Environnement Canada Environment Canada

Premier inventaire de carbone noir du Canada

2013

Canada

No de cat. : En14-217/2015F-PDF

ISBN: 978-0-660-23264-5

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

Environnement Canada
Informathèque
10, rue Wellington, 23e étage
Gatineau (Québec) K1A 0H3
Téléphone : 819-997-2800
Ligne sans frais : 1-800-668-6767 (au Canada seulement)
Télécopieur : 819-994-1412
ATS : 819-994-0736
Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca

Photos : © thinkstockphotos.ca – 2014

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

Also available in English

Premier inventaire de carbone noir du Canada

Environnement Canada
Division des inventaires et rapports sur les polluants
[Février 2015]

Remerciements

La Division des inventaires et rapports sur les polluants (DIRP) d'Environnement Canada (EC) remercie les nombreuses personnes et organisations qui ont participé à la préparation du *Premier inventaire de carbone noir du Canada* pour la soumission sous la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (CPATLD) de la Commission Économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU). La Division tient à souligner les contributions des compilateurs d'inventaire, des auteurs et/ou des réviseurs qui ont contribué au développement du rapport d'inventaire de carbone noir et des estimations:

Luc Allard, Susan Charles, Jason Hawirko, Francois Lavallée, John Moritz, David Niemi, Steve Smyth, Valeria Sula, Brett Taylor, Kristine Tracey et Emily West.

La compilation et la coordination des tableaux sommaires d'émissions pour la soumission à la CEE-ONU ont été dirigées par John Moritz.

La coordination générale du Rapport d'inventaire de carbone noir a été présidée par Emily West et Mona Jennings. La compilation et la mise en page du rapport ont été effectuées par Mona Jennings. La révision a été assurée par Len Goldberg et le Bureau de la traduction des Travaux publiques et services gouvernementaux Canada a réalisé la traduction du rapport. Merci à Ian Hickey pour les commentaires sur le rapport et David Maher pour l'actualisation du page Web.

Parmi les nombreuses personnes et organisations qui nous ont apporté leur aide et fourni des renseignements, nous sommes particulièrement redevables aux nombreux membres des diverses industries, associations industrielles ainsi qu'aux cabinets d'ingénieurs conseils, ministères provinciaux et universités qui nous ont offert une aide précieuse dans le domaine de la technologie et des sciences..

Commentaires des lecteurs

Si vous avez des commentaires à formuler au sujet de ce rapport, veuillez les faire parvenir au :

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

Courriel : apei-iepa@ec.gc.ca

Acronymes, abréviations et unités

AEE	Agence européenne pour l'environnement
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CEE-ONU	Commission économique des Nations Unies pour l'Europe
CN	Carbone noir
CO	Carbone organique
CO_2 eq	Équivalent en dioxyde de carbone
GTCNM	Groupe de travail sur le carbone noir et le méthane
IEPA	Inventaire sur les émissions de polluants atmosphériques
INRP	Inventaire national des rejets de polluants
kt	Kilotonne
MOVES	Motor Vehicle Emission Simulator
PM	Matière particule
$PM_{2,5}$	Particules d'un diamètre inférieur ou égal à 2,5 microns
NFR	Nomenclature de formalisation des résultats
PCDV	Polluants climatiques de courte durée de vie
PCSE	Programme concerté de surveillance et d'évaluation en Europe
U.S. EPA	Environmental Protection Agency des États-Unis
VLMD	Véhicule lourd à moteur diesel

Table des matières

Remerciements 4
Acronymes, abréviations et unités 5
Sommaire 7
Chapitre 1 Introduction 9
Chapitre 2 Estimations initiales des émissions de carbone noir au Canada en 2013 9
2.1 Sources industrielles 11
2.2 Sources non industrielles 12
2.3 Sources mobiles 13
2.4 Exhaustivité 14
2.4.1. Sources industrielles 14
2.4.2. Sources non industrielles 14
2.4.3. Autres sources qui ne sont pas incluses dans l'IEPA 14
2.5 Sources d'incertitude 14
2.6 Comparaisons avec d'autres inventaires 15
Chapitre 3 Présentation du rapport de la CEE-ONU sur le carbone noir 15
Chapitre 4 Considérations relatives aux futures versions de cet inventaire 15
Annexe A : Description des secteurs 17
Annexe B : Protocole d'arrondissement 17
Références 18

Sommaire

Le carbone noir (CN) est à la fois un polluant climatique de courte durée de vie (PCDV) et un polluant atmosphérique ayant des effets nocifs sur la santé. Les émissions de carbone noir sont désormais au centre des préoccupations des responsables des politiques en raison de leurs effets sur le réchauffement de l'atmosphère à court terme et sur la santé humaine. La réduction des émissions de carbone noir revêt un intérêt particulier dans les régions polaires, comme l'Arctique, qui sont particulièrement sensibles aux effets du carbone noir.

Pendant la présidence canadienne du Conseil de l'Arctique (2013-2015), le groupe de travail du Conseil de l'Arctique sur les mesures pour lutter contre les émissions de carbone noir et de méthane (GTCNM) a fait la promotion de mesures visant à réduire davantage les émissions de carbone noir et de méthane dans l'Arctique. Dans le cadre du suivi, tous les pays participants devront présenter volontairement leur inventaire d'émissions nationales de carbone noir. Les ministres de l'Environnement de l'Arctique ont également convenu de présenter l'inventaire de carbone noir de leur pays respectif à la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEEONU), d'ici février 2015.

Le présent rapport présente les résultats des travaux initiaux du Canada visant à élaborer un inventaire des émissions de carbone noir. Les émissions figurant dans ce premier inventaire sont regroupées en fonction des sources suivantes :

- Sources mobiles
- Sources non industrielles
- Sources industrielles

En 2013, environ 45 000 tonnes (45 kilotonnes [kt]) de carbone noir ont été émises au Canada (tableau S-1). Les sources mobiles constituent de loin la source la plus importante de carbone noir au Canada, représentant un peu plus de 65 % (29 kt) du total des émissions en 2013. Le transport hors route, principalement les moteurs diesel, représente 33 % (15 kt) du total des émissions. L'autre source mobile importante est liée au transport sur route, là encore, principalement les moteurs diesel, qui représente 20 % (9 kt) du total des émissions.

Les sources non industrielles (combustion de bois dans le secteur résidentiel) sont la deuxième source d'émissions de carbone noir en importance au Canada, représentant des émissions de 12 kt, soit un peu plus de 26 % du total des émissions. Le bois est un combustible abondant au Canada; on estime que 14 millions de tonnes de bois sont brûlées annuellement dans les foyers canadiens. Des renseignements supplémentaires sur les méthodes d'estimation figurent à la section 2.2.

Dans le secteur industriel, les émissions de carbone noir représentent 9 % du total des émissions. Dans ce secteur, le secteur amont de l'industrie pétrolière, qui représente 8 % du total des émissions, constitue une source importante. Les moteurs diesel stationnaires comptent pour plus de la moitié de ces émissions. Les méthodes d'estimation sont décrites à la section 2.1.

On estime que les sources figurant dans l'inventaire initial comptent pour au moins 90 % des émissions de carbone noir d'origine anthropique. Les travaux en cours permettront d'accroître l'exhaustivité et la précision de l'inventaire en quantifiant les émissions industrielles et non industrielles ne figurant pas dans l'inventaire à l'heure actuelle et en raffinant la base de données et les techniques d'estimation.

Tableau S–1 Émissions de carbone noir au Canada par secteur (2013)

Secteur	**Carbone noir** (tonnes)	**Pourcentage** du total
Sources industrielles	**4 100**	**9%**
Total des alumineries, de l'industrie du ciment et du béton, des fonderies, de l'exploitation de mines et de carrières et de l'industrie des pâtes et papiers	500-600 (550)	1%
Alumineries		< 1 %
Industrie du ciment et du béton		< 1 %
Fonderies		< 1 %
Exploitation de mines et de carrières		< 1 %
Industrie des pâtes et papiers		< 1 %
Industrie pétrolière en amont	3 600	8%
Sources fixes – Combustion de diesel	1 900	4%
Sources fixes – Combustion de gaz naturel	770	2%
Torchage	930	2%
Sources non industrielles	**12 000**	**26%**
Combustion de bois – secteur résidentiel	12 000	26%
Poêles à bois	4 100	9%
Chaudières	4 200	9%
Foyers	3 400	7%
Sources mobiles	**29 000**	**65%**
Transport aérien	690	2%
Transport sur route	9 200	20%
Essence	1 000	2%
Diesel	8 200	18%
Transport hors route	16 000	35%
Essence et gaz naturel	700	2%
Diesel	15 000	33%
Transport maritime	1 600	4%
Transport ferroviaire	2 200	5%
TOTAL	**45 000**	**100%**

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

1 Introduction

Le carbone noir est à la fois un polluant climatique de courte durée de vie (PCDV) et un polluant atmosphérique ayant des effets nocifs sur la santé. Les émissions de carbone noir sont désormais au centre des préoccupations des responsables des politiques en raison de leurs effets sur le réchauffement de l'atmosphère à court terme et sur la santé humaine. La réduction des émissions de carbone noir revêt un intérêt particulier dans les régions polaires, comme l'Arctique, qui sont particulièrement sensibles aux effets du carbone noir, car les dépôts de carbone noir sur la neige et la glace accentuent le réchauffement, accélérant ainsi la fonte.

Le Conseil de l'Arctique a été l'un des premiers forums à reconnaître l'importance de prendre des mesures visant à s'attaquer aux PCDV, comme le carbone noir, le méthane et l'ozone troposphérique. Pendant la présidence canadienne (2013-2015), le groupe de travail du Conseil de l'Arctique sur les mesures pour lutter contre les émissions de carbone noir et de méthane (GTCNM) a fait la promotion de mesures visant à réduire davantage les émissions de carbone noir et de méthane dans l'Arctique. Dans le cadre du suivi, tous les pays participants devront présenter volontairement leur inventaire d'émissions nationales de carbone noir. En 2013, les ministres de l'Environnement de l'Arctique ont également convenu de présenter l'inventaire de carbone noir de leur pays respectif à la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEEONU), d'ici février 2015.

Le présent document décrit le premier inventaire canadien d'émissions de carbone noir anthropiques. Quoique les principaux secteurs émetteurs de carbone noir figurent dans l'inventaire, comme on estime que 10 % du total des émissions n'est pas comptabilisé (section 2.4), on dit parfois que cet inventaire est « partiel ».

Renseignements généraux sur l'évaluation quantitative des émissions de carbone noir

Le carbone noir est un aérosol (particules en suspension dans l'air) émis au cours du processus de combustion sous forme de matière particulaire très fine ($PM_{2,5}$). Le carbone noir n'est pas émis seul, il fait partie de la $PM_{2,5}$ avec d'autres composants, comme le carbone organique (CO) et des composés inorganiques, comme les sulfates.

Le présent inventaire repose sur deux hypothèses importantes : le carbone noir est une fraction de la matière particulaire (PM) dont le diamètre des particules est égal ou inférieur à 2,5 microns, c.-à-d., $PM_{2,5}$; et les émissions de $PM_{2,5}$ découlant de la combustion contiennent d'importantes quantités de carbone noir. Par conséquent, la base de l'inventaire de carbone noir est la $PM_{2,5}$ émise au cours du processus de combustion, multipliée par les rapports de carbone noir propres à chaque type de source.

Pour ce premier inventaire, on a accordé la priorité aux sources connues représentant des quantités importantes d'émissions de carbone noir à l'échelle nationale : sources industrielles, sources non industrielles (combustion de bois de chauffage domestique) et sources mobiles (transport sur route, hors route, ferroviaire, aérien et maritime). On a identifié ces sources en fonction des estimations préliminaires réalisées en 2009, des émissions de $PM_{2,5}$ découlant de la combustion pour l'année 2012, axées sur l'équipement émettant de grandes quantités de carbone noir, comme les moteurs et l'équipement de combustion de bois de chauffage, et de l'examen des renseignements disponibles sur les fractions de carbone élémentaire des $PM_{2,5}$. On croit que d'autres sources ou secteurs, principalement d'autres industries et la production d'énergie, contribuent également aux émissions nationales, mais les estimations n'ont pas encore été réalisées. L'ensemble de données permettant de recenser les différents composants des $PM_{2,5}$ émise par une source précise (p. ex. les émissions de moteurs diesel), y compris le carbone noir et le carbone organique, est communément appelé le profil de spéciation. La plupart des profils de spéciation contiennent une fraction de carbone élémentaire; cette fraction est habituellement utilisée comme valeur de substitution permettant de quantifier les émissions de carbone noir. Le présent inventaire repose principalement sur la base de données de spéciation de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (U.S. EPA) (U.S. EPA 2014) pour le calcul des émissions de carbone noir à partir d'émissions de $PM_{2,5}$ découlant de la combustion.

Les estimations figurant dans le présent inventaire des émissions de carbone noir reposent sur la meilleure information disponible au moment de la rédaction du rapport. Les estimations des émissions de $PM_{2,5}$ découlent de l'Inventaire sur les émissions de polluants atmosphériques (IEPA) de 2015. Veuillez consulter le rapport sur l'IEPA pour connaître les méthodes d'estimation des émissions de $PM_{2,5}$; le présent document décrit la manière dont les émissions de carbone noir ont été estimées à partir des émissions de $PM_{2,5}$.

2 Estimations initiales des émissions de carbone noir au Canada en 2013

Selon l'inventaire initial du Canada, environ 45 000 tonnes (45 kt) de carbone noir ont été émises au Canada, en 2013 (Tableau 1). Les émissions sont regroupées en fonction des sources suivantes :

- Sources industrielles
- Sources non industrielles
- Sources mobiles

Dans le secteur industriel, les émissions de carbone noir représentent 9 % du total des émissions. Dans ce secteur, le secteur amont de l'industrie pétrolière, qui représente 8 % du total des émissions, constitue une source importante; les moteurs diesel stationnaires de cette industrie comptent pour plus de la moitié des émissions. Les méthodes d'estimation sont décrites à la section 2.1.

Les sources non industrielles (combustion de bois dans le secteur résidentiel) sont la deuxième source d'émissions de carbone noir en importance au Canada, représentant des émissions de 12 kt, soit un peu plus de 26 % du total des émissions. Le bois est un combustible abondant au Canada; on estime que 14 millions de tonnes de bois sont brûlées annuellement dans les foyers canadiens. Des renseignements supplémentaires sur les méthodes d'estimation figurent à la section 2.2.

Les sources mobiles constituent de loin la source la plus importante de carbone noir au Canada, représentant 29 kt, c.-à-d. 65 % du total des émissions en 2013. Le transport hors route, principalement par l'intermédiaire de l'utilisation de moteurs diesel, compte pour un peu plus du tiers (35 %) du total des émissions. L'autre source importante de ce secteur est liée au transport sur route, là encore, principalement les moteurs diesel, qui représente 20 % du total des émissions. Vous trouverez de plus amples renseignements au sujet des méthodes d'estimation à la section 2.3.

On estime que les sources qui ne figurent pas dans ce premier inventaire comptent pour moins de 10 % du total des émissions. Ces sources comprennent l'utilisation de moteurs diesel pour la production d'électricité dans les collectivités éloignées, la combustion de combustible du secteur commercial, la combustion de combustibles du secteur résidentiel (autre que le bois de chauffage) et le brûlage dirigé. Des explications supplémentaires figurent à la section 2.4.

En général, les deux facteurs qui ont une incidence sur les émissions de carbone noir sont les émissions de $PM_{2,5}$ découlant du processus de combustion et la fraction de carbone noir présente dans les $PM_{2,5}$. Dans le cas des moteurs diesel, les taux d'émission de $PM_{2,5}$ par unité d'énergie sont relativement élevés, et la fraction de carbone noir présente dans ces émissions de $PM_{2,5}$ est également relativement élevée. Au Canada, les sources mobiles utilisent la plus grande partie du carburant diesel. Les autres sources de combustion dont les émissions de $PM_{2,5}$ sont élevées comprennent les unités de combustion à combustible

Tableau 1 Émissions initiales de carbone noir au Canada par secteur (2013)

Secteur	**Carbone noir** (tonnes)	**Pourcentage** du total
Sources industrielles	**4 100**	**9%**
Total des alumineries, de l'industrie du ciment et du béton, des fonderies, de l'exploitation de mines et de carrières et de l'industrie des pâtes et papiers	500-600 (550)	1%
Alumineries		< 1 %
Industrie du ciment et du béton		< 1 %
Fonderies		< 1 %
Exploitation de mines et de carrières		< 1 %
Industrie des pâtes et papiers		< 1 %
Industrie pétrolière en amont	3 600	8%
Sources fixes – Combustion de diesel	1 900	4%
Sources fixes – Combustion de gaz naturel	770	2%
Torchage	930	2%
Sources non industrielles	**12 000**	**26%**
Combustion de bois – secteur résidentiel	12 000	26%
Poêles à bois	4 100	9%
Chaudières	4 200	9%
Foyers	3 400	7%
Sources mobiles	**29 000**	**65%**
Transport aérien	690	2%
Transport sur route	9 200	20%
Essence	1 000	2%
Diesel	8 200	18%
Transport hors route	16 000	35%
Essence et gaz naturel	700	2%
Diesel	15 000	33%
Transport maritime	1 600	4%
Transport ferroviaire	2 200	5%
Total	**45 000**	**100%**

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

solide, comme les chaudières à charbon et à bois. En général, ces sources industrielles sont dotées de dispositifs hautement efficaces de contrôle des émissions de $PM_{2,5}$, dont l'efficacité est souvent supérieure à 90 %. C'est pourquoi leurs émissions de $PM_{2,5}$ sont inférieures à celles d'autres sources. Par contre, l'équipement de petite taille, très différent, utilisé pour la combustion de bois dans le secteur résidentiel (foyers, poêles à bois ou chaudières) n'est pas aussi efficace sur le plan du contrôle des émissions de $PM_{2,5}$ que les unités de plus grande taille, nonobstant les différents types de combustible et de méthodes de brûlage utilisés pour la combustion du bois de chauffage. En raison de l'absence de traitement des gaz de cheminée, les dispositifs de combustion à bois représentent les sources les plus importantes d'émissions de $PM_{2,5}$ découlant de la combustion, au Canada. Toutefois, les émissions de carbone noir découlant de la combustion de bois dans le secteur résidentiel ne représentent que le tiers des émissions découlant des sources mobiles en raison du faible rapport $CN/PM_{2,5}$ des dispositifs de combustion à bois par rapport aux moteurs diesel.

2.1 Sources industrielles

Les sources industrielles comprennent les industries de l'extraction et du traitement des ressources primaires et l'industrie de la fabrication. Aux fins du présent inventaire, on a tenu compte des émissions de carbone noir des secteurs suivants :

- Industrie de l'aluminium
- Industrie du ciment et du béton
- Fonderies
- Exploitation de mines et de carrières
- Industrie des pâtes et papiers
- Industrie pétrolière en amont

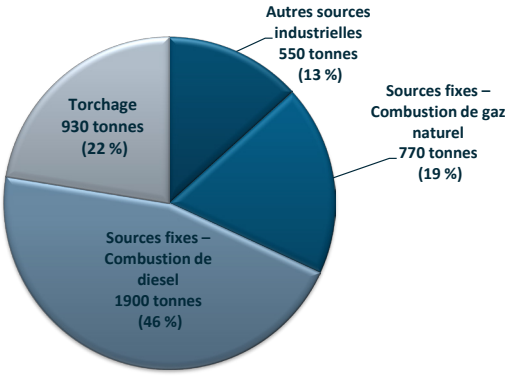
Seules les émissions de $PM_{2,5}$ provenant de la combustion contiennent des quantités importantes de carbone noir (les émissions industrielles de $PM_{2,5}$ proviennent à la fois de la combustion et d'autres sources). Lorsqu'elles sont facilement accessibles, les données relatives aux émissions de $PM_{2,5}$ provenant de la combustion ont été utilisées de concert avec les rapports $CN/PM_{2,5}$ pour estimer les émissions de carbone noir, à l'exception des émissions de carbone noir provenant du torchage dans le secteur amont de l'industrie pétrolière, qui ont été calculées directement à partir des quantités de gaz torché (Tableau 2). Toutefois, dans certains cas, il est difficile de séparer les sources de combustion des sources autres[1] produisant des $PM_{2,5}$ en vue de déterminer les émissions de carbone noir à cause du manque de données détaillées relatives aux activités (c.-à-d., la quantité de combustible brûlé) et de données détaillées relatives aux sources autres que la combustion (c.-à-d., les émissions de $PM_{2,5}$ provenant de sources autres que la combustion, comme la poussière de pierre provenant d'une mine). Par conséquent, on utilise des approximations pour estimer la quantité de $PM_{2,5}$ provenant de la combustion et d'autres sources et les émissions de carbone noir provenant de sources industrielles. La seule exception est le secteur de l'industrie pétrolière en amont pour lequel les renseignements permettant de faire la distinction entre la combustion et les autres sources existent déjà (Clearstone, 2014).

Parmi toutes les activités industrielles figurant dans le présent inventaire initial, les moteurs diesel fixes utilisés pour l'extraction du combustible fossile dans le secteur de l'industrie pétrolière en amont représentent la part la plus importante (46 %) des émissions de carbone noir (Figure 1). Quoique l'ampleur du total des émissions de $PM_{2,5}$ provenant de sources industrielles (44 kt; voir Tableau 2) et de sources mobiles (55 kt; voir Tableau 4) soit comparable, les émissions de carbone noir provenant de sources industrielles (4,1 kt) sont beaucoup plus faibles que celles provenant de sources mobiles (29 kt), car une part importante des émissions de $PM_{2,5}$ provenant de sources industrielles ne découlent pas de la combustion, alors que toutes les émissions de $PM_{2,5}$ provenant de sources mobiles découlent de la combustion. Voici des exemples de sources industrielles dont les émissions de carbone noir sont relativement basses :

- L'exploitation de mines et de carrières, où la plus grande partie des émissions de $PM_{2,5}$ proviennent d'émissions fugitives de minerai et de poussière de pierre.
- L'industrie de l'aluminium, les fonderies et l'industrie des pâtes et papiers, dotées de dispositifs de contrôle efficaces de $PM_{2,5}$ et où les rapports $CN/PM_{2,5}$ sont relativement faibles.
- L'industrie du ciment et du béton, où la plus grande partie des émissions de $PM_{2,5}$ provient du mélange du béton, dont les émissions provenant de la combustion sont minimes.

Le rapport de l'IEPA (Environnement Canada, 2015) fournit des renseignements supplémentaires au sujet de l'élaboration des

Figure 1 Émissions de carbone noir générées par l'industrie pétrolière en amont et d'autres sources industrielles (2013)



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

1 Voici des exemples de sources autres que la combustion : émissions de $PM_{2,5}$ provenant de la production de clinker et utilisation de craie dans l'industrie du ciment; poussière produite pendant les activités de construction et d'exploitation minière.

Tableau 2 Composantes des sources industrielles de l'estimation des émissions de carbone noir (2013)

Secteur	$PM_{2,5}$ (tonnes)	$CN/PM_{2,5}$ fraction p/p et références	Carbone noir (tonnes)
Alumineries	4 400	Profil moyen élaboré à partir des profils SPECIATE individuels du secteur[a]	550
Industrie du ciment et du béton	6 600		
Fonderies	5 200		
Exploitation de mines et de carrières	10 000		
Industrie des pâtes et papiers	9 200		
Industrie pétrolière en amont			
Combustion – Torchage	3 900	0,24[d]	930
Combustion – Gaz naturel	2 000	0,384[b]	770
Combustion – Propane	28		
Combustion – Appareils de forage	2 000	0,77124[c]	1 500
Combustion – Conditionnement des puits (pompage)	270	0,77124[c]	210
Combustion – Entretien des puits	170	0,77124[c]	130
Combustion – Carburant diesel	5.7	0,77124[c]	4,4
Total Général			**4 100**

Remarques :
a. U.S. EPA 2014, SPECIATE 4.4
b. SPECIATE4.4 profil 92112 (Natural Gas Combustion - Simplified)
c. SPECIATE4.4 profil 3914 (Diesel exhaust)
d. McEwen, 2013
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.
Les émissions de $PM_{2,5}$ de l'industrie de l'aluminium, de l'industrie du ciment et du béton, des fonderies, de l'exploitation de mines et de carrières proviennent de la combustion et de sources autres que la combustion.

Tableau 3 Composantes des sources non industrielles de l'estimation des émissions de carbone noir (2013)

Type d'appareil	Détail de l'appareil	$PM_{2,5}$ (tonnes)	$CN/PM_{2,5}$[a] fraction p/p	Carbone noir (tonnes)
Foyer de technologie de pointe	Non catalytique	7 600	0,05581	420
Foyer classique	Avec portes vitrées	18 000	0,05581	980
	Sans portes vitrées	20 000	0,05581	1 100
Foyer encastrable	Technologie de pointe (AT)	2 200	0,05581	120
	Classique	14 000	0,05581	760
Poêle à granules de bois	Tous	710	0,05581	39
Poêle à bois	Classique	64 000	0,05581	3 600
	Certifié par l'Environmental Protection Agency	9 400	0,05581	520
Chaudière à bois	Tous	30 000	0,138	4 200
Total Général				**12 000**

Remarque :
a. EPA 2006. SPECIATE 4.0. (http://www.epa.gov/ttn/chief/software/speciate/speciate4/speciate4_2006dec.zip)
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué

estimations des émissions de $PM_{2,5}$ provenant de sources industrielles et non industrielles.

2.2 Sources non industrielles

Les sources non industrielles comprennent la combustion de tous les types de combustibles des secteurs commerciaux, institutionnels et résidentiels, bien que les types de combustibles ne soient pas tous inclus dans cet inventaire. La plupart des émissions de cette source sont dues à la combustion, soit dans des chaudières plus grandes et plus efficaces dans le cas de la combustion de combustibles du secteur commercial, soit dans des foyers et des poêles à bois plus petits et inefficaces dans le cas de la combustion de bois dans le secteur résidentiel.

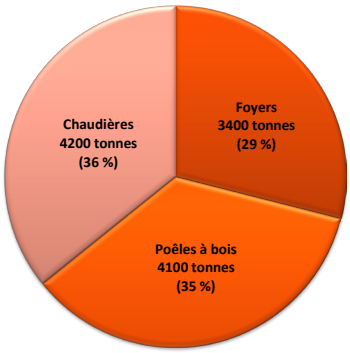
La seule source non industrielle de ce premier inventaire est la combustion de bois du secteur résidentiel. Selon les estimations, le carbone noir constituait une fraction des émissions de $PM_{2,5}$ des différents types d'appareils alimentés au bois qui étaient utilisés au Canada, en 2013. Pour obtenir de plus amples renseignements concernant le développement sur le plan quantitatif de bois brûlé dans le secteur résidentiel et l'estimation des émissions, reportez-vous au rapport de l'IEPA (Environnement Canada, 2015).

Les grandes sources de carbone noir sont celles où de grandes quantités de $PM_{2,5}$ sont émises ou lorsque la fraction $CN/PM_{2,5}$ est grande. Les chaudières à bois, même si elles ont émis moins de $PM_{2,5}$ que d'autres appareils en 2013, comptent les plus grandes émissions de carbone noir pour ce qui de la combustion de bois dans le secteur résidentiel, car la fraction $CN/PM_{2,5}$ représente

plus de deux fois celle d'autres appareils alimentés au bois (Tableau 3). Les poêles à bois conventionnels ont émis plus de $PM_{2,5}$ en 2013, mais arrivent en deuxième position sur le plan des émissions de carbone noir de cette source, car la fraction CN/$PM_{2,5}$ est plus faible.

Dans l'ensemble, les poêles, les chaudières et les foyers à bois représentent chacun environ un tiers des émissions de carbone noir (Figure 2). Les quantités relatives de bois brûlé dans chaque type d'appareil alimenté au bois constituent le facteur déterminant.

Figure 2 Émissions de carbone noir générées par le secteur de la combustion de bois – secteur résidentiel (2013)



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

2.3 Sources mobiles

Le secteur des sources mobiles comprend le transport aérien, le transport maritime, les véhicules routiers, la consommation de carburant hors route et le transport ferroviaire. Le secteur de la consommation de carburant hors route constitue une source très diversifiée qui comprend le matériel pour pelouses et jardins, les véhicules récréatifs comme les bateaux de plaisance et les motoneiges, le matériel agricole, l'équipement de construction et d'exploitation minière ainsi que les génératrices et pompes portables.

Pour estimer les émissions provenant de sources mobiles, des approches ascendantes ont été adoptées, c.-à-d. obtenir des facteurs d'émission et les appliquer à des données d'activité ventilées. En général, les coefficients d'émission (par classe d'application, âge, charge et type de combustible), les données d'activité (c.-à-d. les véhicules-kilomètres parcourus ou le nombre d'applications, leurs heures d'utilisation et le facteur de charge) et les fractions de CN/$PM_{2,5}$ ont été pris des modèles et des sources les plus récents. Dans tous les cas, à part celui des véhicules routiers, on a procédé tout d'abord à l'estimation des émissions de $PM_{2,5}$ puis, à partir de ces résultats, on a estimé les émissions de carbone noir. En ce qui concerne les véhicules routiers, le système de modélisation Motor Vehicle Emission Simulator (MOVES) (U.S. EPA, 2014-2) transmet directement les estimations de carbone noir et donc, dans ce cas, une seule étape était nécessaire pour estimer le carbone noir. Les méthodes d'estimation des émissions de $PM_{2,5}$ de sources mobiles sont décrites dans le rapport de l'IEPA (Environnement Canada, 2015).

Les grandes sources de carbone noir sont celles qui émettent de grandes quantités de $PM_{2,5}$, ou lorsque la fraction CN/$PM_{2,5}$ est grande, comme dans le cas des moteurs hors route. Les moteurs hors route représentent les plus grandes sources des émissions totales de carbone noir, qui s'élevaient à 16 kt en 2013. Les moteurs hors route émettent d'importantes quantités de $PM_{2,5}$ tandis que les moteurs diesel présentent les plus hautes fractions CN/$PM_{2,5}$ (Tableau 4). Ainsi, les moteurs diesel hors route

Tableau 4 Composantes des sources mobiles de l'estimation des émissions de carbone noir (2013)

Secteur	Type de carburant	$PM_{2.5}$ (tonnes)	CN/$PM_{2.5}$ fraction p/p et références	Carbone noir (tonnes)
Transport aérien	Carburéacteur (Jet A ou B)	900	0,77124[a]	690
Transport aérien	Essence aviation	1,5	0,12178[b]	
Transport maritime	Mazout lourd	10 000	0,12[c]	1 600
Transport maritime	Diesel marin		0,31[c]	
Transport maritime	Mazout marin		0,31[c]	
Véhicules routiers	Tous	17000	Les données d'Environnement Canada sont tirées du modèle MOVES; les valeurs sont variables selon les données d'entrée du modèle et la catégorie de véhicule	9 200
Utilisation de carburant hors route	Diesel	24 000	0,771241[a]	16 000
Utilisation de carburant hors route	Essence		0,12178[b]	
Utilisation de carburant hors route	Gaz naturel		0,384[a]	
Transport ferroviaire	Diesel	2 900	0,771241[a]	2 200
Total				**29 000**

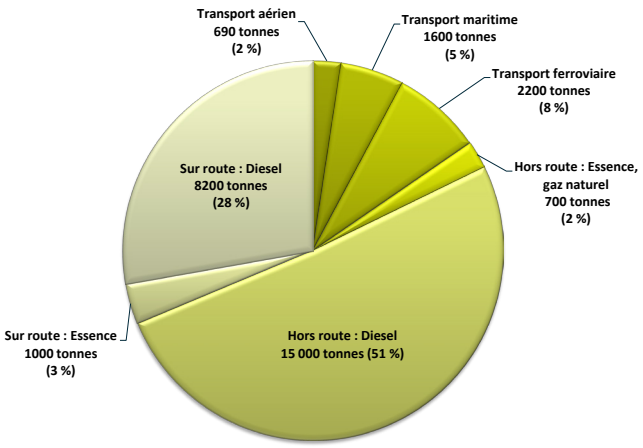
Remarque : Les chiffres étant arrondis, leur somme peut ne pas correspondre au total indiqué.

a. SPECIATE4.3, profil 92106 (gaz d'échappement des VLDD).
b. SPECIATE4.3, profil 92113 (gaz d'échappement des moteurs hors route à essence).
c. Tableau A2 de « International navigation, national navigation, national fishing and military (shipping) » (alinéa 1.A.3.d) du Guide EMEP/AEE 2013 des inventaires des émissions de polluants atmosphériques.
d. SPECIATE4.3, profil 92112 (combustion de gaz naturel – composite).

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

représentent 51 % de toutes les émissions de carbone noir du secteur des sources mobiles (Figure 3).

Figure 3 Émissions de carbone noir générées par le secteur des sources mobiles (2013)



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

2.4 Exhaustivité

Une évaluation quantitative de l'exhaustivité est difficile parce que des analyses détaillées de toutes les sources n'ont pas encore été effectuées. Les sources incluses dans cet inventaire initial devraient représenter, au moins, 90 % des émissions de carbone noir d'origine anthropique au Canada.

2.4.1. Sources industrielles

Le Tableau 1 fait état d'une estimation globale des émissions de carbone noir de 550 tonnes pour l'industrie de l'aluminium, l'industrie du ciment et du béton, l'exploitation de mines et de carrières, l'industrie des pâtes et papiers et les fonderies, qui représentent environ 13% des émissions industrielles et environ 1,3 % des émissions globales de carbone noir. Bien que d'autres secteurs non estimés contribuent aux émissions de carbone noir, le total des sources industrielles non estimées est considéré comme étant faible.

2.4.2. Sources non industrielles

Les autres sources non industrielles qui sont actuellement exclues de cet inventaire sont la production d'électricité, la combustion de combustibles du secteur commercial et la combustion de combustibles (autres que le bois) du secteur résidentiel. Les émissions de $PM_{2,5}$ de chacune de ces sources contribuent de façon négligeable aux émissions globales de carbone noir, en raison d'émissions de $PM_{2,5}$ intrinsèquement faibles (par exemple, la combustion de mazout léger ou de gaz naturel) ou du contrôle effectif des émissions de $PM_{2,5}$. On estime que les émissions de $PM_{2,5}$ de ces secteurs réunis représentent moins de 5 % du total des sources non industrielles.

Une source qui n'a pas été prise en compte touche l'utilisation de moteurs diesel pour la production d'électricité. Le Canada possède des génératrices diesel destinées aux collectivités éloignées et pour la production d'électricité pour les sites industriels éloignés, principalement les mines. Ces sources d'émissions de carbone noir peuvent être importantes localement, comme dans les collectivités du Nord. Selon le *Rapport d'inventaire national des sources et puits de gaz à effet de serre au Canada* (Environnement Canada, 2014), on estime que quatre millions de tonnes de dioxyde de carbone (CO_2 eq) sont émises, en général, par l'ensemble des combustibles raffinés (autres que le charbon et le gaz naturel) utilisés pour produire de l'électricité. On peut comparer cela à la somme de tout le combustible diesel utilisé dans les transports, à savoir 82 millions de tonnes de CO_2 eq (la somme du diesel vendu pour usage sur route et hors route et des chemins de fer). Les génératrices diesel représentent près de 5 % du diesel utilisé dans ces secteurs. En supposant que les taux d'émission sont du même ordre pour les génératrices diesel, ils sont estimés à moins de 3 % des émissions de carbone noir à l'échelle nationale.

2.4.3. Autres sources qui ne sont pas incluses dans l'IEPA

Les brûlages dirigés constituent une source qui n'a pas été estimée dans cet inventaire. Cette pratique n'est pas répandue au Canada et ne devrait pas constituer une grande source d'émissions anthropiques.

2.5 Sources d'incertitude

Les incohérences entre les définitions et les mesures constituent une source d'incertitude sur le plan des inventaires de carbone noir (Bond *et al.*, 2013). Les scientifiques suivent différentes méthodes pour mesurer les particules de carbone noir émis aux sources et dans l'atmosphère et, par conséquent, les quantités mesurées ne sont pas strictement comparables.

Bien que l'on ne dispose pas de chiffres exacts à ce sujet, l'incertitude concernant les estimations de carbone noir dans cet inventaire initial est principalement attribuable à l'incertitude relative aux rapports $CN/PM_{2,5}$. Il y a une grande variabilité sur le plan de la taille des échantillons de mesure utilisés pour calculer ces rapports; les mêmes rapports sont par défaut appliqués à plusieurs technologies différentes. Un exemple de la limite des rapports $CN/PM_{2,5}$ disponibles est démontré par l'utilisation du

même rapport pour tous les types d'appareils des sources non industrielles, à l'exception des chaudières à bois (Tableau 3). Le même défi que pose l'absence de différents rapports est démontré par l'application du rapport $CN/PM_{2,5}$ du diesel aux carburéacteurs. Le raffinement des rapports $CN/PM_{2,5}$ devrait s'améliorer au fil du temps grâce à des essais supplémentaires.

L'incertitude est élevée lorsqu'il s'agit de déterminer la proportion des émissions de $PM_{2,5}$ qui découlent des émissions de combustion de sources industrielles. La principale source de données pour estimer les émissions de $PM_{2,5}$ de nombreuses sources industrielles est l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP), dont les émissions sont déclarées par les installations par cheminée ou comme une valeur globale de l'installation dans son ensemble; les émissions ne sont pas ventilées entre les émissions de combustion et les émissions de sources autres que la combustion. Il était nécessaire de formuler des hypothèses pour attribuer un rapport à chaque secteur avec plus ou moins de précision.

2.6 Comparaisons avec d'autres inventaires

L'inventaire des émissions de carbone noir en 2010 du Danemark indique que les émissions des secteurs de la combustion domestique (principalement, la combustion du bois) et des transports représentaient 83 % et 15 % du total des émissions nationales, respectivement. Les autres pays participants signalent également d'importantes émissions dans ces deux secteurs, en plus des contributions des secteurs de l'énergie et industriel qui, ensemble, sont semblables aux sources industrielles du Canada sur le plan des pourcentages nationaux. Par exemple : l'inventaire finlandais de 2012 indique que près de 100 % des émissions sont attribuées à la combustion résidentielle et aux transports; les « autres » sources représentent 9 % du total des émissions de carbone noir dans l'inventaire norvégien de 2012; la Norvège a attribué 12 % de ses émissions de carbone noir de 2012 à l'industrie du pétrole en amont; les estimations américaines des émissions de carbone noir de 2011 comprennent une contribution des incendies de forêt de 21 %, qui, une fois soustraite du total, signifie que les sources mobiles représentent 52 % des émissions de carbone noir aux États-Unis.

3 Présentation du rapport de la CEE-ONU sur le carbone noir

Le Canada utilise le rapport (modèle) de la CEE-ONU et les codes connexes de la Nomenclature de formalisation des résultats (NFR) pour rendre compte de ses émissions de carbone noir à l'échelle internationale. Le Tableau 5 indique les codes NFR utilisés pour la déclaration des émissions de carbone noir du Canada en 2013.

Les émissions des trois secteurs (voir chapitre 2) ont été cartographiées en fonction des codes NFR du Tableau 5. Le rapport de la CEE-ONU qui en découle peut être consulté au Tableau 6.

Le code « IA » (inclus ailleurs) indique que les émissions ont été estimées, mais incluses ailleurs dans l'inventaire au lieu de la catégorie de sources inscrite.

4 Considérations relatives aux futures versions de cet inventaire

Cet inventaire initial devrait couvrir 90 % des émissions de carbone noir au Canada. L'amélioration mettra l'accent sur

Tableau 5 Codes NFR de la CEE-ONU utilisés dans le rapport sur le carbone noir de 2013

Code NFR	Description
1A1c	Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques
1A2gvii	Combustion de sources mobiles dans les industries manufacturières et la construction
1A2gviii	Combustion de sources fixes dans les industries manufacturières et la construction : autre (à préciser dans le rapport d'inventaire)
1A3aii(i)	Vols intérieurs (aviation civile) – atterrissage et décollage
1A3aii(ii)	Vols intérieurs (aviation civile) – vol en croisière
1A3bi	Transport sur route : automobiles
1A3bii	Transport sur route : véhicules légers
1A3biii	Transport sur route : véhicules lourds et autobus
1A3biv	Transport sur route : mobylettes et motocyclettes
1A3c	Voies ferrées
1A3dii	Navigation nationale (expédition)
1A4aii	Commercial et institutionnel : sources mobiles
1A4bi	Résidentiel : sources fixes
1A4cii	Agriculture, foresterie et pêche : véhicules hors route et autre machinerie
1A5b	Autres, sources mobiles (y compris les navires militaires, les navires basés à terre et les bateaux de plaisance)
1A4bii	Résidentiel : entretien ménager et jardinage (sources mobiles)
1B2c	Évacuation et torchage (pétrole, gaz, pétrole et gaz combinés)

Tableau 6 Rapport de 2013 de la CEE-ONU sur le carbone noir au Canada

Agrégation des codes NFR – maillage et GSP (GNFR)	Code NFR	Secteur correspondant	Émissions de carbone noir (kt)
B_Industrie	1A1c	Fabrication de combustibles solides et autres industries énergétiques	2,7
I_HorsRoute	1A2gvii	Combustion de sources mobiles dans les industries manufacturières et la construction : autre (à préciser dans le rapport d'inventaire)	6,8
B_Industrie	1A2gviii	Combustion de sources fixes dans les industries manufacturières et la construction : autre (à préciser dans le rapport d'inventaire)	0,55
H_Aviation	1A3ai(i)	Vols extérieurs (aviation civile) – atterrissage et décollage	IA
H_Aviation	1A3aii(i)	Vols intérieurs (aviation civile) – atterrissage et décollage	0,22
O_CroisièreAvi	1A3aii(ii)	Vols intérieurs (aviation civile) – vol en croisière	0,47
F_TransportRoute	1A3bi	Transport sur route : automobiles	0,61
F_TransportRoute	1A3bii	Transport sur route : véhicules légers	0,53
F_TransportRoute	1A3biii	Transport sur route : véhicules lourds et autobus	8,0
F_TransportRoute	1A3biv	Transport sur route : mobylettes et motocyclettes	0,0074
I_HorsRoute	1A3c	Voies ferrées	2,2
G_Expédition	1A3di(ii)	Voies navigables intérieures internationales	IA
G_Expédition	1A3dii	Navigation nationale (expédition)	1,6
I_HorsRoute	1A4aii	Commercial et institutionnel : sources mobiles	0,77
C_AutreCombustionFixes	1A4bi	Résidentiel : sources fixes	12
I_HorsRoute	1A4cii	Agriculture, foresterie et pêche : véhicules hors route et autre machinerie	7,0
I_HorsRoute	1A4ciii	Agriculture, foresterie et pêche : pêches nationales	IA
I_HorsRoute	1A5b	Autres, sources mobiles (y compris les navires militaires, les navires basés à terre et les bateaux de plaisance)	0,85
I_HorsRoute	1A4bii	Résidentiel : entretien ménager et jardinage (sources mobiles)	0,36
D_Fugitive	1B2c	Évacuation et torchage (pétrole, gaz, pétrole et gaz combinés)	0,93
Total			**45**

Remarque :
Certains nombres ayant été arrondis, les totaux ne sont pas toujours exacts

l'élargissement de la portée ainsi que l'optimisation de la précision des estimations relatives aux émissions. Un nouvel affinement de l'évaluation des émissions des secteurs industriels nécessitera une meilleure désagrégation des émissions de $PM_{2,5}$ par source (les émissions avec combustion par rapport aux émissions sans combustion).

Des travaux seront effectués pour permettre d'élargir la portée des secteurs non industriels, notamment la production d'électricité (services publics) et l'utilisation de moteurs diesel pour la production d'électricité. La combustion de combustibles du secteur commercial et la combustion de combustibles du secteur résidentiel (autres que le bois) seront incluses dans les améliorations prévues.

Les brûlages dirigés constituent une autre source qui n'est pas actuellement estimée. Bien qu'elle ne devrait pas être une source importante d'émissions au Canada, elle sera incluse comme une source supplémentaire dans les futurs inventaires.

Annexe A : Description des secteurs

Tableau A-1 Description des secteurs

Sources Industrielles	
Alumineries	Émissions provenant de la production d'alumine par le raffinage de la bauxite et de la production d'aluminium primaire par la fusion et le raffinage.
Industrie du ciment et du béton	Émissions provenant de l'ensemble du processus de la production de ciment dans les fours rotatifs et de la préparation du béton prêt à l'emploi.
Fonderies	Émissions provenant des installations pour la production des moulages de divers types de ferro-alliages et de petites usines sidérurgiques non associées aux installations sidérurgiques intégrées.
Exploitation de mines et de carrières	Émissions provenant de l'enlèvement des terrains de recouvrement, du forage du roc, du dynamitage, du chargement des matériaux, du transport des matières premières par convoyeurs ou chariots de transport, du raclage, des travaux au bouteur, du nivellement, des pertes de la pile de stockage à ciel ouvert et de l'érosion éolienne des zones exposées.
Industrie des pâtes et papiers	Émissions provenant des usines chimiques, mécaniques, de recyclage et mi-chimiques, y compris la production d'énergie par la combustion de la liqueur résiduaire, la biomasse et la combustion de combustibles fossiles. Cette section comprend également les émissions fugitives provenant du raffinage, du tamisage et du séchage du bois ainsi que de diverses étapes des systèmes de récupération chimique.
Industrie pétrolière en amont	
Sources fixes – Combustion de diesel	Émissions provenant de la combustion du carburant diesel dans les appareils et les puits de forage ainsi que pour l'entretien des puits. Les moteurs diesel comprennent ceux utilisés dans les groupes électrogènes, les unités hydrauliques et les pompes.
Sources fixes – Combustion de gaz naturel	Émissions provenant de la combustion du gaz naturel aux installations de traitement du gaz, aux stations de compression, aux puits et aux systèmes de récupération assistée des hydrocarbures ainsi que d'autres activités du secteur.
Torchage	Émissions provenant du torchage des flux gazeux contenant des hydrocarbures, entre autres substances.
Sources non industrielles	
Combustion de bois – secteur résidentiel	
Poêles à bois	Émissions provenant des poêles à bois résidentiels qui brûlent du bois de chauffage et des granulés de bois.
Chaudières	Émissions provenant des chaudières à bois, en particulier à partir des plus grandes unités extérieures.
Foyers	Émissions provenant des foyers résidentiels, à partir des unités scellées et ouvertes.
Sources mobiles	
Transport aérien	Émissions provenant des moteurs à turbines ou à pistons de l'aviation militaire, commerciale et générale (décollages et atterrissages seulement) et émissions en vol (croisière) des moteurs d'aéronefs à turbine.
Transport sur route – Essence	Émissions provenant des véhicules routiers à essence, y compris les camions légers et lourds, les automobiles et les motocyclettes.
Transport hors route – Essence et gaz naturel	Émissions provenant des véhicules routiers à moteur diesel, y compris les camions légers et lourds et les automobiles.
Transport sur route – Diesel	Émissions provenant des véhicules hors route utilisant de l'essence et du gaz naturel, y compris les émissions des moteurs à deux et à quatre temps utilisés dans les véhicules et l'équipement pour l'exploitation des mines, la construction, les activités récréatives, agricoles et commerciales, l'exploitation forestière, l'entretien des voies ferrées, la servitude aéroportuaire et la tonte des pelouses et le jardinage.
Transport hors route – Diesel	Émissions provenant des véhicules hors route utilisant du carburant diesel comme source de carburant, y compris les véhicules et l'équipement utilisés pour l'exploitation des mines, la construction, les activités récréatives, agricoles et commerciales, l'exploitation forestière, l'entretien des voies ferrées, la servitude aéroportuaire et la tonte des pelouses et le jardinage.
Transport maritime	Émissions provenant des bateaux au mouillage, à quai et faisant route.
Transport ferroviaire	Émissions provenant des trains de marchandises et de passagers, y compris celles produites par les manœuvres de triage.

Annexe B : Protocole d'arrondissement

Le protocole d'arrondissement de ce rapport est repris de l'annexe 9 du *Rapport d'inventaire national 1990-2012: Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada* (Environnement Canada, 2014), présenté à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) en avril 2014 (http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/application/zip/can-2014-nir-11apr.zip). Le protocole est fondé sur une incertitude d'environ 10 à 50 % touchant tous les secteurs, pour lesquels le protocole indique un arrondissement à deux chiffres significatifs. Bien que le protocole d'arrondissement ait été appliqué à toutes les données des tableaux et des graphiques de ce rapport, tous les sous-totaux et les totaux ont été calculés avant son application.

Références

BOND, T.C., et coll. « Bounding the role of black carbon in the climate system: a scientific assessment », *Journal of Geophysical Research*, vol. 118, nº 11 (2013), p. 5380-5552.

CANADA. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT. *l'Inventaire des Émissions de Polluants Atmospheriques 1990-2013: la proposition canadienne concernant la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance à la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe*, février 2015.

CANADA. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT. *Rapport d'inventaire national 1990-2012 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada : la proposition canadienne concernant la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, soumis à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*, avril 2014.

CLEARSTONE ENGINEERING LTD. *Inventory of Emissions from the Upstream Oil and Natural Gas Industry in Canada*, vol. 1-4, 2014. Ébauche.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *SPECIATE 4.0* (en ligne), 2006 (consulté en septembre 2007). Sur Internet : <http://www.epa.gov/ttn/chief/software/speciate/index.html>.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *SPECIATE 4.4* (en ligne), 2014a (consulté en octobre 2014). Sur Internet : <http://www.epa.gov/ttnchie1/software/speciate/>.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *User Guide for MOVES2014*, Washington (D.C.), Office of Transportation and Air Quality, 2014b. Rapport nº EPA-420-B-14-055.

MCEWEN, J.D.N., et M.R. JOHNSON. « Black Carbon Particulate Matter Emission Factors for Buoyancy Driven Associated Gas Flares », *Journal of the Air and Waste Management Association*, vol. 62, nº 3 (2012), p. 307-321.