inc., Denver, Colorado, U.S.A. Disponible en ligne: <http://www.oracle.com/crystalball/index.html>
- Dobbie K.E., I.P. McTaggart et K.P. Smith. 1999. Nitrous oxide emissions from intensive agricultural systems: Variations between crops and seasons, key driving variables and mean emission factors. *Journal of Geophysical Research*. 104: 26891–26899.
- Environnement Canada. 2002. Normales climatiques au Canada – précipitations. Disponible en ligne : http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/prods_servs/cdcd_iso_f.html?&
- EPA. United States Environmental Protection Agency. 2004. National Emission Inventory—Ammonia Emissions from Animal Husbandry Operations, rapport provisoire, U.S. Environmental Protection Agency. Washington, D.C., États-Unis, 30 janvier.
- Flynn H.C., J.O. Smith, K.A. Smith, J. Wright, P. Smith et J. Massheder. 2005. Climate- and crop-responsive emission factors significantly alter estimates of current and future nitrous oxide emissions from fertilizer use. *Global Change Biology*. 11: 1522–1536.
- Freibauer A. 2003. Regionalized inventory of biogenic greenhouse gas emissions from European agriculture. *Europ. J. Agron.* 19: 135-160.
- Goss M.J. et D. Goorahoo. 1995. Nitrate contamination of groundwater: measurement and prediction. *Fertilizer Research*. 42: 331–338.
- Grant R. et E. Pattey. 1999. Mathematical modeling of nitrous oxide emissions from an agricultural field during spring thaw. *Glob. Biogeochem. Cycles* 13: 679–694.
- Gregorich E.G., P. Rochette, A.J. VandenBygaert et D.A. Angers. 2005. Greenhouse gas contributions of agricultural soils and potential mitigation practices in eastern Canada. *Soil & Tillage Research*. 76: 1–20.
- Hao X., C. Chang, J.M. Carefoot, H.H. Janzen et B.H. Ellert. 2001. Nitrous oxide emissions from an irrigated soil as affected by fertilizer and straw management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60: 1–8.
- Hashimoto A.G., V.H. Varel et Y.R. Chen. 1981. Ultimate methane yield from beef cattle manure: effect of temperature, ration constituents, antibiotics and manure age. *Agricultural Wastes*. 3: 241–256.
- Hénault C., X. Devis, S. Page, E. Justes, R. Reau et J.-C. Germon. 1998. Nitrous oxide emissions under different soil and land management conditions. *Biology and Fertility of Soils*. 26: 199–207.
- Hutchings N.J., S.G. Sommer, J.M. Andersen et W.A.H. Asman. 2001. A detailed ammonia emission inventory for Denmark. *Atmospheric Environment*. 35: 1959–1968.
- Hybrid Turkeys. 2001. Hybrid Converter—Commercial Hens and Toms. Disponible en ligne : <http://www.hybrid-turkeys.com/converter.html>
- GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html
- GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Volume 4 : Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/vol4.html>
- GIEC/OCDE/AIE. Groupe d'experts intergouvernemental

- sur l'évolution du climat, Organisation de coopération et de développement économique et Agence internationale de l'énergie. 1997. Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – version révisée 1996. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/french.html>
- Izaurre R.C., R.L. Lemke, T.W. Goddard, B. McConkey et Z. Zhang. 2004. Nitrous oxide emissions from agricultural toposequences in Alberta and Saskatchewan. *Soil Science Society of America Journal*. 68: 1285–1294.
- Jambert C., R. Delmas, D. Serça, L. Thouron, L. Labroue et L. Delprat. 1997. N₂O and CH₄ emissions from fertilized agricultural soils in southwest France. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 48: 105–114.
- Janzen H.H., K.A. Beauchemin, Y. Bruinsma, C.A. Campbell, R.L. Desjardins, B.H. Ellert et E.G. Smith. 2003. The fate of nitrogen in agroecosystems: an illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 67: 85–102.
- Kononoff P.J., A.F. Mustafa, D.A. Christensen et J.J. McKinnon. 2000. Effects of barley silage particle length and effective fiber on yield and composition of milk from dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*. 80: 749–752.
- Kopp J.C., K.M. Wittenberg et W.P. McCaughey. 2004. Management strategies to improve cow–calf productivity on meadow bromegrass pastures. *Canadian Journal of Animal Science*. 84(3) 529–535.
- Lemke R.L., R.C. Izaurre, M. Nyborg et E.D. Solberg. 1999. Tillage and N-source influence soil-emitted nitrous oxide in the Alberta Parkland Region. *Canadian Journal of Soil Science*. 79: 15–24.
- Liang BC, Padbury G, Patterson G. 2004. Cultivated organic soils in Canada. Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Édifice Fontaine, 200 Sacré-Coeur, Gatineau, Québec.
- Liebig M.A., J.A. Morgan, J.D. Reeder, B.H. Ellert, H.T. Gollany et G.E. Schuman. 2005. Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agricultural practices in north-western USA and western Canada. *Soil & Tillage Research*. 83: 25–52.
- MacMillan R.A. et W.W. Pettapiece. 2000. Alberta Landforms: Quantitative Morphometric Descriptions and Classification of Typical Alberta Landforms, Semiarid Prairie Agricultural Research Centre, Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada, Swift Current, Saskatchewan, Canada, Technical Bulletin No. 2000-2E, 118 pp.
- Marinier M., K. Clark et C. Wagner-Riddle. 2004. Improving Estimates of Methane Emissions Associated with Animal Waste Management Systems in Canada by Adopting an IPCC Tier-2 Methodology, rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par le Département des ressources terrestres de l'Université de Guelph, Guelph (Ontario), Canada.
- Marinier M., K. Clark et C. Wagner-Riddle. 2005. Determining manure management practices for major domestic animals in Canada, rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par le Département des ressources terrestres de l'Université de Guelph, Guelph (Ontario), Canada.
- Minasny B., A.B. McBratney et K.L. Bristow. 1999. Comparison of different approaches to the development of pedo-transfer functions for water-retention curves. *Geoderma*. 93: 225–253.
- NRC. United States National Research Council. 1981. Nutrient Requirements of Goats. National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., États-Unis.
- NRC. United States National Research Council. 1985. Nutrient Requirements of Sheep, 6th Revised Edition. National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., États-Unis.
- NRC. United States National Research Council. 1989. Nutrient Requirements of Horses, 5th Revised Edition. National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., États-Unis.
- NRC. United States National Research Council. 1998. Nutrient Requirements of Swine, 10th Revised Edition. National Research Council, National Academy Press. Washington, D.C., États-Unis.
- NRC. United States National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Revised Edition. National Research Council. National Academy Press. Washington, D.C., États-Unis.
- Nyborg M., E.D. Solberg, R.C. Izaurre, S.S. Malhi et M. Molina-Ayala. 1995. Influence of long-term tillage, straw and N fertilizer on barley yield, plant-N uptake and soil-N balance. *Soil & Tillage Research*. 36: 165–174.
- Okine E.K. et G.W. Mathison. 1991. Effects of feed intake on particle distribution, passage of digesta, and extent of digestion in the gastrointestinal tract of cattle. *Journal of Animal Science*. 69: 3435–3445.
- Paul J.W. et B.J. Zebarth. 1997. Denitrification and nitrate leaching during the fall and winter following dairy cattle slurry application. *Canadian Journal of Soil Science*. 77: 231–240.
- Pennock D.J. et M.D. Corre. 2001. Development and application of landform segmentation procedures. *Soil & Tillage Research*. 58: 151–162.
- Petit H.V., R.J. Dewhurst, J.G. Proulx, M. Khalid, W. Haresign

- et H. Twagiramungu. 2001. Milk production, milk composition, and reproductive function of dairy cows fed different fats. *Canadian Journal of Animal Science*. 81: 263–271.
- Rochette P. et H.H. Janzen. 2005. Towards a revised coefficient for estimating N₂O from legumes. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 73: 171–179.
- Rochette P., D.E. Worth, R.L. Lemke, B.G. McConkey, D.J. Pennock, C. Wagner-Riddle et R.L. Desjardins. 2008. Estimation of N₂O emissions from agricultural soils in Canada. I. Development of a country-specific methodology. *Canadian Journal of Soil Science*. 88: 641–654.
- Rotz, C.A. 2004. Management to reduce nitrogen losses in animal production. *Journal of Animal Science*. 82(Suppl.): E119–E137.
- Safely L.M. Jr, M.F. Casada, J.W. Woodbury et K.F. Roos. 1992. Global Methane Emissions from Livestock and Poultry Manure. Research Report. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., États-Unis.
- Small J.A. et W.P. McCaughey. 1999. Beef cattle management in Manitoba. *Canadian Journal of Animal Science*. 79: 539–544.
- Statistique Canada. 1987. Recensement 1986, agriculture Canada, n° 96-102 au catalogue.
- Statistique Canada. 1992. Profil agricole du Canada, Recensement de l'agriculture de 1991, n° 93-350 au catalogue.
- Statistique Canada. 1997. Profil agricole du Canada, Recensement de l'agriculture de 1996, n° 93-356 au catalogue.
- Statistique Canada. 2002. Profil agricole du Canada, Recensement de l'agriculture de 2001, n° 95F0301XIF au catalogue.
- Statistique Canada. 2007. Certaines données chronologiques du Recensement de l'agriculture, n° 95-632 au catalogue.
- Statistique Canada. 2008. Espèces alternatives de bétail sur les fermes au Canada, années de recensement 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006, n° 23-502-X au catalogue.
- Wagner-Riddle C., A. Furon, N.L. McLaughlin, I. Lee, J. Barbeau, S. Jayasundara, G. Parkin, P. von Bertoldi et J. Warland. 2007. Intensive measurement of nitrous oxide emissions from a corn soybean wheat rotation under two contrasting management systems over 5 years. *Global Change. Biol.* 13: 1722-1736.
- Wagner-Riddle C. et G.W. Thurtel. 1998. Nitrous oxide emissions from agricultural fields during winter and spring thaw as affected by management practices. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 52: 151–163.
- Western Canadian Dairy Herd Improvement Services. 2002. 2002 Herd Improvement Report. Edmonton, Alberta, Canada. 16 pp.
- Weston R.H. 2002. Constraints on feed intake by grazing sheep. Dans : M. Freer et H. Dove (éd.) *Sheep Nutrition*. CSIRO Publishing. Collingwood, Australia.
- Yang J.Y., R. De Jong, C.F. Drury, E. Huffman, V. Kirkwood et X.M. Yang. 2007. Development of a Canadian agricultural nitrogen model (CANB v2.0): simulation of the nitrogen indicators and integrated modeling for policy scenarios. *Canadian Journal of Soil Science*. 87: 153–165.
- Zebarth B.J., B. Hii, H. Liebscher, K. Chipperfield, J.W. Paul, G. Grove et S.Y. Szeto. 1998. Agricultural land use practices and nitrate contamination in the Abbotsford aquifer, British Columbia, Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 69: 99–112.

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

Administration du rétablissement agricole. 2000. Paysages agricoles des prairies, Administration du rétablissement agricole, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Régina (Saskatchewan), Canada.

Anderson, H.G., et A.W. Bailey. 1980. Effects of annual burning on grassland in the aspen parkland of east-central Alberta, *Canadian Journal of Botany*, 58(8): 985–996.

Bai, Y., Z. Abouguendia et R.E. Redmann. 2001. Relationship between plant species diversity and grassland condition, *Journal of Range Management*, 54: 177–183.

Baron, V.S., E. Mapfumo, A.C. Dick, M.A. Naeth, E.K. Okine et D.S. Chanasyk. 2002. Grazing intensity impacts on pasture carbon and nitrogen flow, *Journal of Range Management*, 55(6): 535–541.

Bartelink, H.H. 1998. A model of dry matter partitioning in trees, *Tree Physiology*, 18(2): 91-101.

Biederbeck, V.O., C.A. Campbell et R.P. Zentner. 1984. Effect of crop rotation and fertilization on some biological properties of a loam in southwestern Saskatchewan, *Canadian Journal of Soil Science*, 64: 355–367.

Biondini, M.E., et L. Manske. 1996. Grazing frequency and ecosystem processes in a northern mixed prairie, USA, *Ecological Applications*, 6(1): 239–256.

Blain, D., E. Seed et M. Lindsay. 2007. Forest Land and Other Land Conversion to Wetlands (Reservoirs) Estimation and Reporting of CO₂ Emissions, rapport provisoire, Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

Bolinder, M.A. 2004. Contribution aux connaissances de la

- dynamique du C dans les systèmes sol-plante de l'Est du Canada, Ph.D. Thèse, Université Laval, Ste-Foy (Québec), Canada.
- Boudewyn P., M. Gillis, S. Magnussen, X. Song. 2007. Model-based, volume-to-biomass conversion MD A.I. for forested and vegetated land in Canada. *Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts. Rapport d'information – BC-X-411.*
- Bremer, E., H.H. Janzen et A.M. Johnston. 1994. Sensitivity of total, light fraction and mineralizable organic matter to management practices in a Lethbridge soil, *Canadian Journal of Soil Science*, 74: 131–138.
- Bruce, J.P., M. Frome, E. Haites, H. Janzen, R. Lal et K. Paustian. 1999. Carbon sequestration in soils, *Journal of Soil Water Conservation*, 54: 382–389.
- Butson, C., et R. Fraser. 2005. Mapping land cover change and terrestrial dynamics over northern Canada using multi-temporal Landsat imagery, dans : *Proceedings of MultiTemp 2005, The Third International Workshop on the Analysis of Multi-temporal Remote Sensing Images*, May 16–18, 2005, Biloxi, Mississippi, États-Unis, Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, R.P. Dyck, F. Selles et D. Curtin. 1995. Carbon sequestration in a Brown Chernozem as affected by tillage and rotation, *Canadian Journal of Soil Science*, 75: 449–458.
- Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, F. Selles et D. Curtin. 1996a. Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan, *Canadian Journal of Soil Science*, 76: 395–401.
- Campbell, C.A., B.G. McConkey, R.P. Zentner, F. Selles et D. Curtin. 1996b. Tillage and crop rotation effects on soil organic matter in a coarse-textured Typic Haploboroll in southwestern Saskatchewan, *Soil & Tillage Research*, 37: 3–14.
- Campbell, C.A., F. Selles, G.P. LaFond, B.G. McConkey et D. Hahn. 1998. Effect of crop management on C and N in long-term crop rotations after adopting no-tillage management: Comparison of soil sampling strategies, *Canadian Journal of Soil Science*, 78: 155–162.
- Campbell, C.A., H.H. Janzen, K. Paustian, E.G. Gregorich, L. Sherrod, B.C. Liang et R.P. Zentner. 2005. Carbon storage in soils of the North American Great Plains: Effect of cropping frequency, *Agronomy Journal*, 97: 349–363.
- Campbell, C.A., R.P. Zentner, B.C. Liang, G. Roloff, E.G. Gregorich et B. Blomert. 2000. Organic C accumulation in soil over 30 years in semiarid southwestern Saskatchewan—Effect of crop rotations and fertilizers, *Canadian Journal of Soil Science*, 80: 179–192.
- CanFI. 1991. Inventaire forestier national du Canada, version 1994. Voir Low *et al.* (1994).
- CanFI. 2001. Inventaire forestier national du Canada. Disponible en ligne : <http://scf.rncan.gc.ca/soussite/canfi/home>. Voir aussi Power *et al.* (2006).
- Carter, M.R., H.T. Kunelius, J.B. Sanderson, J. Kimpinski, H.W. Platt et M.A. Bolinder. 2003. Trends in productivity parameters and soil health under long-term two-year potato rotations, *Soil & Tillage Research (Special Issue)*, 72: 153–168.
- Chen, W., D. Blain, J. Li, R. Fraser, Y. Zhang, S. Leblanc, K. Keohler, C. Butson, I. Olthof, J. Oraziotti, G. Girouard, J. Wang, G. Pavlic, M. McGovern et E.D. Seed. 2005. Estimation of Greenhouse Gas Removals/Emissions due to Land Use Changes over Canada's North during 1985–1990 and 1990–2000, Summary Report, présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.
- Chen W., D. Blain, J. Li, R. Fraser, Y. Zhang, S. Leblanc, K. Keohler, I. Olthof, J. Wang et M. McGovern. 2009. Estimating carbon release caused by land use changes over Canada's north during 1985–1990 and 1990–2000 using satellite Earth observation. *Journal of Geophysical Research*, 114: G01017
- Cleary, J. 2003. Greenhouse Gas Emissions from Peat Extraction in Canada: A Life Cycle Perspective, mémoire de maîtrise, Université McGill, Montréal (Québec), Canada, rapport C2GCR n° 2003-1.
- Cofer, W.R., E.L. Winstead, B.J. Stocks, J.G. Goldammer et D.R. Cahoon, 1998. Crown fire emissions of CO₂, CO, H₂, CO₄, and TNMHC from a dense jack pine boreal forest fire. *Geophys. Res. Lett.* 25, 3919–3922.
- Conant, R.T., K. Paustian et E.T. Elliott. 2001. Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon, *Ecological Applications*, 11(2): 343–355.
- Duchemin, É. 2002. Canadian Reservoir Database / Répertoire des réservoirs canadiens (fichier informatique), Environnement Canada et DREXenvironment (distributeur).
- Duchemin, É. 2006. Émissions de gaz provoquant l'effet de serre à partir des terres inondées au Canada, rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.
- Ellert, B., and Bettany, J.R. 1995. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. *Canadian Journal of Soil Science*, 75: 529–538.
- Frank, A.B. 2002. Carbon dioxide fluxes over a grazed prairie and seeded pasture in the Northern Great Plains, *Environmental Pollution*, 116: 397–403.

- Fraser, R., I. Olthof, G. Girouard, G. Pavlic, A. Clouston, D. Pouliot et W. Chen. 2005. Remote Sensing Based Estimate of Land Use Change Area in Canada’s Arctic/Sub-Arctic, rapport final présenté à la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.
- GIEC. Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat. 2003. Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l’utilisation des terres, changements d’affectation des terres et foresterie, Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : http://www.ipcc-ng-gip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_languages.htm
- GIEC. Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat. 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Volume 4 - Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat. Disponible en ligne : <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.htm>
- Gonzalez-Perez, J.A., F.J. Gonzalez-Vila, G. Almendros et H. Knicker. 2004. The effect of fire on soil organic matter—a review, *Environment International*, 30(6): 855–870.
- 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.
- Janzen, H.H., C.A. Campbell, E.G. Gregorich et B.H. Ellert. 1997. Soil carbon dynamics in Canadian agroecosystems, dans : R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett et B.A. Stewart (dir.) *Soil Processes and Carbon Cycles*, CRC Press, Boca Raton, Florida, États-Unis, p. 57–80.
- Janzen, H.H., C.A. Campbell, R.C. Izaurralde, B.H. Ellert, N. Juma, W.B. McGill et R.P. Zentner. 1998. Management effects on soil C storage in the Canadian prairies, *Soil & Tillage Research*, 47: 181–195.
- Johnson, R.D., et E.S. Kasischke. 1998. Change vector analysis: a technique for the multispectral monitoring of land cover and condition, *International Journal of Remote Sensing*, 19: 411–426.
- Kasischke, E.S., et L.P. Bruhwiler. 2003. Emissions of carbon dioxide, carbon monoxide, and methane from boreal forest fires in 1998. *J. Geophys. Res. Atmos.* 108 (D1):8146.
- Kurz, W.A., M.J. Apps, T.M. Webb et P.J. McNamee. 1992. The Carbon Budget of the Canadian Forest Sector: Phase 1, Centre de foresterie du Nord, Forêts Canada, Edmonton (Alberta), Canada, rapport d’information NOR-X-326.
- Kurz, W.A., C.C. Dymond, G. Stinson, G.J. Rampley, E.T. Neilson, A.L. Carroll, T. Ebata et L. Safranyik. 2008a. Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. *Nature* 452:987–990.
- Kurz, W.A., G. Stinson, G.J. Rampley, C.C. Dymond et E.T. Neilson. 2008b Risk of natural disturbances makes future contribution of Canada’s forests to the global carbon cycle highly uncertain. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105:1551–1555.
- Kurz, W.A., C.C. Dymond, T.M. White, G. Stinson, C.H. Shaw, G.J. Rampley, C. Smyth, B.N. Simpson, E.T. Neilson, J.A. Trofymow, J. Metsaranta et 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.G., M.D. Gillis et M.A. Wulder. 2002. Deforestation estimation for Canada under the Kyoto Protocol: A design study, *Canadian Journal of Remote Sensing*, 28(5): 672–678.
- Leckie, D., D. Paradine, D. Hartman et S. Tinis. 2006. NIR 2006 Deforestation Area Estimation: Methods Summary. Rapport interne, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Victoria (Colombie-Britannique), Canada. 13 p.
- Li, Z., W.A. Kurz, M.J. Apps et S.J. Beukema. 2003. Below-ground biomass dynamics in the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector: recent improvements and implications for the estimation of NPP and NEP, *Canadian Journal of Forest Research*, 33: 126–136.
- Liang, B.C., E.G. Gregorich et A.F. MacKenzie. 1996. Modelling the effects of inorganic and organic amendments on organic matter in a Quebec soil, *Soil Science*, 161: 109–114.
- Liang, B.C., G. Padbury et G. Patterson. 2004. Cultivated organic soils in Canada. Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, édifice Fontaine, 200 Sacré-Coeur, Gatineau, Québec.
- Liebig, M.A., J.A. Morgan, J.D. Reeder, B.H. Ellert, H.T. Gollany et G.E. Schuman. 2005. Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agricultural practices in northwestern USA and western Canada, *Soil & Tillage Research*, 83(1): 25–52.
- Litton, C.M., M.G. Ryan, D.B. Tinker et D.H. Knight. 2003. Belowground and aboveground biomass in young postfire lodgepole pine forests of contrasting tree density, *Canadian Journal of Forest Research*, 33(2): 351–363.
- Lynch, D.H., R.D.H. Cohen, A. Fredeen, G. Patterson et R.C. Martin. 2005. Management of Canadian prairie region grazed grasslands: Soil C sequestration, livestock productivity and profitability, *Canadian Journal of Soil Science*,

85(2): 183–192.

Magnuson, J.L., D.M. Robertson, B.J. Benson, R.H. Wynne, D.M. Livingstone, T. Arai, T.A. Assel, R.G. Barry, V. Card, E. Kuusisto, N.G. Granin, T.D. Prowse, K.M. Stewart et V.S. Vu-glinski. 2000. Historical trends in lake and river ice cover in the northern hemisphere, *Science*, 289: 1743–1746.

Mailvaganam, S. 2002. 2001 Ontario Grape Vine Survey, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario. Disponible en ligne : <http://www.omafra.gov.on.ca/english/stats/hort/grapevine01/ogvs01.html>

Marshall, I.B., et P. Shut. 1999. Cadre écologique national pour le Canada - Aperçu, préparé par Environnement Canada et Agriculture et Agroalimentaire Canada. Disponible en ligne : <http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/ecostrat/intro.html>

McConkey, B., D. Angers, M. Bentham, M. Boehm, T. Brierley, D. Cerkowniak, B.C. Liang, P. Collas, H. de Gooijer, R. Desjardins, S. Gameda, B. Grant, T. Huffman, J. Hutchinson, L. Hill, P. Krug, T. Martin, G. Patterson, P. Rochette, W. Smith, B. VandenBygaart, X. Vergé et D. Worth. 2007a. CanAG-MARS Methodology and Greenhouse Gas Estimates for Agricultural Land in the LULUCF Sector for NIR 2006. Rapport présenté à la Division des gaz à effet de serre d'Environnement Canada par la Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada, avril.

McConkey, B.G., B.C. Liang, C.A. Campbell, D. Curtin, A. Moulin, S.A. Brandt et G.P. Lafond. 2003. Crop rotation and tillage impact on carbon sequestration in Canadian prairie soils, *Soil & Tillage Research*, 74: 81–90.

McConkey, B.G., B. VandenByGaart, J. Hutchinson, T. Huffman et T. Martin. 2007b. Martin 2007b. Uncertainty Analysis for Carbon Change—Cropland Remaining Cropland. Rapport présenté à Environnement Canada par la Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

McCrae, T., C.A.S. Smith et L.J. Gregorich. 2000. L'agriculture écologiquement durable au Canada : rapport sur le Projet des indicateurs agroenvironnementaux. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario), Canada, Publication 2022/F.

McGovern, M. 2008. Reporting Zones – GHG Spatial Reporting Structure for Canada, Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

McKenney, D. 2005. Modélisation du climat à l'échelle régionale, nationale et internationale, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Ottawa (Ontario), Canada. Disponible en ligne : <http://scf.rncan.gc.ca/sous-site/cfgl-climat>

Metsaranta, J., G. Stinson, G.J. Rampley, C. Smyth, E. Neilson

et W.A. Kurz. 2009. Uncertainty Estimates: National Forest GHG Inventory Reporting for the 2010 National Inventory Report Unpublished Manuscript.

Monreal, C.M., R.P. Zentner et J.A. Robertson. 1997. An analysis of soil organic matter dynamics in relation to management, erosion and yield of wheat in long-term crop rotation plots, *Canadian Journal of Soil Science*, 77: 553–563.

Nendel, C., et K.C. Kersebaum. 2004. A simple model approach to simulate nitrogen dynamics in vineyard soils, *Ecological Modelling*, 177: 1–5.

Olthof, I., C. Butson et R. Fraser. 2005. Signature extension through space for northern landcover classification: a comparison of radiometric correction methods, *Remote Sensing of Environment*, 95: 290–302.

Paradine, D., D. Leckie et S. Tinis. 2004. Deforestation Interpretation Guide KP 3.7 V1.0, document interne, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Victoria (Colombie-Britannique), Canada.

Parton, W.J., D.S. Schimel, C.V. Cole et D.S. Ojima. 1987. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands, *Soil Science Society of America Journal*, 51: 1173–1179.

Parton, W.J., J.W.B. Stewart et C.V. Cole. 1988. Dynamics of C, N, P and S in grassland soils: a model, *Biogeochemistry*, 5: 109–131.

Paul, K.I., P.J. Polglase, J.G. Nyakuengama et P.K. Khanna. 2002. Change in soil carbon following afforestation, *Forest Ecology and Management*, 168(1–3): 241–257.

Pennock, D.J., et A.H. Frick. 2001. The role of field studies in landscape-scale applications of process models: an example of soil redistribution and soil organic carbon modeling using CENTURY, *Soil & Tillage Research*, 58(3/4): 183–191.

RNCAN. Ressources naturelles Canada. 1974. Lacs-Glace de mer [carte], 1:35,000,000, dans : Atlas national du Canada, 4e édition. Disponible en ligne : http://atlas.rncan.gc.ca/site/francais/maps/archives/4thedition/environment/water/013_14/archivemap_view?w=2&h=2&l=2&r=0&c=0

RNCAN. Ressources naturelles Canada. 2008. Calcul préliminaire de la production minérale du Canada, par province, 2007. Disponible en ligne : <http://mmsd.mms.rncan.gc.ca/stat-stat/prod-prod/2007p-fra.aspx>

SCF. Service canadien des forêts. 2006a. Deforestation Monitoring Pilot Project Reports, rapport interne, Centre de foresterie du Pacifique, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Victoria (Colombie-Britannique), Canada.

SCF. Service canadien des forêts. 2006b. NIR 2006 Deforestation Area Estimation: Records of Decision, rapport

- interne, Centre de foresterie du Pacifique, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Victoria (Colombie-Britannique), Canada.
- Schuman, G.E., H.H. Janzen et J.E. Herrick. 2002. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands, *Environmental Pollution*, 116: 391–396.
- Smith, W.N., R.L. Desjardins et B. Grant. 2001. Estimated changes in soil carbon associated with agricultural practices in Canada, *Canadian Journal of Soil Science*, 81: 221–227.
- Smith, W.N., R.L. Desjardins et E. Pattey. 2000. The net flux of carbon from agricultural soils in Canada 1970–2010, *Global Change Biology*, 6(5): 558–568.
- Smith, W.N., P. Rochette, C. Monreal, R.L. Desjardins, E. Pattey et A. Jaques. 1997. The rate of carbon change in agricultural soils in Canada at the landscape level, *Canadian Journal of Soil Science*, 77: 219–229.
- Smoliak, S. 1965. Effects of manure, straw and inorganic fertilizers on Northern Great Plains ranges, *Journal of Range Management*, 18: 11–14.
- Statistique Canada. 1997. Éconnexions : pour lier l'environnement et l'économie : indicateurs et statistiques détaillées 1997, Division des comptes nationaux et de l'environnement, Statistique Canada, Ottawa (Ontario), Canada, n° 16-200-XKF.
- Stinson, G., T. White, W.A. Kurz et C. Dymond. 2006b. Delineating Canada's Managed Forest for NIR 2007, rapport interne, Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), Canada.
- Stinson, G., G. Zhang, G. Rampley, C. Dymond, T. White et W.A. Kurz. 2006a. Forest Inventory Rollback Tool for CBM-CFS3, rapport interne, Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), Canada.
- Tarnocai, C. 1997. The amount of organic carbon in various soil orders and ecological provinces in Canada, dans : R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett et B.A. Stewart (dir.) *Soil Processes and the Carbon Cycle*, CRC Press, Boca Raton, Floride, États-Unis, p. 81–92.
- VandenBygaart, A.J., E.G. Gregorich et D.A. Angers. 2003. Influence of agricultural management on soil organic carbon: A compendium and assessment of Canadian studies, *Canadian Journal of Soil Science*, 83: 363–380.
- VandenBygaart, B.G. McConkey, D.A. Angers, W. Smith, H. De Gooijer, M. Bentham et T. Martin. 2008. Soil carbon change factors for the Canadian agriculture national greenhouse gas inventory, *Canadian Journal of Soil Science*, 88: 671–680.
- Voroney, R.P. et D.A. Angers. 1995. Analysis of the short-term effects of management on soil organic matter using the CENTURY model, dans : R. Lal, J. Kimble, E. Levine et B.A. Stewart (dir.) *Soil Management and the Greenhouse Effect*, Springer-Verlag, New York, N.Y., États-Unis, p. 113–120.
- Waddington, J.M. et P. McNeil. 2002. Peat oxidation in an abandoned cutover peatland, *Canadian Journal of Soil Science*, 82: 279–286.
- White, T. et W.A. Kurz. 2005. Afforestation on private land in Canada from 1990 to 2002 estimated from historical records, *The Forestry Chronicle*, 81(4): 491–497.
- White, T., N. Luckai, G.R. Larocque, W.A. Kurz et C. Smyth. 2008. A practical approach for assessing the sensitivity of the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector (CBM-CFS3). *Ecological Modelling*, 219(3–4):373–382.
- Wulder, M., M. Cranny, J. Dechka et J. White. 2004. An Illustrated Methodology for Land Cover Mapping of Forests with Landsat-7 ETM+ Data: Methods in Support of EOSD Land Cover, Version 3, Centre de foresterie du Pacifique, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Victoria (Colombie-Britannique), Canada. Mars. 35 p.
- Xiao, C.W. et R. Ceulemans. 2004. Allometric relationships for below- and aboveground biomass of young Scots pines, *Forest Ecology and Management*, 203(1–3): 177–186.

A3.5 Déchets

- American Public Works Association. 1964. Characteristics of municipal refuse. Dans : *Proceedings of the National Conference on Solid Waste Research*. Février 1964.
- Anon. 1967a. World survey finds less organic matter. *Refuse Removal Journal* 10: 26. Septembre.
- Anon. 1967b. Can garbage become a national asset? *Compost Science*. 8(1): 3.
- CRC Press. 1973. *National Waste Composition (1967)*, Table 1.1-9: Summary of International Refuse Composition of the Handbook of Environmental Control, Volume II : Solid Waste; Table 1.1-10: Composition of Household Garbage and Table 1.1-28: Composition and Analysis of Average Municipal Refuse.
- Environnement Canada. 1983–1999. Base de données sur l'utilisation de l'eau par les municipalités. Disponible en ligne : http://www.ec.gc.ca/water/fr/manage/use/f_data.htm.
- Environnement Canada. 1986, 1991, 1996a. L'utilisation de l'eau dans l'industrie canadienne, préparé par D. Scharf *et al.*, Direction de l'économie environnementale, Environnement Canada.

- Environnement Canada. 1994a. Options for Managing Emissions from Solid Waste Landfills, préparé par Hickling pour Environnement Canada en collaboration avec Emcon Associates.
- Environment Canada. 1994b. Study of Greenhouse Gas Emissions From Non-Fossil Fuel Sources. Prepared by Senes Consultants for Environment Canada, May 1994.
- Environnement Canada. 1995a. Estimation des effets de diverses stratégies de gestion des déchets urbains sur les émissions de gaz à effet de serre : rapport sommaire, rapport SPE 2/AP/1.
- Environnement Canada. 1995b. Le Programme d'analyse, d'échantillonnage, d'essais et d'évaluation des déchets (programme WASTE) : effet des caractéristiques du flux de déchets sur l'incinération des déchets solides urbains : devenir et comportement des métaux traces, vol. I, rapport SPE 3/HA/10.
- Environnement Canada. 1996b. Perspectives sur la gestion des déchets solides au Canada, vol. 1. Évaluation des aspects physiques, économiques et énergétiques de la gestion des déchets solides au Canada. Vol. I. Préparé par Resource Integration Systems Ltd. Mars.
- Environnement Canada. 1997. Sondage téléphonique mené par Environnement Canada.
- Environnement Canada. 1999. Municipal Solid Waste Incineration in Canada: An Update on Operations 1997–1998. Préparé pour Environnement Canada et le Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétique par Compass Environmental Inc.
- Environnement Canada. 2003a. Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada, Bureau national de la prévention de la pollution, Environnement Canada.
- Environnement Canada. 2003b. Municipal Solid Waste Incineration in Canada : An Update on Operations 1999–2001, préparé pour Environnement Canada par A.J. Chandler & Associates Ltd. en collaboration avec Compass Environmental Inc.
- Environnement Canada. 2007. An Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada 2005, rapport non publié préparé par la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada avec le soutien de l'Université du Manitoba.
- Environnement Canada. 2009. An Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada 2006 et 2007, rapport non publié préparé par la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada
- Environment Canada, 1941-2007, Données historiques sur les précipitations : http://climate.weatheroffice.gc.ca/climateData/canada_f.html?&.
- EPA. United States Environmental Protection Agency. 1995. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Vol. I—Stationary Point and Area Sources. AP 42, 5^e édition. Chapitre 2, Solid Waste Disposal. U.S Environmental Protection Agency. Disponible en ligne : <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch02>
- GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux. Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html.
- GIEC/OCDE/AIE. 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>.
- Jensen, E.F., et R. Pipatti. 2003. Émissions de CH₄ provenant des sites de décharge de déchets solides, février. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/5_Waste_FR.pdf
- Levelton, B.H. 1991. Inventory of Methane Emissions from Landfills in Canada, rapport non publié préparé pour Environnement Canada par Levelton & Associates.
- Maurice, C., et A. Lagerkvist. 2003. LFG emission measurements in cold climatic conditions: seasonal variations and methane emissions mitigation. Cold Regions Science and Technology, 36: 37–46.
- Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 1991. Residential waste composition study : Volume 1 of the Ontario Waste Composition Study, prepare par Gore and Storrie Limited., Decima Research Limited pour le ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto. Janvier 1991.
- MWA Consultants Paprican. 1998. Increased Use of Wood Residue for Energy: Potential Barriers to Implementation, ébauche finale, préparée pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers (document interne confidentiel).
- NCASI. National Council for Air and Stream Improvement. 2003. Calculation Tools for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Wood Products Manufacturing Facilities, National Council for Air and Stream Improvement, Inc.
- ORTECH Corporation. 1994. Inventory Methods Manual for Estimating Canadian Emissions of Greenhouse Gases, rapport non publié préparé pour la Direction générale des affaires réglementaires et de l'intégration des programmes, Conservation et protection, Environnement Canada, rap-

port no 93-T61-P7013-FG.

Peavy, H.S., D.R. Rowe et G. Tchobanoglous. 1985. *Environmental Engineering*, McGraw Hill Book Company, New York, N.Y., États-Unis.

Rich, L.G. 2005. Technical Note Number 8, *Facultative Lagoons: A Different Technology*, Clemson University, Clemson, South Carolina, États-Unis Disponible en ligne : <http://www.lagoononline.com/technote8.htm>

RNCan. Ressources naturelles Canada. 1997. *National Wood Residue Data Base*, Ressources naturelles Canada (imprimé de J. Roberts).

RNCan. Ressources naturelles Canada. 1999. *Canada's Wood Residues: A Profile of Current Surplus and Regional Concentrations*, préparé pour la Table du secteur forestier du Processus national sur les changements climatiques du Canada par la Direction de l'industrie, de l'économie et des programmes, Service canadien des forêts, Ressources naturelles du Canada. Mars.

RNCan. Ressources naturelles Canada. 2005. *Estimation de la production, de la consommation et des surplus de résidus de bois d'usines au Canada en 2004*, rapport national préparé pour Ressources naturelles Canada par l'Association des produits forestiers du Canada.

RNCan. Ressources naturelles Canada. 2006. *Analyse des possibilités de récupération des ressources au Canada et prévision des retombées sur les émissions de gaz à effet de serre*, Ressources naturelles Canada. Mars 2006.

RTI (2004) *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 la comptabilité nationale*, Statistique Canada. n°16F0023XIF au catalogue.

Statistique Canada. 2006b. *Statistiques démographiques annuelles*. N° 91-213-XIB au catalogue.

Statistique Canada. 2009a. *Estimations démographiques annuelles : Canada, provinces et territoires*. 29 septembre 2008. N° 91-215-X au catalogue.

Statistique Canada. 2007b, 2008b, 2009b. *Statistiques sur les aliments*. N° 21-020-X au catalogue.

Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil S. 1993. *Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues*. New York (NY): McGraw Hill.

Thompson, S., et S. Tanapat. 2005. *Waste management options for greenhouse gas reduction*, *Journal of Environmen-*

tal Informatics, 6(1): 16–24.

Thompson, S., J. Sawyer, R.K. Bonam et S. Smith. 2006. *Recommendations for Improving the Canadian Methane Generation Model for Landfills*, Natural Resources Institute. Université du Manitoba, Winnipeg (Manitoba). Canada.

Toprak H. 1993. *Methane emissions originating from the anaerobic waste stabilization ponds case study: Izmir Wastewater Treatment System*. *Chemosphere*. 26(1–4): 633–639.

Annexe 4, Comparaison entre la méthode sectorielle et la méthode de référence

[CIEEDAC] Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie (2003). *A Review of Energy Consumption in Canadian Oil Sands Operations, Heavy Oil Upgrading, 1990, 1994 to 2001*, Canadian Industrial Energy End-Use Data and Analysis Centre, Université Simon Fraser, Burnaby (Colombie-Britannique).

[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*, Canadian Industrial Energy End-Use Data and Analysis Centre, Université Simon Fraser, Burnaby (Colombie_Britannique).

[EPA] United States Environmental Protection Agency (1996). *Compilation of Air Pollutant Emission Factors - Vol.I: Stationary Point and Area Sources, AP 42. 5th Edition, Supplement B*, Environmental Protection Agency, Washington, DC.

[GIEC/OCDE/AIE] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Organisation de coopération et de développements économiques et Agence internationale de l'énergie (1997). *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*, version révisée 1996. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/french.html>

Jaques, A.P. (1992). *Estimation des émissions de gaz provoquant l'effet de serre au Canada en 1990*, Protection de l'environnement, Conservation et protection, Environnement Canada, rapport SPE 5/AP/4.

McCann, T.J. (2000). *1998 Fossil Fuel and Derivative Factors*, rapport préparé pour Environnement Canada par T.J. McCann and Associates Ltd.

Statistique Canada. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* (rapport annuel), n° 57-003-XIB au catalogue..

Annexe 5 Évaluation de l'exhaustivité de l'inventaire

GIEC. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*, Programme du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html>.

GIEC/OCDE/AIE. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Organisation de coopération et de développement économiques et Agence internationale de l'énergie. 1997. *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Version révisée 1996*. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/french.htm>.

Statistique Canada. 2000, 2003, 2004, 2007, 2008, Enquête sur l'industrie de la gestion des déchets : secteur des entreprises et des administrations publiques. Système de comptabilité nationale. Statistique Canada. No 16F0023X-IE.

Matériel supplémentaire

GIEC. 2003. Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie, Programme du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.html>

Annexe 6, Assurance et contrôle de la qualité

[GIEC] Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat, 2000, *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*, Programme du GIEC sur les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne à http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html

[GIEC] Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat, 2006, *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Programme du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne à <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html>

Annexe 7, Degré d'incertitude

Environnement Canada. 2009. Inventaire national des gaz à effet de serre, 1990-2007, Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

[GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html.

McCann T. J. 1994. Uncertainties in Canada's 1990 Greenhouse Gas Emission Estimates: A Quantitative Assessment. Rapport inédit préparé par T. J. McCann and Associates pour la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada.

Annexe 8, Coefficients d'émission

ACPP. Association canadienne des producteurs pétroliers. 1999. CH₄ and VOC Emissions from the Canadian Upstream Oil and Gas Industry, volumes 1 et 2, préparés pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers par Clearstone Engineering, Calgary (Alberta), Canada, n° 1999-0010.

AMEC Earth & Environmental. 2006. Identifying and Updating Industrial Process Activity Data in the Minerals Sector for the Canadian Greenhouse Gas Inventory. AMEC Earth & Environmental. Mars.

Association canadienne du ciment. 2008. Rapport 2008 sur la durabilité de l'industrie du ciment au Canada. Association canadienne du ciment, Ottawa (Ontario).

Barton, P. et J. Simpson. 1994. The effects of aged Catalysts and cold ambient temperatures on Nitrous Oxide Emissions. Division des émissions de sources mobiles (DESM), Environnement Canada, n° 94-21.

BioMer. Démonstration et évaluation du biodiésel pour les bateaux de croisière du Vieux-Port de Montréal et du lieu historique national du Canal-de-Lachine : rapport de fin de projet, Québec, BioMer, 2005. Rapport final.

Cheminfo Services. 2005. Improvements to Canada's Greenhouse Gas Emissions Inventory Related to Non-Energy Use of Hydrocarbon Products, Markham (Ontario) : Cheminfo Services Inc.

Cheminfo Services. 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. Septembre.

CIEEDAC. Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie. 2003. A Review of Energy Consumption in Canadian Oil Sands Operations, Heavy Oil Upgrading 1990, 1994 to 2001, Université Simon Fraser, Burnaby (Colombie-Britannique). Mars.

CIEEDAC. Centre canadien de données et d'analyse de la consommation finale d'énergie dans l'industrie. 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. 2006. *A Review of Energy Consumption in Canadian Oil Refineries 1990, 1994 to 2006*, Université Simon Fraser, Burnaby (Colombie-Britannique). Octobre

EPA. Environmental Protection Agency des États-Unis 1996. *Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Vol. 1, Stationary Point and Area Sources, AP-42. 5^e édition*, Washington, D.C. Janvier.

Gallant. 2006. Nitrous oxide and methane emission factors review for on-road vehicles. Rapport interne 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*, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Programme relatif aux inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Disponible en ligne : http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/gpgaum_fr.html.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, Version révisée*, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

GIEC/OCDE/AIE. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Organisation de coopération et de développement économiques 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>.

IAI. International Aluminum Institute. 2006. *The Aluminum Sector Greenhouse Gas Protocol (Addendum to the WRI/WBCSD Greenhouse Gas Protocol)*. International Aluminum Institute. Octobre.

ICF Consulting. 2004. *Update of Methane and Nitrous Oxide Coefficients d'émission for On-Highway Vehicles*. Préparé pour l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis par ICF Consulting (420-P-04-16).

Jaques, A. 1992. *Estimation des émissions de gaz provoquant l'effet de serre au Canada en 1990*, Protection de l'environnement, Conservation et protection, Environnement Canada, décembre, rapport n° EPS 5/AP/4.

McCann, T.J. 2000. *1998 Fossil Fuel and Derivative Factors*, rapport préparé pour Environnement Canada par T.J. McCann and Associates Ltd. Mars.

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, n° 93-T61-P7013-FG.

SGA Energy. 2000. *Emission factors and Uncertainties for CH₄ & N₂O from Fuel Combustion*, rapport non publié préparé pour la Division des gaz à effet de serre, Environnement Canada, par SGA Energy Limited. Août.

World Business Council for Sustainable Development. *CO₂ Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry. Version 2.0*. Suisse. Juin 2005.

Annexe 9, Coefficients d'émission

ICF Consulting. 2004. *Quantitative Assessment of Uncertainty in Canada's National GHG Inventory Estimates for 2001*. Rapport non publié. Contract n° K-2362-3-0060. Préparé pour Environnement Canada.

ICF Consulting 2005. *Quantitative Assessment of Uncertainty in Canada's National GHG Inventory Estimates for 2001—Analyse complémentaire*. Rapport non publié Contract n° K-2362-04-0121. Préparé pour Environnement Canada.

GIEC. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2001. *Bilan 2001 des changements climatiques Contribution du Groupe de travail n° 1 au troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.

GIEC/OCDE/AIE. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Organisation de coopération et de développement économique et Agence internationale de l'énergie. 1997. *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – version révisée 1996*. Disponible en ligne : <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/french.html>

Annexe 10, Ozone et précurseurs d'aérosols

CCNUCC. Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. 2006. *Directives FCCC actualisées pour la notification des inventaires annuels suite à l'incorporation des dispositions de la décision 14/CP.11, 18 août 2006*. FCCC/SBSTA/2006/9. Disponible en ligne : <http://unfccc.int/resource/docs/2006/sbsta/fre/09f.pdf>

