



GUIDE DE QUANTIFICATION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

ET DE LA LUTTE CONTRE

LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

ÉQUIPE DE PRODUCTION

Direction générale de l'expertise climatique et économique et des relations extérieures

Édifice Marie-Guyart,
675, boulevard René-Lévesque Est, 5^e étage
Québec (Québec)
G1R 5V7

Rédaction et révision :

Sergio Cassanaz, ingénieur
Alexandra Roio, directrice de l'expertise climatique
Annie Roy, ingénieure

Collaborateurs :

Vincent Chouinard-Thibaudeau, ingénieur
Marie-Michèle Gagné, ingénieure
Jérôme Lévesque, chargé de projet
Patrick McNeil, ingénieur
Équipe de la Direction de l'expertise climatique

Référence à citer :

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). *Guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre*, 2019, 107 p.

Format : PDF

ISBN : 978-2-550-85248-3

Dépôt légal – 2019 Bibliothèque et Archives nationales du Québec

TABLE DES MATIÈRES

TERMES ET DÉFINITIONS.....	1
1. INTRODUCTION	7
2. CONCEPTS GÉNÉRAUX	8
2.1. <i>Les GES à considérer</i>	8
2.2. <i>Émissions directes et indirectes de GES</i>	9
2.2.1. <i>Émissions directes de GES</i>	9
2.2.2. <i>Émissions indirectes de GES liées à la consommation d'électricité</i>	9
2.2.3. <i>Émissions indirectes de GES en amont, en aval ou sur le cycle de vie</i>	9
2.3. <i>Sources d'émissions de GES.....</i>	10
2.3.1. <i>Émissions de GES de combustion</i>	10
2.3.2. <i>Émissions de GES attribuables aux procédés industriels</i>	10
2.3.3. <i>Émissions de GES autres</i>	11
2.3.4. <i>Le cas particulier des émissions biogéniques de CO₂</i>	11
2.3.5. <i>Exemples de sources d'émissions en fonction des phases de réalisation</i>	11
2.3.6. <i>Exemples de sources d'émissions associées aux différents GES</i>	12
2.3.7. <i>Exclusions</i>	12
2.4. <i>Démarche de quantification</i>	12
2.5. <i>Rapports de quantification</i>	14
2.5.1. <i>Pour l'évaluation des impacts des émissions de GES attribuables à une activité ou à un projet</i>	14
2.5.2. <i>Pour les projets de réduction des émissions de GES</i>	15
2.6. <i>Personne compétente en quantification des émissions de GES</i>	15
2.7. <i>Présentation des résultats et potentiels de réchauffement planétaire</i>	16
3. QUANTIFICATION DES ÉMISSIONS DE GES	17
3.1. <i>Émissions attribuables aux systèmes de combustion fixes</i>	17
3.2. <i>Émissions attribuables aux systèmes de combustion mobiles</i>	18
3.3. <i>Émissions de GES indirectes attribuables à la consommation d'énergie électrique.....</i>	20
3.4. <i>Émissions de GES attribuables aux procédés industriels.....</i>	20
3.5. <i>Émissions de GES attribuables à l'exploitation minière et aux procédés de transformation des minerais.....</i>	25
3.5.1. <i>Calcul des émissions de GES attribuables à la production de boulettes de fer</i>	25
3.5.2. <i>Calcul des émissions de GES attribuables à l'utilisation de carbonates dans un procédé</i>	25
3.5.3. <i>Autres émissions de GES attribuables à la transformation des minerais.....</i>	26
3.6. <i>Émissions de GES attribuables à l'utilisation d'explosifs</i>	26
3.7. <i>Émissions de GES attribuables aux émissions fugitives d'hexafluorure de soufre et de perfluorocarbures.....</i>	26
3.8. <i>Émissions fugitives de GES attribuables à l'utilisation d'équipements de réfrigération ou de climatisation</i>	28

3.9.	<i>Déboisement</i>	30
3.10.	<i>Émissions de GES attribuables à l'inondation des écosystèmes</i>	31
3.10.1.	Émissions de CO ₂ attribuables à l'inondation des écosystèmes.....	32
3.10.2.	Émissions de CH ₄ attribuables à l'inondation des écosystèmes.....	34
3.10.3.	Émissions de N ₂ O attribuables à l'inondation des écosystèmes.....	35
3.11.	<i>Émissions de GES attribuables aux projets de production animale</i>	36
3.11.1.	Calcul réalisé avec le logiciel Holos	36
3.11.2.	Calcul réalisé avec les équations (sans utiliser le logiciel Holos).....	37
3.11.2.1.	Émissions de CH ₄ attribuables à la fermentation entérique.....	37
3.11.2.2.	Émissions de CH ₄ attribuables au stockage et au traitement du fumier	38
3.11.2.3.	Émissions de N ₂ O attribuables au stockage et au traitement du fumier.....	39
3.11.2.4.	Émissions de N ₂ O attribuables à l'épandage du fumier	41
3.12.	<i>Émissions de CH₄ attribuables à l'enfouissement des matières résiduelles</i>	42
3.12.1.	Calcul réalisé avec le modèle LandGEM	43
3.12.2.	Calcul réalisé sans le modèle LandGEM	43
3.12.3.	Valorisation du biogaz et calcul des réductions de GES associées.....	46
3.13.	<i>Émissions de GES attribuables à la consommation énergétique lors de l'épuration du biogaz</i>	47
3.14.	<i>Émissions de CH₄ attribuables à la destruction du biogaz</i>	47
3.15.	<i>Émissions fugitives de CH₄ attribuables à la biométhanisation de matières résiduelles organiques</i>	48
3.16.	<i>Émissions de GES attribuables à la compression et à la liquéfaction du biogaz</i>	49
3.17.	<i>Émissions de CH₄ et de N₂O attribuables au traitement de matières résiduelles organiques par compostage</i>	49
3.18.	<i>Émissions de GES attribuables à l'incinération des matières résiduelles ou au traitement thermique des matières dangereuses ou des sols contaminés</i>	50
3.18.1.	Émissions de CO ₂ d'origine fossile attribuables à l'incinération des matières résiduelles municipales (autres que les boues)	50
3.18.2.	Émissions de CO ₂ d'origine fossile attribuables à l'incinération ou au traitement thermique des matières résiduelles municipales, industrielles et dangereuses, des déchets biomédicaux et des boues d'épuration.....	51
3.18.3.	Émissions de CH ₄ attribuables à l'incinération ou au traitement thermique des matières résiduelles municipales, industrielles et dangereuses, des déchets biomédicaux et des boues d'épuration	52
3.18.4.	Émissions de N ₂ O attribuables à l'incinération ou au traitement thermique des matières résiduelles municipales, industrielles et dangereuses, des déchets biomédicaux et des boues d'épuration calculées à partir des facteurs d'émission	54
3.18.5.	Émissions de N ₂ O attribuables à l'incinération ou au traitement thermique des matières résiduelles municipales, industrielles et dangereuses, des déchets biomédicaux et des boues d'épuration selon des données de concentration dans le gaz de fumée.....	54
3.18.6.	Récupération de l'énergie et réduction des émissions de GES associées	55
3.19.	<i>Émissions attribuables au traitement et au rejet des eaux usées</i>	55
3.19.1.	Émissions de CH ₄ attribuables au traitement ou au rejet des eaux usées.....	55
3.19.2.	Émissions de N ₂ O attribuables au traitement ou au rejet des eaux usées.....	57
3.20.	<i>Exploration et exploitation des hydrocarbures</i>	60

3.20.1.	Description de la séquence des opérations	60
3.20.2.	Méthodologie 1 de calcul des émissions de GES basée sur les équations	62
3.20.3.	Méthodologie 2 de calcul des émissions de GES basée sur les taux d'émission	64
3.20.4.	Présentation des résultats (méthodologies 1 ou 2)	65
3.21.	<i>Émissions directes de GES attribuables au traitement, au transport et à la distribution de gaz naturel</i>	65
3.22.	<i>Émissions directes de GES attribuables au transport d'hydrocarbures par pipeline</i>	66
3.23.	<i>Émissions indirectes en amont ou en aval attribuables à certains projets</i>	67
3.23.1.	Émissions de GES en amont des projets de transport d'hydrocarbures par pipeline	67
3.23.1.1.	Méthodologie de calcul des émissions en amont proposée par Environnement et Changement climatique Canada (ECCC)	67
3.23.1.2.	Méthodologie de calcul basée sur l'estimation de l'intensité des émissions de GES attribuables aux activités d'exploitation des hydrocarbures en amont du projet.....	68
3.23.2.	Transfert modal dans le transport des personnes et réduction des émissions de GES associées.....	68
3.23.3.	Émissions indirectes ou réduction des émissions attribuables au flux de circulation et à la congestion routière	69
3.23.3.1.	Émissions indirectes associées à l'étalement urbain.....	71
3.23.4.	Émissions indirectes attribuables aux différents modes de transport des marchandises (camion, train et bateau)	71
3.23.5.	L'analyse de cycle de vie	73
3.24.	<i>Enjeu de quantification émergeant : les émissions provenant du carbone noir</i>	74
3.24.1.	Calcul des émissions de carbone noir attribuables aux systèmes de combustion fixes	75
3.24.1.1.	Calcul de niveau 1 des émissions de carbone noir attribuables aux systèmes de combustion fixes	76
3.24.1.2.	Calcul de niveau 2 des émissions de carbone noir attribuables aux systèmes de combustion fixes	78
3.24.1.3.	Estimation de l'impact sur le climat des émissions de carbone noir attribuables aux systèmes de combustion fixes	79
3.24.2.	Calcul des émissions de carbone noir attribuables aux systèmes de combustion mobiles	79
3.24.2.1.	Calcul de niveau 1 des émissions de carbone noir attribuables aux sources mobiles routières.....	80
3.24.2.2.	Calcul de niveau 1 des émissions de carbone noir attribuables aux sources mobiles hors route	81
3.24.2.3.	Calcul des émissions de carbone noir attribuables aux locomotives.....	83
3.24.2.4.	Calcul des émissions de carbone noir attribuables aux navires	83
3.24.2.5.	Calcul des émissions de carbone noir attribuables aux aéronefs.....	84
3.25.	<i>Émissions provenant d'activités non présentées dans le guide ou enjeux de quantification émergents</i>	85
4.	MESURES D'ATTÉNUATION DES ÉMISSIONS DE GES	86
4.1.	<i>Types et exemples de mesures de réduction des émissions de GES</i>	86
4.2.	<i>Quantification des émissions de GES des mesures d'atténuation</i>	88
4.3.	<i>Plan des mesures d'atténuation des émissions de GES</i>	89
4.4.	<i>Plan de surveillance des émissions de GES</i>	91
5.	RÉFÉRENCES PRINCIPALES	92
6.	ANNEXE A – Aide-mémoire sur les sources d'émission de GES à considérer en fonction des secteurs	93

7.	ANNEXE B – INFORMATION COMPLÉMENTAIRE SUR LES PROJETS D'EXPLORATION ET D'EXPLOITATION DES HYDROCARBURES	98
8.	ANNEXE C – PLAN DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI DES ÉMISSIONS DE GES	101
9.	ANNEXE D – Information complémentaire sur les émissions biogéniques	103
9.1.1.	Émissions biogéniques de CO ₂ résultant de la combustion de la biomasse	103
9.1.2.	Émissions biogéniques de CO ₂ ne résultant pas de la combustion de la biomasse	104
10.	ANNEXE E – Information complémentaire sur le carbone noir	105

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Schéma simplifié de la portée du guide*	8
Figure 2.	Exemples de sources d'émissions en fonction des phases d'une activité	11
Figure 3.	Effets de la congestion routière et de la vitesse des véhicules sur les émissions de GES	70
Figure 4.	Schéma simplifié de l'utilisation des modèles de circulation routière	71
Figure 5.	Schéma simplifié de l'analyse de cycle de vie	73
Figure 6.	Exemple de séquence des opérations d'un projet type d'exploration et d'exploitation des hydrocarbures	98
Figure 7.	Potentiel de réchauffement planétaire du carbone noir sur des périodes de 20, 100 et 500 ans	105

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Exemples d'émissions de GES associées à différentes activités	12
Tableau 2.	Étapes de la démarche de quantification des émissions de GES	13
Tableau 3.	Potentiel de réchauffement planétaire des différents GES (4e rapport du GIEC)	16
Tableau 4.	Facteurs d'émission associés aux équipements mobiles de combustion, en équivalent CO ₂	19
Tableau 5.	Facteurs d'émission associés aux biocarburants, en équivalent CO ₂	19
Tableau 6.	Protocoles de quantification des émissions de GES attribuables aux secteurs industriels visés par le RDOCECA	21
Tableau 7.	Charge et facteurs d'émission des systèmes de réfrigération et de climatisation	29
Tableau 8.	Paramètres de l'équation pour déterminer les émissions de CO ₂ attribuables aux activités de déboisement	31
Tableau 9.	Valeurs de référence par défaut associées aux stocks de carbone organique des sols (COS _{ref}) sous végétation naturelle	34
Tableau 10.	Coefficients d'émission moyens de CH ₄ des réservoirs	35
Tableau 11.	Coefficients d'émission moyens de N ₂ O des réservoirs	36
Tableau 12.	Facteurs d'émission de CH ₄ associés à la fermentation entérique	38
Tableau 13.	Facteurs d'émission de CH ₄ associés au stockage et au traitement du fumier	39
Tableau 14.	Taux d'excrétion annuel d'azote provenant du fumier, exprimé en kg n/tête/an	40
Tableau 15.	Facteurs d'émission de C ₂ O selon le mode de gestion du fumier	41
Tableau 16.	Teneur en azote des différents types de fumiers et lisiers	42
Tableau 17.	Paramètres et facteurs associés aux émissions de CH ₄ attribuables à l'enfouissement des matières résiduelles	46
Tableau 18.	Efficacité de destruction du biogaz	47
Tableau 19.	Facteurs d'émission de CH ₄ et de N ₂ O associés au compostage de MRO	50
Tableau 20.	Facteurs par défaut pour le calcul des émissions de CO ₂	52
Tableau 21.	Facteurs par défaut pour le calcul des émissions de CH ₄ et de N ₂ O	53
Tableau 22.	Facteurs d'émission de méthane associés aux différents types de traitement des eaux usées	56
Tableau 23.	Facteurs d'émission de N ₂ O associés aux différents types de traitement des eaux usées résidentielles et industrielles	58

Tableau 24. Fraction d'azote enlevée durant le traitement des eaux usées (N_{eni}).....	60
Tableau 25. Sources d'émission de GES et références pour la quantification	62
Tableau 26. Facteurs d'émission de GES associés aux différents modes de transport de marchandises, en kilogrammes d'équivalent CO ₂ par tonne transportée et par kilomètre.....	73
Tableau 27. Facteurs d'émission ($FE_{i,j,PM_{2.5}}$), niveau 1	77
Tableau 28. Facteurs de spéciation (FS), niveau 1	78
Tableau 29. Facteurs d'émission de carbone élémentaire associés au diesel et à l'essence.....	81
Tableau 30. Normes relatives aux émissions de PM ₁₀ des machines hors route.....	82
Tableau 31. Facteurs d'émission de PM _{2.5} et facteurs de spéciation associés aux différents types de carburants utilisés par les navires.....	84
Tableau 32. Types de mesures de réduction des émissions de GES (liste non exhaustive)	86
Tableau 33. Exemple de calcul de réduction pour des équipements de combustion fixes.....	89
Tableau 34. Exemple de calcul de réduction pour des équipements de combustion mobiles.....	89
Tableau 35. Aide-mémoire sur les sources d'émission de GES à considérer en fonction des secteurs	93
Tableau 36. Inventaire des émissions de GES générées lors de la phase d'exploration (exemple).....	99
Tableau 37. Inventaire des émissions de GGES attribuables à la fracturation hydraulique en phase d'exploration (exemple).....	99
Tableau 38. Inventaire des émissions de GES générées lors de l'essai de production en phase d'exploration (exemple).....	99
Tableau 39. Synthèse des émissions de GES attribuables à l'ensemble du projet, selon les différentes phases (exemple).....	100
Tableau 40. Exemple de données à inclure dans un plan de surveillance des émissions de GES (non exhaustif)	101
Tableau 41. Émissions de carbone noir au Québec par secteurs	106

LISTE DES ÉQUATIONS

Équation 1. Émissions de GES attribuables à des sources de combustion fixes.....	17
Équation 2. Émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements mobiles.....	18
Équation 3. Émissions de GES attribuables à l'utilisation d'explosifs.....	26
Équation 4. Estimation des émissions de ges attribuables aux équipements contenant du SF ₆ utilisés pour le transport et la distribution d'électricité.....	27
Équation 5. Estimation des émissions de GES attribuables aux équipements contenant des PFC utilisés pour le transport et la distribution d'électricité.....	27
Équation 6. Émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements de réfrigération ou de climatisation	28
Équation 7. Émissions de CO ₂ attribuables au déboisement	30
Équation 8. Variation des stocks de carbone de la biomasse vivante des terres converties en terres inondées.....	32
Équation 9. Biomasse vivante avant la conversion des terres forestières en terres inondées.....	33
Équation 10. Émissions de CO ₂ attribuables à l'inondation des terres forestières.....	33
Équation 11. Émissions de CO ₂ attribuables à l'inondation des terres en friche	34
Équation 12. Émissions de CH ₄ attribuables à l'inondation des écosystèmes	34
Équation 13. Émissions de N ₂ O attribuables à l'inondation des écosystèmes	35
Équation 14. Émissions de méthane attribuables à la fermentation entérique.....	37
Équation 15. Émissions de CH ₄ attribuables au stockage et au traitement du fumier.....	38
Équation 16. Émissions de N ₂ O attribuables au stockage et au traitement du fumier.....	40
Équation 17. Émissions de N ₂ O attribuables à l'épandage du fumier	41
Équation 18. Émissions de CH ₄ attribuables à l'enfouissement de matières résiduelles	43
Équation 19. Calcul du carbone organique dégradé et décomposable (CODDM)	43
Équation 20. Calcul du carbone dégradé et décomposable accumulé.....	44
Équation 21. Calcul du CODDM décomposé	44
Équation 22. Émissions de CH ₄ générées en fonction du carbone organique dégradé et décomposable décomposé	45
Équation 23. Émissions de méthane attribuables à la combustion du biogaz.....	47

Équation 24. Émissions fugitives de méthane attribuables au traitement du biogaz	48
Équation 25. Émissions de méthane attribuables au compostage de matières résiduelles	49
Équation 26. Émissions de N ₂ O attribuables au compostage de matières résiduelles	49
Équation 27. Émissions non biogéniques de CO ₂ attribuables à l'incinération des matières résiduelles municipales, autres que les boues	50
Équation 28. Émissions non biogéniques de CO ₂ attribuables à l'incinération ou au traitement thermique des matières résiduelles municipales, industrielles et dangereuses, des déchets biomédicaux et des boues d'épuration	51
Équation 29. Émissions de CH ₄ attribuables à l'incinération ou au traitement thermique des matières résiduelles	52
Équation 30. Émissions de N ₂ O attribuables à l'incinération ou au traitement thermique des matières résiduelles municipales, industrielles et dangereuses, des déchets biomédicaux et des boues d'épuration calculées à partir des facteurs d'émission	54
Équation 31. Émissions de N ₂ O attribuables à l'incinération ou au traitement thermique des matières résiduelles municipales, industrielles et dangereuses, des déchets biomédicaux et des boues d'épuration calculées selon des données de concentrations dans le gaz de fumée	54
Équation 32. Émissions de CH ₄ attribuables au traitement ou au rejet des eaux usées	55
Équation 33. Émissions de N ₂ O attribuables au traitement ou au rejet des eaux usées	57
Équation 34. Quantité totale d'azote présente dans les eaux usées municipales	59
Équation 35. Quantité totale d'azote présente dans les eaux usées industrielles	59
Équation 36. Quantité totale d'azote envoyée à l'effluent	59
Équation 37. Émissions de GES attribuables aux impacts du projet sur le transfert modal	68
Équation 38. Émissions indirectes attribuables aux impacts du projet sur le transport des marchandises	71
Équation 39. Émissions de carbone noir attribuables à des sources de combustion fixes (niveau 1)	76
Équation 40. Émissions de carbone noir attribuables à des sources de combustion fixes (niveau 2)	78
Équation 41. Émissions de carbone noir des sources de combustion fixes (niveau 2)	79
Équation 42. Émissions de carbone noir attribuables aux sources mobiles routières (niveau 1)	80

TERMES ET DÉFINITIONS

NOTE IMPORTANTE

Les définitions présentées dans ce guide s'inspirent des définitions d'organismes experts en changements climatiques, comme le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et le World Resources Institute (WRI). Si un projet est assujéti à une réglementation au Québec sur les gaz à effet de serre (GES), les définitions présentées dans les règlements ont préséance.

Biocombustible

Tout combustible dont la capacité de génération d'énergie est entièrement dérivée de la biomasse.

Biomasse

Ensemble des matières organiques pouvant devenir des sources d'énergie. On entend par « matières organiques » aussi bien les matières d'origine végétale (résidus alimentaires, bois, feuilles, etc.) que d'origine animale (cadavres d'animaux et êtres vivant du sol).

Biomasse agricole

La biomasse agricole se définit comme l'ensemble des matières organiques produites et issues des systèmes agricoles : viande, lait, cultures, herbe, résidus de culture, effluents d'élevage¹.

Biomasse résiduelle

Matière organique d'origine végétale ou animale essentiellement d'origine forestière, agricole, industrielle ou urbaine.

Biomasse forestière résiduelle

Biomasse d'origine forestière résultant des activités de récolte (rémanents [branches et cimes], parties d'arbres non commerciales, rameaux et feuillages), des activités de première ou de deuxième transformation (écorces, rabotures, sciures et copeaux) ainsi que des boues, des liqueurs de cuisson de papetière, des granules et des bûches de bois compressé. La biomasse forestière résiduelle comprend aussi le bois de déconstruction sans adjuvant, non contaminé, lorsqu'il n'est pas utilisé dans une approche de hiérarchisation des usages de type 3RV-E (réduction à la source, réemploi, recyclage, valorisation et élimination). Les arbres debout ne sont pas considérés comme de la biomasse forestière résiduelle.

¹ ADEME : <https://www.ademe.fr/expertises/produire-autrement/production-agricole/chiffres-cles-observations/biomasse-agricole>

Carbone noir

Aérosol (particules en suspension dans l'air) émis au cours du processus de combustion. Le carbone noir n'est pas émis seul; il fait partie des composants des matières particulaires d'un diamètre inférieur ou égal à 2,5 microns (PM_{2,5})².

Combustible fossile

Combustible solide, liquide ou gazeux, non renouvelable et provenant de la transformation de la masse végétale et animale, à la suite d'un très long processus géologique appelé « méthanisation » et qui produit des composés de chaînes carbonées plus ou moins longues.

Cultures ligneuses

Arbres cultivés sur des terres agricoles marginales, destinés à la combustion (saule à croissance rapide, peuplier hybride, etc.) et dont la méthode de culture s'apparente plus à l'agriculture qu'à la foresterie.

Cultures lignocellulosiques

Cultures de plantes herbacées pérennes destinées à la production énergétique, implantées sur des terres agricoles marginales (miscanthus, alpestre roseau, panic érigé, etc.).

Dette carbone

Temps requis pour qu'un projet de valorisation énergétique de biomasse devienne plus avantageux en termes d'émission de GES que l'utilisation du combustible fossile qu'il remplace. Ce temps requis se cumule annuellement sous forme de dette carbone. La génération de bénéfices en termes de réduction des émissions de CO₂ n'arrive que lorsque cette dette est éliminée, ce qui peut prendre de quelques années à plusieurs décennies, selon les paramètres du projet.

Émissions directes de GES

Émissions de GES dont la source est contrôlée par le responsable d'un projet.

Émissions indirectes de GES

Émissions de GES qui sont une conséquence des activités du projet, mais dont les sources sont contrôlées par d'autres entités.

Émissions de GES attribuables à la combustion

Émissions de GES liées à la réaction exothermique d'un combustible.

Émissions de GES attribuables aux procédés

Émissions issues de certains procédés industriels qui produisent directement des GES et dont le but premier n'est pas de fournir de l'énergie. Cette catégorie d'émissions de GES comprend les émissions résultant de

² Environnement et Changement climatique Canada. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/pollution-atmospherique/publications/inventaire-emissions-carbone-noir-2019/chapitre-1.html#es-1>.

réactions chimiques produites au cours d'un procédé particulier (ex. : le CO₂ résultant de la calcination de la pierre à chaux), les émissions générées par l'emploi de combustibles fossiles comme matières premières ou réactifs chimiques (ex. : le coke métallurgique utilisé comme agent réducteur) et résultant de l'émission directe de certains GES (ex. : le SF₆ utilisé dans divers procédés industriels ou systèmes d'installation particuliers, ou les émissions de HFC des systèmes de réfrigération industrielle).

Émissions de GES autres

Émissions de GES autres que les émissions attribuables à la combustion et aux procédés industriels.

Facteur d'émission de GES³

Facteur permettant de convertir les données des activités en émissions de GES.

Potentiel de réchauffement planétaire (PRP)⁴

Mesure relative de l'effet de réchauffement que l'émission d'un kilogramme d'un GES a à la surface troposphérique en comparaison avec l'effet de réchauffement de l'émission d'un kilogramme de CO₂.

Procédé

Toute méthode, réaction ou opération par laquelle les matières traitées subissent un changement physique ou chimique dans une même ligne de production. On entend aussi par « procédés » toutes les opérations successives réalisées sur une même matière et entraînant le même genre de changement physique.

Puits de GES⁵

Tout processus, activité ou mécanisme qui élimine de l'atmosphère un gaz à effet de serre, un aérosol ou le précurseur d'un gaz à effet de serre ou d'un aérosol.

Réservoir de GES⁶

Composant du système climatique, autre que l'atmosphère, capable de stocker, d'accumuler ou d'émettre une substance préoccupante (ex. : du carbone, un gaz à effet de serre ou un précurseur). Les océans, les sols et les forêts sont des exemples de réservoirs de carbone.

Résidus de culture

Résidus végétaux provenant de l'agriculture et constitués de parties de plantes cultivées qui ne sont pas vouées à la consommation alimentaire (ex. : pailles de céréales, tiges de maïs ou foin de troisième qualité).

Source de GES⁷

Tout procédé, activité ou mécanisme qui libère dans l'atmosphère un gaz à effet de serre, un aérosol ou le précurseur d'un gaz à effet de serre ou d'un aérosol.

³ *Ibid.*

⁴ Définition provenant de l'inventaire québécois des GES.

⁵ GIEC.

⁶ GIEC.

⁷ GIEC.

Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCATF)

Catégorie d'impact utilisée dans les inventaires d'émissions de GES qui couvre les émissions et les absorptions de GES découlant directement des activités humaines liées à l'utilisation des terres, à leurs changements d'affectation et à la forêt, à l'exclusion de l'agriculture, dont les émissions sont comptabilisées ailleurs. En anglais : « Land use, land-use change, and forestry » (LULUCF)

SIGLES, ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

API	American Petroleum Institute
CH ₄	Méthane
CO ₂	Dioxyde de carbone
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
éq. CO ₂	Équivalent dioxyde de carbone
g CH ₄	Gramme de méthane
g CO ₂	Gramme de dioxyde de carbone
g éq. CO ₂	Gramme d'équivalent dioxyde de carbone
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GJ	Gigajoule
g N ₂ O	Gramme d'oxyde nitreux
GNL	Gaz naturel liquéfié
HFC	Hydrofluorocarbures
HFO	Hydrofluoroléfines
kg CH ₄	Kilogramme de méthane
kg éq. CO ₂	Kilogramme d'équivalent dioxyde de carbone
kg N ₂ O	Kilogramme d'oxyde nitreux
kWh	Kilowattheure
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MJ	Mégajoule
N ₂ O	Oxyde nitreux
NF ₃	Trifluorure d'azote
PCI	Pouvoir calorifique inférieur
PCS	Pouvoir calorifique supérieur
PEEIE	Procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement

PFC	Perfluorocarbures
PRP	Potentiel de réchauffement planétaire
RDOCECA	Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère
RIN	Rapport d'inventaire national
RREEIE	Règlement relatif à l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement de certains projets
SF ₆	Hexafluorure de soufre
SPEDE	Système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre du Québec
SPR	Source, puits et réservoir de gaz à effet de serre
t éq. CO ₂	Tonne d'équivalent dioxyde de carbone
t éq. CO ₂ /an	Tonne d'équivalent dioxyde de carbone par an
TKT	Tonne-kilomètre transportée
USEPA	United States Environmental Protection Agency
UTCATF	Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie
WRI	World Resources Institute

1. INTRODUCTION

Ce guide a pour but de présenter les méthodologies applicables à la quantification des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans les secteurs touchés par les changements climatiques, particulièrement avant la réalisation d'une activité (voir la mise en garde ci-après). Il découle d'une recherche exhaustive sur les méthodologies élaborées par les organismes reconnus en la matière, notamment le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)⁸ et Environnement et Changement climatique Canada. Actuellement, les personnes qui font la quantification doivent consulter plusieurs références sur les sites Web des différents organismes. Ce guide s'avère donc une première au Québec puisqu'il regroupe, dans un seul et même document, les méthodes et les références permettant de soutenir les clientèles dans leur travail de quantification. Il est prévu que ce guide sera mis à jour périodiquement en fonction des changements apportés aux méthodologies par les organismes responsables.

Plusieurs clientèles dont les entreprises, les consultants, les acteurs gouvernementaux et municipaux, de même que les professionnels peuvent avoir à quantifier les émissions de GES attribuables à une activité.

Le présent guide vise à donner la méthodologie applicable dans le cadre :

- de programmes de réduction des émissions de GES (ex. : conception et mise en œuvre d'un plan d'action pour lutter contre les changements climatiques);
- de demandes de subventions (ex. : programmes municipaux ou provinciaux, ententes avec le fédéral);
- de la déclaration, de la validation et de la vérification des émissions de GES;
- de mesures de réduction des émissions de GES.

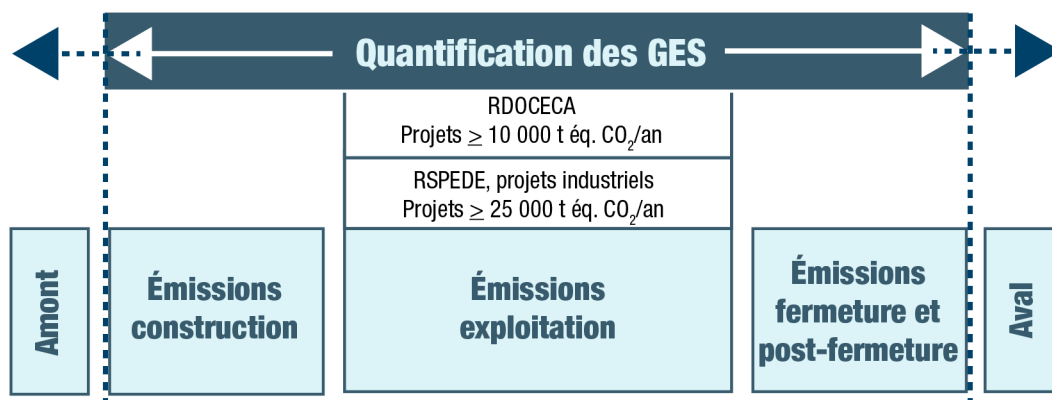
Ce guide présente :

- des généralités sur les gaz à effet de serre;
- la démarche générale d'évaluation des émissions de GES;
- les principales sources d'émission de GES;
- les formules de calcul et les méthodologies applicables pour quantifier les émissions de GES;
- certaines mesures d'atténuation et balises en matière de surveillance et de suivi des émissions de GES.

Note au lecteur : Dans le cadre de l'application du Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère (RDOCECA) et du Règlement concernant le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre (RSPEDÉ), les méthodes réglementées ont préséance. Ces deux réglementations s'appliquent à un certain nombre d'émetteurs selon des seuils d'émissions déterminés et au cours de la phase d'exploitation des projets. Le seuil d'assujettissement au RDOCECA est de 10 000 tonnes d'équivalent CO₂ par année pour les clientèles visées et celui du SPEDE est de 25 000 tonnes d'équivalent CO₂ par année pour les établissements et clientèles visés. La figure suivante présente un schéma simplifié de la portée du guide.

⁸ GIEC, 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. (<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/index.html>). Le GIEC est une entité scientifique relevant de l'Organisation des Nations Unies.

Figure 1. Schéma simplifié de la portée du guide*



* Le schéma n'est pas restrictif. Se référer aux règlements pour connaître leurs exigences spécifiques.

2. CONCEPTS GÉNÉRAUX

2.1. Les GES à considérer

Les GES qui doivent être considérés lors de l'évaluation des émissions sont ceux qu'utilise le RDOCECA, soit :

- le dioxyde de carbone (CO₂);
- le méthane (CH₄);
- l'oxyde nitreux (N₂O);
- l'hexafluorure de soufre (SF₆);
- le trifluorure d'azote (NF₃);
- la famille des hydrofluorocarbures (HFC);
- la famille des perfluorocarbures (PFC).

2.2. Émissions directes et indirectes de GES

2.2.1. Émissions directes de GES

Les émissions directes sont des émissions provenant de sources qui sont imputables à l'émetteur ou au responsable d'un projet, ou qui sont contrôlées par ce dernier. Elles incluent également les émissions de ses sous-traitants.

2.2.2. Émissions indirectes de GES liées à la consommation d'électricité

Il s'agit des émissions indirectes liées à la production d'électricité par une tierce partie, lorsque cette électricité est achetée et consommée par le responsable du projet. À noter qu'en raison du portefeuille énergétique du Québec, composé en grande partie d'hydroélectricité, ces émissions sont généralement très faibles. Toutefois, dans certaines régions du Québec non alimentées par le réseau électrique, elles peuvent s'avérer non négligeables lorsque des combustibles fossiles sont utilisés pour produire l'électricité.

2.2.3. Émissions indirectes de GES en amont, en aval ou sur le cycle de vie

Les émissions indirectes de GES regroupent toutes les autres émissions qui sont hors du contrôle direct de l'émetteur ou du responsable du projet. Plusieurs termes sont employés pour désigner les émissions indirectes : « en amont », « en aval » ou « sur le cycle de vie ».

Définition du terme « en amont »

Le terme « en amont » réfère à toutes les activités industrielles, de l'extraction des ressources jusqu'à la réalisation du projet. Les activités en amont varieront selon la ressource et le type de projet mais, en général, elles comprennent l'extraction, le traitement, la manipulation et le transport des intrants nécessaires. À titre d'exemple, un projet de transport d'hydrocarbures par pipeline peut comprendre les activités en amont suivantes :

- Extraction : exploitation d'un puits de pétrole brut et de gaz, exploitation des champs pétrolifères et gaziers et exploitation in situ;
- Traitement : traitement et valorisation sur le site;
- Manipulation : transfert des produits aux terminaux;
- Transport : transport et exploitation du pipeline avant le projet.

Définition du terme « en aval » :

Les émissions en aval sont associées aux activités postérieures découlant du projet. Par exemple, les émissions de GES liées au flux de circulation routière découlant d'un projet de construction de route constituent des émissions indirectes en aval.

Définition du cycle de vie :

L'approche du cycle de vie vise la prise en compte des impacts (environnementaux, sociaux et économiques) propres à un produit ou à un service, de l'acquisition des ressources à la fin de vie. Les frontières de l'analyse du cycle de vie peuvent être variables, certaines s'étendant « du berceau au « tombeau » (*cradle to grave*), « du puits à la roue » (*well to wheel*) ou se trouvant « en amont » ou « en aval » du projet.

2.3. Sources d'émissions de GES

Aux fins de simplification et pour couvrir le plus grand nombre de cas de figure possible, le présent guide s'inspire des définitions des sources d'émissions proposées par le GIEC et le WRI. Si un projet est assujéti à une réglementation sur les GES, les définitions présentées dans les règlements ont préséance.

2.3.1. Émissions de GES de combustion

Les émissions de GES de combustion sont les émissions liées à une réaction exothermique liée au brûlage d'un combustible. Les émissions de combustion peuvent être de source fixe (ex. : une chaudière pour le chauffage) ou mobile (ex. : un camion de transport des matériaux).

2.3.2. Émissions de GES attribuables aux procédés industriels

Cette catégorie englobe les émissions provenant de l'utilisation non énergétique des combustibles ainsi que les GES émis comme sous-produit dérivant directement des procédés industriels. Elle comprend les émissions mettant en jeu des réactions chimiques autres que la combustion et dont le but premier n'est pas la production d'énergie. Par exemple, des émissions de GES attribuables aux procédés industriels peuvent être générées dans la fabrication de plusieurs produits comme le ciment, le fer, l'acier, l'aluminium ou l'acide nitrique.

Cette catégorie comprend également les émissions de GES produites à différentes fins telles que la réfrigération et la fabrication des mousses plastiques ainsi que les émissions de GES produites par l'utilisation de solvants et d'agents propulseurs et anesthésiques.

Lorsque les émissions des procédés industriels sont produites en même temps que celles du combustible brûlé à des fins énergétiques, elles doivent être séparées et catégorisées en conséquence.

2.3.3. Émissions de GES autres

Les « émissions de GES autres » sont toutes celles qui ne sont pas attribuables à la combustion ni aux procédés industriels. En voici quelques exemples :

- les émissions fugitives de méthane provenant de la décomposition des matières organiques dans un lieu d'enfouissement;
- les émissions de méthane attribuables à la fermentation entérique chez les ruminants;
- les émissions d'oxyde nitreux (N₂O) dues à l'épandage d'engrais;
- les émissions de CH₄ ou de N₂O dues au traitement des eaux usées;
- les émissions liées à l'utilisation d'explosifs dans le cadre de projets miniers ou routiers, par exemple;
- les pertes de réservoirs de carbone liées à la déforestation ou au changement d'affectation des terres.

2.3.4. Le cas particulier des émissions biogéniques de CO₂

Les émissions de CO₂ provenant de la biomasse sont nommées « émissions biogéniques ». Elles sont associées au cycle court du carbone, à la décomposition ou à la combustion des matières organiques en présence d'oxygène. Ces émissions sont considérées comme carboneutres et doivent être prises en compte distinctement des émissions de GES non biogéniques. À noter cependant que les émissions de CH₄ et de N₂O issues de la biomasse ne sont pas carboneutres. Des exemples de combustibles carboneutres sont la biomasse résiduelle, le biogaz, les granules de bois, la liqueur mixte, l'éthanol et le biodiesel. Ces émissions doivent être présentées à part dans les résultats de la quantification. L'annexe D donne plus de détails sur les émissions biogéniques.

2.3.5. Exemples de sources d'émissions en fonction des phases de réalisation

Figure 2. Exemples de sources d'émissions en fonction des phases d'une activité

Construction (C)	Exploitation (E)	Fermeture, post-fermeture (F)
Sources combustion fixes (ex. : génératrices)	Source combustion fixes (ex. : chaudières)	Sources combustion fixes (ex. : génératrices)
Sources combustion mobiles (ex. : transport, machinerie)	Sources combustion mobiles (ex. : idem)	Sources combustion mobiles (ex. : idem)
Explosifs (ex. : routes, mines)	Procédés industriels, réfrigération	Transports hydrocarbures Émissions fugitives
Déboisement ex. : lieu d'enfouissement, mine, biocarburants	Énergie électrique Émissions fugitives (ex. : SF ₆ , CH ₄)	
Inondations des écosystèmes (ex. : barrages, digues)		

2.3.6. Exemples de sources d'émissions associées aux différents GES

Tableau 1. Exemples d'émissions de GES associées à différentes activités	
GES	Sources principales (liste non exhaustive)
Dioxyde de carbone (CO ₂)	• Combustion de combustibles • Procédés industriels
Méthane (CH ₄)	• Lieux d'enfouissement • Projets pétroliers et gaziers • Élevage de bétail
Oxyde nitreux (N ₂ O)	• Projets agricoles
Hexafluorure de soufre (SF ₆)	• Production et transport d'électricité • Fabrication de composants électroniques • Production de magnésium
Trifluorure d'azote (NF ₃)	• Fabrication de semi-conducteurs, de panneaux solaires, de téléviseurs à écran plat et d'écrans tactiles
Familles des hydrofluorocarbures (HFC) et des perfluorocarbures (PFC)	• Équipements de réfrigération et de climatisation

2.3.7. Exclusions

Il est possible d'exclure toutes les sources qui, cumulativement, représentent moins de 3 % des émissions totales de GES générées dans le cadre du projet et qui, par conséquent, peuvent être considérées comme négligeables. L'exclusion doit être justifiée par une quantification sommaire basée sur des hypothèses crédibles et vérifiables, par une comparaison avec un projet similaire ou par toute autre démarche permettant de démontrer que les émissions représentent moins de 3 %.

2.4. Démarche de quantification

Ce guide propose cinq grandes étapes pour faciliter la quantification des émissions de GES :

1. Identifier les sources d'émission de GES;
2. Examiner si des exigences réglementaires particulières s'appliquent aux émissions de GES;
3. Quantifier les impacts des émissions de GES;
4. Élaborer un plan des mesures d'atténuation des impacts;
5. Élaborer un plan de surveillance et de suivi des émissions de GES.

Tableau 2. Étapes de la démarche de quantification des émissions de GES	
Action	Observations
1. Identifier les sources d'émission de GES	
- Identifier toutes les sources d'émission de GES liées à l'activité, au projet ou à la mesure	Toutes les sources pour toutes les phases doivent être identifiées.
- Identifier les impacts de l'activité, du projet ou de la mesure sur les puits et les réservoirs de carbone	Les puits et les réservoirs de carbone (forêts, milieux humides, formations géologiques, etc.) jouent un rôle important dans les changements climatiques et ne doivent pas être négligés dans la quantification des émissions de GES.
2. Examiner si des exigences réglementaires particulières s'appliquent aux émissions de GES	Le RDOCECA, le RSPÉDE et le Règlement sur les halocarbures sont des exemples de réglementations visant les émissions de GES.
3. Quantifier les impacts de l'activité, du projet ou de la mesure sur les émissions de GES	
- Quantifier l'ensemble des émissions de GES	Déterminer les émissions de GES générées à toutes les phases de l'activité, du projet ou de la mesure, en utilisant des sources de quantification reconnues et basées sur des hypothèses fiables et vérifiables. Le présent guide propose des méthodologies de quantification.
- Quantifier les impacts de l'activité, du projet ou de la mesure sur l'augmentation ou la réduction des puits et réservoirs de carbone	Exemple d'impact potentiel sur les puits et réservoirs de carbone : activités de déboisement. Exemple d'impacts sur un puits : captage et séquestration du CO ₂ .
- Respecter les principes de quantification des GES	Pertinence : Considérer uniquement les sources permettant la quantification des émissions de GES. Exhaustivité : Intégrer toutes les données pertinentes. Lorsque le choix est fait d'exclure une source d'émission de GES, une justification doit être fournie. Cohérence : Utiliser une méthodologie de calcul cohérente précise et appropriée. Exactitude : Limiter les incertitudes. Transparence : Donner accès aux données, à leurs sources, aux références et aux méthodologies de calcul utilisées. La documentation du projet doit inclure suffisamment de références aux sources des données et à la méthodologie (surtout si elle diffère de celle du présent guide). Prudence : Recourir à des hypothèses, à des données et à des méthodologies raisonnables, de façon à ne pas sous-estimer les émissions de GES.
4. Élaborer un plan des mesures d'atténuation des impacts des GES	Le plan des mesures d'atténuation vise l'élaboration de moyens pour réduire les impacts des émissions de GES de l'activité, du projet ou de la mesure.

Tableau 2. Étapes de la démarche de quantification des émissions de GES	
Action	Observations
	Les réductions de GES découlant des mesures d'atténuation doivent être quantifiées. La section 4 du guide présente plus de détails sur l'élaboration du plan des mesures d'atténuation.
5. Élaborer un plan de surveillance des émissions de GES	Le plan de surveillance permet de suivre l'évolution des émissions de GES et d'observer l'efficacité des mesures d'atténuation dans le temps. Généralement, un plan de surveillance précise notamment le types de données à recueillir (ex. : consommation de carburant d'un équipement), le processus et les méthodes appliqués pour recueillir ces données, la fréquence de prise des données, ainsi que les résultats annuels. La section 4 du guide présente plus de détails à ce sujet.

2.5. Rapports de quantification

Tout rapport de quantification doit être déposé par une personne compétente dans le domaine de la quantification des émissions de GES (voir la section suivante pour plus de détails). Les cinq étapes de la démarche générale de quantification explicitées précédemment devraient minimalement constituer la base de tout rapport de quantification. Voici des exemples de contenu de rapports de quantification.

2.5.1. Pour l'évaluation des impacts des émissions de GES attribuables à une activité ou à un projet

Le rapport doit minimalement présenter :

- Les étapes de la démarche générale de quantification;
- Les méthodologies de quantification employées;
- Les émissions de GES annuelles attribuables à toutes les sources d'émission du projet (voir la section sur la présentation des résultats);
- Les mesures d'atténuation et les réductions d'émissions de GES en découlant;
- La manière dont les mesures d'atténuation sont mises en œuvre;
- Le plan de surveillance des émissions;
- Les qualifications de la personne qui effectue la quantification ou l'organisme de quantification.

Pour les projets [d'exploration et d'exploitation des hydrocarbures](#), le guide présente des particularités qui doivent se retrouver dans le rapport de quantification.

2.5.2. Pour les projets de réduction des émissions de GES

Le rapport de quantification peut s'inspirer du Modèle de rapport sur les GES pour le Registre des GES ÉcoProjets® publié sur Internet par le Groupe CSAMC⁹. On doit minimalement y trouver :

- La description du projet (scénario de projet);
- Le scénario de référence et une justification de son choix;
- L'inventaire des sources, puits et réservoirs pour le projet et le scénario de référence;
- La quantification et le calcul des émissions de GES;
- Un résumé des analyses des impacts environnementaux;
- Des précisions sur la surveillance du système de gestion des données et des renseignements et sur les mécanismes de contrôle des données;
- Des précisions sur la déclaration et la vérification;
- Tout aspect en lien avec un programme potentiel auquel le projet de réduction est rattaché;
- Les qualifications de la personne qui effectue la quantification ou une présentation de l'organisme de quantification.
- Tout autre aspect pertinent.

À noter que cette liste n'est donnée qu'à titre indicatif et que les critères du programme, le cas échéant, ont préséance sur cette liste.

2.6. Personne compétente en quantification des émissions de GES

On entend par « personne compétente en quantification », toute personne physique ou morale qui peut démontrer qu'elle a les compétences en matière de quantification d'émissions de GES et qui minimalement :

- a suivi la formation sur une des trois parties de la norme ISO 14 064¹⁰ portant sur les gaz à effet de serre, réalisé des quantifications dans le cadre de ses fonctions et peut en fournir la preuve;
- OU
- possède une accréditation selon la norme ISO 14 065 pour la validation et la vérification des gaz, a réalisé des quantifications dans le cadre de ses fonctions et peut en fournir la preuve (ex. : attestation ou preuve de formation sur la norme ISO 14 064).

Cette personne peut être une ressource interne ou externe de l'organisation. Son accréditation n'est pas obligatoire mais souhaitable.

⁹ https://www.csaregistris.ca/assets/rtrf/GHG_Report_Template_f.rtf.

¹⁰ 14 064-1 : Principes essentiels des inventaires de gaz à effet de serre pour les organisations

14 064-2 : Spécifications et lignes directrices, au niveau des projets, pour la quantification, la surveillance et la déclaration des réductions d'émissions ou d'accroissements des suppressions des gaz à effet de serre

14 064-3 : Spécifications et lignes directrices pour la validation et la vérification des déclarations des gaz à effet de serre

2.7. Présentation des résultats et potentiels de réchauffement planétaire

Les résultats doivent être présentés :

- En unités métriques, conformément aux principes du GIEC et aux conventions internationales;
- Sur une base annuelle par année civile;
- Selon le nombre d'années d'émission lors des phases de construction et de fermeture ou de post-fermeture, le cas échéant;
- Individuellement par GES (CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, etc.);
- Additionnés pour tous les GES et exprimés en tonnes d'équivalent dioxyde de carbone (t éq. CO₂). L'équivalent dioxyde de carbone est calculé à l'aide de la masse d'un GES donné, multipliée par son potentiel de réchauffement planétaire (PRP). Les PRP à utiliser pour réaliser la quantification des émissions de GES sont présentés au tableau 3;
- En distinguant chacune des phases applicables du projet (construction, exploitation, fermeture);
- En distinguant les différentes catégories de sources d'émissions applicables (combustion mobile, combustion fixe, procédé, autres);
- En distinguant les émissions non biogéniques des émissions biogéniques de CO₂;
- En intensité d'émission (empreinte carbone) lorsque cela est utile ou requis dans un projet ou à des fins de comparaison avec d'autres projets similaires (ex. : émissions totales de GES par unité de production d'une industrie, émissions totales de GES par kilomètre de route construit, émissions de GES par passager-année pour le transport collectif).

Tableau 3. Potentiel de réchauffement planétaire des différents GES (4^e rapport du GIEC)

Type de GES	Quantité (tonnes métriques)	Potentiel de réchauffement planétaire (sans unités)	Équivalent dioxyde de carbone (t éq. CO ₂)
Dioxyde de carbone (CO ₂)	1	1	1
Méthane (CH ₄)	1	25	25
Oxyde nitreux (N ₂ O)	1	298	298
Hexafluorure de soufre (SF ₆)	1	22 800	22 800
Trifluorure d'Azote (NF ₃)	1	17 200	17 200
Hydrofluorocarbures (HFC)	1	Peut varier de 12 à presque 15 000	Variable, selon les molécules considérées ¹¹
Perfluorocarbures (PFC)	1	Peut varier de 7 000 à près de 18 000	Variable, selon les molécules considérées

¹¹ Environnement et Changement climatique Canada : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/orientation-quantification/potentiels-rechauffement-planetaire.html>.

Une liste complète des PRP des GES est présentée dans l'inventaire québécois des émissions de GES, mis à jour chaque année par le MELCC, et disponible à l'adresse suivante :

www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/index.htm.

3. QUANTIFICATION DES ÉMISSIONS DE GES

Cette section présente les équations et les méthodes de calcul à appliquer pour évaluer les émissions de GES selon différentes sources d'émissions. Elles sont particulièrement pertinentes avant la réalisation d'une activité en l'absence de données réelles. L'aide-mémoire présenté à [l'annexe A](#) permet de faire un repérage rapide des sources d'émissions de GES. Des liens hypertextes mènent directement aux équations.

NOTES IMPORTANTES

Il est possible d'utiliser d'autres méthodes de calcul que celles présentées dans cette section. Le cas échéant, elles doivent être justifiées, avec les références à l'appui, et reposer sur des hypothèses crédibles, raisonnables, transparentes et « conservatrices ».

Par ailleurs, nous réitérons que, dans le cas d'un projet assujéti au RDOCECA et au RSPEDE, les méthodes de quantification prévues dans ces règlements ont préséance.

3.1. Émissions attribuables aux systèmes de combustion fixes

Les émissions de GES attribuables à la production d'énergie sous la forme d'électricité, de chaleur ou de vapeur par des systèmes de combustion fixes (ex. : four ou appareil de combustion, chaudière ou génératrice) doivent être calculées conformément à l'équation 1. Les facteurs d'émission à utiliser sont ceux des tableaux 1-1 à 1-8 de l'annexe A.2 du [RDOCECA](#).

Les émissions de GES des systèmes de combustion fixes se calculent à l'aide de l'estimation de la quantité de divers types de combustibles consommés et des facteurs d'émission de GES correspondant à chaque type de combustible (i), conformément à l'équation 1.

Équation 1. Émissions de GES attribuables à des sources de combustion fixes

$$\text{Émissions de gaz à effet de serre} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{Quantité de combustible } i \text{ consommée} \times \text{Facteur d'émission}_i$$

Cette équation peut être utilisée pour tous les types de combustibles, y compris les combustibles dont la source est la biomasse.

3.2. Émissions attribuables aux systèmes de combustion mobiles

Les sources visées, y compris leur utilisation par des sous-traitants, sont :

- a. Tout équipement mobile généralement utilisé sur le site d'une installation ou d'un établissement pour le transport ou le déplacement de substances, de matériaux ou de produits;
- b. Tout équipement mobile (ex. : tracteur, grue, niveleuse, chargeuse-pelleteuse ou boueur) utilisé pour réaliser les activités de construction, d'exploitation (ex. : activités de transbordement ou transport du minerai) ou de fermeture du projet;
- c. Les émissions attribuables au transport des matériaux entrants nécessaires à la construction et à l'exploitation;
- d. Les émissions attribuables au transport des matériaux d'excavation et de remblai sortants générées par la construction et l'exploitation;
- e. Les émissions attribuables aux équipements mobiles utilisés directement ou indirectement par certaines activités comme le transport des travailleurs, des matières premières ou des produits finis.

Les émissions attribuables aux systèmes de combustion mobiles sont estimées à partir de l'équation 2 pour chaque type de combustible (i). À noter que l'équation 2 est semblable à l'équation 1, mais que les facteurs d'émission diffèrent.

Équation 2. Émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements mobiles

$$\text{Émissions de gaz à effet de serre} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{Quantité de carburant } i \text{ consommée} \times \text{Facteur d'émission}_i$$

Pour connaître les facteurs d'émission de GES associés aux carburants, se référer aux tableaux ci-après.

Tableau 4. Facteurs d'émission associés aux équipements mobiles de combustion, en équivalent CO₂					
Équipements mobiles ou combustible	g CO₂/litre	g CH₄/litre	g N₂O/litre	g éq. CO₂/litre	Référence
Essence pour automobile	2307	0,14	0,022	2317	*
Carburants diesel	2681	0,11	0,151	2729	*
Propane	1515	0,64	0,028	1539	*
Véhicules hors route à essence	2307	10,61	0,013	2576	*
Véhicules hors route au diesel	2681	0,073	0,022	2689	*
Véhicules au gaz naturel	1,9	0,009	0,00006	2,143	*, ***
Essence d'aviation	2365	2,2	0,23	2489	*
Carburéacteur	2560	0,029	0,071	2582	*
Trains alimentés au diesel	2681	0,15	1	2983	*
Bateaux à essence	2307	0,22	0,063	2331	*
Navires à moteur diesel	2681	0,25	0,072	2709	*
Navires au mazout léger	2753	0,26	0,073	2781	*
Navires au mazout lourd	3156	0,29	0,082	3188	*

Tableau 5. Facteurs d'émission associés aux biocarburants, en équivalent CO₂				
Biocarburants liquides	Émissions biogéniques	Émissions non biogéniques		Référence
	Facteur d'émission (g CO₂/litre)	Facteur d'émission (g CH₄/litre)	Facteur d'émission (g N₂O/litre)	
Éthanol (100 %)	1508	0,14	0,022	*
Biodiesel (100 %)	2472	0,11	0,151	*
Biocarburants gazeux	Émissions biogéniques	Émissions non biogéniques		Référence
	Facteur d'émission (g CO₂/m³)	Facteur d'émission (g CH₄/m³)	Facteur d'émission (g N₂O/m³)	
Biogaz	1887	0,037	0,033	**

* Rapport d'inventaire national (RIN) 1990-2017. Partie II. Tableau A6-13 – Emission Factors for Energy Mobile Combustion Sources.

** RIN 1990-2017. Partie II. Tableaux A6-1 et A6-2.

*** Aux conditions standards de température et de pression.

Pour ce qui est des émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements mobiles hors route, il est aussi possible d'estimer la consommation de combustibles à partir du facteur BSFC¹², qui représente la consommation de diesel des équipements par puissance (HP) et par heure d'utilisation. Ce facteur est exprimé en livres de diesel par HP et par heure et peut être déterminé à partir des tableaux A4, C1 et C2 du document « Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compression-Ignition in MOVES201X », publié par la United States Environmental Protection Agency (USEPA)¹³.

3.3. Émissions de GES indirectes attribuables à la consommation d'énergie électrique

Les émissions annuelles de GES indirectes attribuables à la consommation électrique (en réseau) peuvent être déterminées à partir de la consommation annuelle d'électricité et du facteur d'émission de GES associé à la production d'électricité au Québec. Le [tableau A13-6 du Rapport d'inventaire national d'Environnement et Changement climatique Canada](#)¹⁴ indique les grammes d'équivalent CO₂ émis par kilowattheure d'électricité générée au Québec. Comme les rapports d'inventaire sont annuels, les facteurs à utiliser doivent être les plus récents.

Si l'électricité provient d'une centrale thermique, les émissions de GES peuvent aussi être calculées à partir de la consommation annuelle d'électricité prévue et de l'intensité des émissions de GES (en grammes d'équivalent CO₂ par kilowattheure) de la centrale.

3.4. Émissions de GES attribuables aux procédés industriels

Le [RDOCECA](#) est la principale référence pour la quantification des émissions de GES du secteur industriel. Pour rappel, voir la mise en garde formulée en introduction sur la présence des normes et méthodes prescrites par ce règlement.

Le tableau 6 présente la liste des protocoles du RDOCECA applicables à la quantification des émissions de GES pour différentes activités émettrices en cours de réalisation. Le tableau présente également, à titre d'information, les principales sources d'émissions (liste non exhaustive) associées à ces activités.

Si aucun des protocoles du tableau 6 n'est applicable au type de procédé ou à l'équipement utilisé, d'autres méthodes de quantification des émissions de GES doivent être utilisées. Le cas échéant, il faut préciser la méthodologie et les calculs détaillés et fournir les références à l'appui. Les méthodes de quantification doivent être fiables, reconnues et vérifiables.

¹² Brake-Specific Fuel Consumption.

<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P10005BI.PDF?Dockey=P10005BI.PDF>.

<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P10005BI.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2000+Thru+2005&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C00thru05%5Ctxt%5C00000013%5CP10005BI.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL>

¹³ Ibid

¹⁴ Canada-national Inventory Report 1990-2017- Partie 3, tableau A13-6 Electricity Generation and GHG Emission Details for Quebec (non disponible en français au moment de rédiger ce guide).

Tableau 6. Protocoles de quantification des émissions de GES attribuables aux secteurs industriels visés par le RDOCECA

Secteur générant des émissions de procédés	Protocoles du RDOCECA	Description et principales sources de GES ^{15 16 17 18 19}
Production d'aluminium	QC.3	Dans le procédé de production de l'aluminium primaire (Hall-Heroult), les émissions de GES varieront en fonction des différentes technologies (relativement aux anodes et à l'alimentation en alumine) : anodes précuites à piquage central, anodes précuites à piquage périphérique, Søderberg à goujons horizontaux et Søderberg à goujons verticaux. Au Québec, les deux dernières technologies n'existent plus. Les émissions de GES les plus significatives sont : i) Les émissions de CO ₂ issues de la consommation d'anodes de carbone dans la réaction convertissant l'oxyde d'aluminium en aluminium métallique; ii) Les émissions de PFC de CF ₄ et C ₂ F ₆ pendant les effets d'anode.
Production de ciment	QC.4	La pierre calcaire (CaCO ₃), la dolomie (CaMg.(CO ₃) ₂) et les autres carbonates (ex. : MgCO ₃ et FeCO ₃) sont des matières premières de base ayant des applications commerciales notamment dans la production de ciment, de chaux et de verre. Les carbonates sont aussi consommés, notamment, dans la métallurgie (ex. : sidérurgie et métallurgie), l'agriculture et la construction. La calcination des carbonates à haute température rejette du CO ₂ .
Entreposage de charbon	QC.5	Le gaz de charbon est principalement constitué de CH ₄ qui est piégé au cœur de la matrice solide du charbon. Par conséquent, lors de l'entreposage, du CH ₄ s'échappe passivement et sa magnitude dépend de la quantité entreposée et de la provenance du charbon.
Production d'hydrogène	QC.6	L'hydrogène est produit majoritairement à partir de sources d'énergie par reformage de combustibles fossiles (gaz naturel, hydrocarbures liquides et charbon). Par conséquent, sa production constitue une source non négligeable d'émissions de GES. Toutefois, la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau est exclue des calculs.
Production de fer et d'acier	QC.7	La production sidérurgique (obtention de fonte, de fer et d'acier à partir de minerai de fer) génère des émissions de CO ₂ , de CH ₄ et de N ₂ O.
Production de chaux	QC.8	Voir QC.4.
Raffinerie de pétrole	QC.9	Les sources visées sont tous les procédés utilisés pour la production d'essence, d'hydrocarbures aromatiques, de kérosène, de mazout léger et lourd, de diesel, de lubrifiants, de bitume ou d'autres produits obtenus par distillation du pétrole ou par redistillation, craquage, réarrangement ou reformage de dérivés du pétrole.

¹⁵ RDOCECA et Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC 2006).

¹⁶ GIEC, 2006. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/pdf/3_Volume3/V3_3_Ch3_Chemical_Industry.pdf.

¹⁷ GIEC, 2006. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/pdf/3_Volume3/V3_4_Ch4_Metal_Industry.pdf.

¹⁸ GIEC 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/pdf/3_Volume3/V3_2_Ch2_Mineral_Industry.pdf.

¹⁹ GIEC, 2006. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/pdf/3_Volume3/V3_6_Ch6_Electronics_Industry.pdf.

Tableau 6. Protocoles de quantification des émissions de GES attribuables aux secteurs industriels visés par le RDOCECA

Secteur générant des émissions de procédés	Protocoles du RDOCECA	Description et principales sources de GES ^{15 16 17 18 19}
Fabrication de pâtes et papiers	QC.10	Les sources visées sont les émissions de GES liées : • à l'utilisation d'équipements fixes de combustion; • à la combustion de la biomasse; • à la production d'électricité; • au traitement anaérobie des eaux usées. À noter que le protocole QC.10 sert à recueillir certaines informations et ne comporte pas de méthodes de calcul. Le protocole fait référence à d'autres protocoles pour le calcul des émissions.
Production de carbonate de sodium	QC.11	Le carbonate de sodium (Na_2CO_3) est utilisé comme matière première dans un grand nombre d'industries, notamment la fabrication du verre, des savons, des détergents et des pâtes et papiers. Les GES émis sont du CO_2 et l'émissivité varie en fonction du type de procédé.
Fabrication de produits pétrochimiques	QC.12	L'industrie pétrochimique utilise des combustibles fossiles primaires (gaz naturel, pétrole, charbon) et d'autres produits dérivés du pétrole pour des besoins non combustibles, c'est-à-dire non énergétiques.
Production d'acide adipique	QC.13	L'acide adipique est utilisé dans la fabrication de plusieurs produits, notamment des fibres synthétiques (nylon), des revêtements, des plastiques, des mousses d'uréthane et des lubrifiants synthétiques. L'acide adipique est une source significative de N_2O .
Production de plomb	QC.14	Les principaux procédés de production primaire du plomb (agglomération/fonte et fusion directe) impliquent la combustion dans des fours. Les deux procédés génèrent du CO_2 non énergétique (ex. : utilisation d'agents réducteurs comme le coke métallurgique et le gaz naturel). La production secondaire de plomb (recyclage) génère aussi du CO_2 .
Production de zinc	QC.15	Différents procédés de production de zinc primaire (ex. : électrothermie, pyrométallurgie et hydrométallurgie) impliquent de la combustion. Ces procédés émettent du CO_2 non énergétique (ex. : utilisation d'agents réducteurs comme le coke métallurgique et le gaz naturel).
Production de nickel et de cuivre	QC.18	Les procédés visés sont ceux liés à l'élimination des impuretés présentes dans le concentré de nickel ou de cuivre par l'ajout de réactifs carbonatés, à l'extraction des métaux présents notamment dans les minerais oxydés à l'aide d'agents réducteurs servant à l'épuration des scories, à la consommation d'électrodes dans les fours à arc électrique et à l'élimination de matières premières contenant du carbone, telles que les matières premières recyclées.
Production de ferroalliages	QC.19	Les ferroalliages sont des alliages concentrés de fer et d'un ou plusieurs autres métaux tels que le manganèse, le silicium, le chrome, le molybdène, le vanadium ou le tungstène. La production de ferroalliages

Tableau 6. Protocoles de quantification des émissions de GES attribuables aux secteurs industriels visés par le RDOCECA

Secteur générant des émissions de procédés	Protocoles du RDOCECA	Description et principales sources de GES ^{15 16 17 18 19}
		implique un procédé de réduction métallurgique qui a pour résultat des émissions de CO ₂ significatives.
Production de magnésium	QC.20	Le magnésium primaire peut être produit par électrolyse ou par réduction thermique. Les matières premières utilisées sont notamment la dolomite, la magnésite et la serpentine. Le traitement de matières premières relâchera du CO ₂ . La production et le moulage de tout métal de magnésium nécessitent un système de protection pour éviter la combustion, et certains de ces systèmes utilisent du SF ₆ , un GES dont le potentiel de réchauffement planétaire est environ 23 000 fois plus élevé que celui du CO ₂ .
Production d'acide nitrique	QC.21	L'acide nitrique (HNO ₃) est utilisé comme matière première, principalement dans la fabrication d'engrais à base d'azote, dans la production d'acide adipique et d'explosifs (ex. : dynamite), ainsi que dans la gravure de métaux et le traitement de métaux ferreux. La production d'acide nitrique (HNO ₃) peut être une source significative d'émissions de N ₂ O.
Production d'acide phosphorique	QC.22	L'acide phosphorique est généralement produit par la réaction entre la roche phosphatée et de l'acide sulfurique. Additionnellement, une deuxième réaction se produit entre les carbonates présents dans le minerai (principalement du carbonate de calcium) et de l'acide sulfurique libérant du CO ₂ . La quantité de carbonates présente dans le minerai dépend de la région d'où le minerai est prélevé.
Production d'ammoniac	QC.23	La production d'ammoniac (NH ₃) requiert une source d'azote (N) et d'hydrogène (H). La majeure partie de la production d'ammoniac est faite à partir de gaz naturel (principalement de méthane [CH ₄]).
Transport et distribution d'électricité et utilisation d'équipements de production d'électricité	QC.24	L'hexafluorure de soufre (SF ₆) est utilisé pour l'isolation électrique et l'interruption de courant dans l'équipement utilisé pour la transmission et la distribution de l'électricité. Le SF ₆ et CF ₄ peuvent être également utilisés dans les postes électriques, les disjoncteurs et les lignes de haute tension. Les émissions de GES se produisent à chaque phase du cycle de vie de l'équipement, y compris la fabrication, l'installation, l'utilisation, la maintenance et la mise au rebut.
Utilisation de carbonates	QC.25	Voir QC.4.
Production de verre	QC.26	Les principales matières premières de verre qui émettent du CO ₂ pendant le procédé de fonte sont la pierre calcaire (CaCO ₃) et la dolomie (CaMg(CO ₃) ₂), deux carbonates, ainsi que la cendre de soude (Na ₂ CO ₃). Voir aussi QC.4.
Fabrication de matériel électronique	QC.28	Les principaux GES émis par cette industrie sont le NF ₃ (17 200 fois plus puissant que le CO ₂ en termes de potentiel de réchauffement planétaire), le SF ₆ (près de 23 000 fois plus puissant que le CO ₂) et les PFC (de 7 000 à près de 18 000 fois plus puissants que le CO ₂) qui sont utilisés à des

Tableau 6. Protocoles de quantification des émissions de GES attribuables aux secteurs industriels visés par le RDOCECA

Secteur générant des émissions de procédés	Protocoles du RDOCECA	Description et principales sources de GES ^{15 16 17 18 19}
		étapes importantes de la fabrication d'appareils électroniques (gravure par plasma et nettoyage de dépôts chimiques).
Transport et distribution de gaz naturel (procédés et équipements)	QC.29	Les sources visées sont : • la compression du gaz naturel aux fins de transport terrestre; • le stockage souterrain de gaz naturel; • le stockage de gaz naturel liquéfié (GNL); • l'importation et l'exportation de GNL; • les pipelines de transport de gaz naturel; • la distribution de gaz naturel, laquelle comprend tout équipement en aval des soupapes d'arrêt des pipelines de transport où s'effectue, pour la première fois, une réduction de la pression, en vue de la livraison du gaz naturel aux consommateurs.
Production de dioxyde de titane ¹⁹	QC.31	Le dioxyde de titane (TiO ₂) est utilisé principalement dans la fabrication de peinture, puis pour celle du papier, des plastiques, du caoutchouc, etc. Les émissions de TiO ₂ de CO ₂ sont associées au procédé par réaction chimique.
Production de scories de dioxyde de titane à partir de la réduction de l'ilménite et traitement de fonte liquide ¹⁹	QC.32	Les scories de dioxyde de titane servent de matière pour la production de dioxyde de titane (TiO ₂) (voir QC.31). Les émissions de CO ₂ sont principalement attribuables à la réduction de l'ilménite à partir de charbon.
Exploration et exploitation de pétrole et de gaz naturel et traitement du gaz naturel	QC.33	Ces sources d'émissions de GES sont liées aux procédés et aux équipements utilisés lors de l'exploration et de l'exploitation du pétrole et du gaz naturel en milieux aquatique et terrestre.
Production de poudres de fer et d'acier	QC.34	Ces sources d'émissions de GES sont liées aux procédés : • d'atomisation de la fonte liquide; • de décarburation de la poudre de fer; • de mise en nuance de l'acier; • de recuit de la poudre d'acier.

Sources : RDOCECA et Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC 2006).

3.5. Émissions de GES attribuables à l'exploitation minière et aux procédés de transformation des minerais

Le secteur minier a des particularités qui doivent être prises en compte dans la quantification des émissions de GES. Parmi ces particularités, notons la localisation en milieu non desservi par le réseau électrique principal. Si l'électricité est produite par un parc de génératrices ou par une centrale thermique, les émissions de GES peuvent être calculées à partir de la consommation annuelle d'électricité prévue et de l'intensité des émissions de GES (en grammes d'équivalent CO₂ par kilowattheure) de cette production électrique. Si l'électricité provient du réseau électrique principal, les émissions peuvent être calculées à partir de [l'équation présentée à la section sur les émissions indirectes attribuables à la consommation d'énergie électrique](#).

Pour ce qui est des émissions de GES attribuables à l'utilisation des équipements de combustion fixes, elles peuvent être calculées à partir de l'équation présentée [à la section sur les systèmes de combustion fixes](#). Le calcul des émissions de GES attribuables au transport du minerai vers l'usine de transformation peut être réalisé à partir de [l'équation présentée à la section sur les systèmes de combustion mobiles](#). Le calcul des émissions liées à l'utilisation d'explosifs est présenté à la section 3.6.

Par ailleurs, certains procédés de transformation de minerais varient selon le type de minerai et ont des spécificités qui sont présentées dans les sections qui suivent. Les sections 3.5.1 et 3.5.2 présentent deux procédés de transformation (production de boulettes de fer et utilisation de carbonates), dont les sources et méthodologies de quantification sont basées sur le RDOCECA. La troisième section porte sur les procédés de transformation de minerais qui ne sont pas visés par un protocole spécifique du RDOCECA.

3.5.1. Calcul des émissions de GES attribuables à la production de boulettes de fer

Pour calculer les émissions de GES de procédés attribuables à la production de boulettes de fer, le protocole QC.7 (« Production de fer et d'acier ») du RDOCECA peut être utilisé.

3.5.2. Calcul des émissions de GES attribuables à l'utilisation de carbonates dans un procédé

Les émissions de GES provenant de ce procédé se produisent principalement dans le four à chaux où les carbonates (matières premières à base de calcaire [CaCO₃, MgCO₃]) sont calcinés à haute température pour produire de la chaux vive (CaO) ou de la chaux dolomitique (CaO-MgO). Cette réaction de calcination engendre des émissions de CO₂²⁰.

Pour estimer les émissions de GES attribuables à ce procédé, le protocole QC.25 du RDOCECA peut être utilisé.

²⁰ ECCC, 2004. Guide pour l'estimation des émissions de GES. <http://publications.gc.ca/collections/Collection/En49-2-9-5F.pdf>.

3.5.3. Autres émissions de GES attribuables à la transformation des minerais

Pour calculer les émissions de GES attribuables à la transformation de minerais autres que celles mentionnées, les méthodologies de quantification du RDOCECA peuvent être utilisées, notamment les protocoles QC.14, QC.15, QC.18, QC.19 et QC.32.

3.6. Émissions de GES attribuables à l'utilisation d'explosifs

Les explosifs émettent des GES lors de la détonation. Les explosifs peuvent être utilisés dans une multitude de projets dont les projets miniers, routiers ou d'infrastructures de transport (ports, aéroports, etc.).

Les émissions de GES attribuables à l'utilisation d'explosifs se calculent à partir de l'équation 5²¹.

Équation 3. Émissions de GES attribuables à l'utilisation d'explosifs

$$E_{CO2_Exp} = \sum_{n=1}^{n=12} 3,664 \times (FFexp_n \times CC_n) \times 0,001$$

Où :

E_{CO2_Exp} = Émissions annuelles de CO₂ dues à la consommation de combustibles fossiles utilisés dans les explosifs, exprimées en tonnes par année;

FFexp_n = Masse de combustible fossile contenue dans les explosifs utilisés dans le mois *n*, exprimée en kilogrammes de combustible;

CC_n = Contenu en carbone moyen du combustible fossile utilisé dans l'explosif au mois *n*, exprimé en kilogrammes de carbone par kilogramme de combustible fossile;

n = Mois;

3,664 = Ratio de poids moléculaire du CO₂ par rapport au carbone;

0,001 = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes.

3.7. Émissions de GES attribuables aux émissions fugitives d'hexafluorure de soufre et de perfluorocarbures

Les émissions de SF₆ attribuables à la production de magnésium sont traitées à la [section sur les procédés industriels](#). Cette activité est visée par un protocole de quantification dans le RDOCECA (QC.20).

Les émissions d'hexafluorure de soufre (SF₆) et de perfluorocarbures (PFC) dont il est question ici sont plutôt associées au transport et à la distribution d'électricité. L'impact de ces émissions est principalement dû au

²¹ A Guidance Document for Reporting Greenhouse Gas Emissions for Large Industry in Newfoundland and Labrador. Government of Newfoundland and Labrador. Office of Climate Change. Mars 2017. http://www.exec.gov.nl.ca/exec/occ/greenhouse-gas-data/GHG_Reporting_Guidance_Document.pdf.

fait que les émissions sont fugitives (donc difficiles à contrôler) et aux potentiels de réchauffement planétaire élevés de ces substances. Le potentiel de réchauffement du SF₆ est près de 23 000 fois supérieur à celui du CO₂ et celui des PFC peut être près de 18 000 fois supérieur à celui du CO₂. L'autre enjeu est le fait que ces gaz ont remplacé des substances délétères (telles que les biphényles polychlorés, c'est-à-dire les BPC) et qu'il n'y a pas encore, à ce jour, de solution de remplacement moins émissive. Dans l'optique où la sécurité énergétique est essentielle, la connaissance des impacts de ces substances, l'application de bonnes pratiques, la recherche et le développement s'avèrent des options souhaitables.

Lors de l'opération des équipements de transport et de distribution d'électricité, des émissions fugitives de SF₆ ou de PFC peuvent survenir en relation avec :

- les opérations de manutention et de transfert de gaz;
- l'exploitation des équipements;
- une panne mécanique des équipements.

Pour calculer les émissions fugitives de SF₆ ou de PFC attribuables à la distribution d'électricité, il est possible d'utiliser la méthodologie de l'Association canadienne de l'électricité²² basée sur les facteurs d'émission, conformément aux équations ci-après.

Équation 4. Estimation des émissions de GES attribuables aux équipements contenant du SF₆ utilisés pour le transport et la distribution d'électricité

$$E_{SF_6} = (0,01 \times Cht_{SF_6} + 0,7 \times ChiSF6_{EMR}) \times PRP_{SF_6} \times 0,001$$

Où :

E_{SF_6} = Émissions de GES attribuables à l'utilisation de SF₆, exprimées en tonnes d'équivalent CO₂ par année;

Cht_{SF_6} = Charge totale de SF₆ dans les équipements existants pendant l'année t, exprimée en kilogrammes de SF₆ par année;

$ChiSF6_{EMR}$ = Charge initiale de SF₆ dans les équipements mis au rebut, exprimée en kilogrammes de SF₆ par année;

PRP_{SF_6} = Potentiel de réchauffement planétaire du SF₆;

0,001 = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes.

Équation 5. Estimation des émissions de GES attribuables aux équipements contenant des PFC utilisés pour le transport et la distribution d'électricité

$$E_{PFC} = (0,01 \times Cht_{PFC} + 0,7 \times ChiPFC_{EMR}) \times PRP_{PFC} \times 0,001$$

²² Environnement Canada. Association canadienne de l'électricité. *Annexe A : Protocole d'estimation et de déclaration des émissions de SF₆ pour les services d'électricité* (version finale). Page 32. http://publications.gc.ca/collections/collection_2013/ec/En4-229-2008-fra.pdf.

Où :

E_{PFC} = Émissions de GES attribuables à l'utilisation de PFC, exprimées en tonnes d'équivalent CO₂ par année;

Ch_{PFC} = Charge totale de PFC dans les équipements existants pendant l'année t , exprimée en kilogrammes de PFC par année;

$Chi_{PFC_{EMR}}$ = Charge initiale de PFC dans les équipements mis au rebut, exprimée en kilogrammes de PFC par année;

PRP_{PFC} = Potentiel de réchauffement planétaire du PFC;

0,001 = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes.

Comme la méthodologie décrite précédemment pourrait s'avérer difficilement applicable dans le cadre d'un avant-projet, il est possible d'utiliser toute autre méthodologie de calcul des émissions fugitives de SF₆ et de PFC, en autant qu'elle soit présentée au Ministère avec le niveau de détails nécessaire et qu'elle repose sur des références et des hypothèses crédibles et vérifiables.

3.8. Émissions fugitives de GES attribuables à l'utilisation d'équipements de réfrigération ou de climatisation

Les fluides utilisés dans les équipements de réfrigération ou de climatisation sont des gaz dont les potentiels de réchauffement planétaire peuvent être de 2 000 à 15 000 fois supérieurs à celui du CO₂. Ces gaz, dont les familles les plus connues sont les hydrofluorocarbures (HFC), les perfluorocarbures (PFC) ou un mélange de ces substances, présentent des problématiques en raison de pertes dans l'atmosphère sous forme d'émissions fugitives. Le Règlement sur les halocarbures (Q-2, r. 29), qui encadre les émissions d'halocarbures dans l'atmosphère, a pour but de protéger la couche d'ozone et de minimiser l'accroissement de l'effet de serre²³.

Afin d'évaluer les émissions annuelles de GES attribuables à l'utilisation d'équipements de réfrigération ou de climatisation, l'équation suivante peut être utilisée en considérant chaque GES (i) et leur addition.

Équation 6. Émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements de réfrigération ou de climatisation

$$E_{GES_Ref} = \frac{[(Q_n \times k) + (C \times X \times A) + (Q_n \times Y \times (1 - Z))]}{100} \times PRP_i \times 0,001$$

²³ <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2029>.

Où :

E_{GES_Refr} = Émissions de GES attribuables à l'utilisation d'équipements de réfrigération, en tonnes d'équivalent CO₂ par année;

Q_n = Quantité de fluide frigorigène ajouté aux nouveaux équipements, en kilogrammes*;

k = Émission initiale (%)*;

C = Capacité totale de l'équipement, en kilogrammes;

X = Émissions annuelles de fonctionnement (%);

A = Nombre d'années d'utilisation**;

Y = Charge initiale restante (%)**;

Z = Efficacité de récupération (%)**;

PRP_i = Potentiel de réchauffement planétaire du fluide réfrigérant i (se référer au [tableau 3](#) du présent document pour les différents PRP à utiliser);

0,001 = facteur de conversion de kilogrammes à tonnes.

* À omettre si aucun équipement n'a été installé ou si l'équipement a été rempli au préalable par le fabricant.

** $A = 1$, puisque les émissions sont calculées sur une base annuelle.

*** À omettre si aucun équipement n'a été retiré durant l'année.

Le tableau 7 permet d'estimer la charge, la durée de vie et les facteurs d'émission des systèmes de réfrigération et de climatisation.

Tableau 7. Charge et facteurs d'émission des systèmes de réfrigération et de climatisation					
	Q_n (kg)	k (% de la charge initiale)	X (% de la charge initiale/année)	Y (% de la charge initiale)	Z (%)
Réfrigération domestique	0,05 à 0,5	0,2 à 1 %	0,1 à 0,5 %	0 à 80 %	0 à 70 %
Applications commerciales indépendantes	0,2 à 6	0,5 à 3 %	1 à 15 %	0 à 80 %	0 à 70 %
Réfrigération commerciale, moyenne et grande industrie	50 à 2 000	0,5 à 3 %	10 à 35 %	0 à 100 %	0 à 70 %
Réfrigération industrielle, y compris pour la transformation	10 à 10 000	0,5 à 3 %	7 à 25 %	50 à 100 %	0 à 90 %

Tableau 7. Charge et facteurs d'émission des systèmes de réfrigération et de climatisation					
	Q_n (kg)	k (% de la charge initiale)	X (% de la charge initiale/année)	Y (% de la charge initiale)	Z (%)
des aliments et la conservation par le froid					
Refroidissement	10 à 2 000	0,2 à 1 %	2 à 15 %	80 à 100 %	0 à 95 %
Climatisation commerciale et résidentielle, y compris les systèmes utilisant les pompes à chaleur	0,5 à 100	0,2 à 1 %	1 à 10 %	0 à 80 %	0 à 80 %

Source : 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 3 : Industrial Processes and Product Use. Table 7.9

3.9. Déboisement

Les activités de déboisement peuvent avoir des impacts importants sur les changements climatiques, lesquels sont documentés notamment par le GIEC sous l'appellation « changement d'affectation des terres ». Le secteur forestier a la capacité de séquestrer le carbone atmosphérique dans la biomasse et, par conséquent, de réduire sa concentration dans l'atmosphère. Selon la documentation scientifique, les écosystèmes forestiers constituent des réservoirs de carbone, et certains projets de grande envergure spatiale (ex. : construction de routes, exploitation d'une mine, construction d'un lieu d'enfouissement technique ou exploitation des hydrocarbures) peuvent affecter ces réservoirs.

Si des activités de déboisement sont réalisées (généralement en phase de construction), un calcul des émissions de GES qui leur sont attribuables doit être effectué. Si des activités de déboisement sont prévues à d'autres phases du projet, elles devront aussi être considérées.

Pour calculer les émissions de GES attribuables au déboisement, il est recommandé de se référer au document du GIEC « Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 : Agriculture, Forestry and Other Land Use » (2019)²⁴. Ces émissions peuvent être calculées en réalisant un bilan de la quantité de carbone présente dans un réservoir de carbone avant et après le projet, à partir de l'équation suivante.

Équation 7. Émissions de CO₂ attribuables au déboisement

$$\text{Émissions de GES (tonnes}_{CO_2}) = N_H \times t_{MSh} \times (1 + T_x) \times CC \times \frac{44}{12}$$

Où :

²⁴ <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>.

$TonnesCO_2$ = Émissions de CO_2 attribuables au déboisement, exprimées en tonnes;

N_H = Nombre d'hectares déboisés;

t_{MSh} = Tonnes de matières sèches par hectare;

T_x = Taux de biomasse souterraine par rapport à la biomasse aérienne;

CC = Contenu en carbone du bois, exprimé en tonnes de carbone par tonne de matières sèches;

44/12 = Ratio masse moléculaire de CO_2 par rapport à la masse moléculaire de C.

Étant donné les particularités de chaque projet et puisqu'il n'est pas possible de les présenter toutes dans ce guide, le tableau 8 indique les références suggérées pour déterminer les valeurs des variables de l'équation précédente.

Tableau 8. Paramètres de l'équation pour déterminer les émissions de CO_2 attribuables aux activités de déboisement	
Paramètre	Références du GIEC
t_{MSh}	Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 : Agriculture, Forestry and Other Land Use. Tableau 4.7
T_x	Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 : Agriculture, Forestry and Other Land Use. Tableau 4.4
CC	Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 : Agriculture, Forestry and Other Land Use. Valeur par défaut = 0,47.

Les émissions de GES dues à la consommation de combustibles ou de carburants par les équipements fixes ou mobiles utilisés lors des activités de déboisement doivent être calculées à l'aide des méthodologies présentées aux sections sur [les systèmes de combustion fixes](#) et [mobiles](#).

De plus, le cas échéant, les émissions (ou les réductions) de GES dues à l'utilisation du bois coupé ou à la décomposition des résidus de coupe laissés sur place doivent être calculées. Toute méthodologie reconnue, basée sur des hypothèses crédibles et vérifiables, peut être utilisée pour estimer ces émissions (ou ces réductions).

3.10. Émissions de GES attribuables à l'inondation des écosystèmes

Les terres inondées sont définies comme des étendues d'eau régulées par des activités humaines, notamment pour la production d'énergie, l'irrigation, la navigation ou les loisirs, et où la régulation de l'eau est à l'origine de changements substantiels de la superficie de l'eau. Les lacs et fleuves régulés, lorsque le principal écosystème antérieur à l'inondation était un lac ou un fleuve naturels, ne sont pas considérés comme des terres inondées. Ce type d'émissions est surtout fréquent dans des projets impliquant de l'ennoiment.

Les émissions de GES par les terres inondées sont générées selon deux principaux mécanismes (dans les régions froides, le CO₂ et le CH₄ s'accumulent sous la glace et sont émis lors du dégel) :

- Diffusion moléculaire de CO₂, CH₄ et N₂O entre l'air et l'eau;
- Bulles de CH₄ provenant des sédiments dans la colonne d'eau (émissions par bulles).

Le GIEC, dans le document « Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie »²⁵, propose trois niveaux méthodologiques pour l'estimation des émissions par l'inondation des écosystèmes, avec un degré de précision croissant associé aux niveaux supérieurs.

La méthodologie proposée pour estimer les émissions de GES attribuables à l'inondation des écosystèmes est celle du niveau 1. Il s'agit d'une méthode simplifiée fondée sur des données d'émissions par défaut et sur des données globales de superficies. Toutefois, on peut aussi utiliser les méthodes des niveaux 2 et 3, qui sont plus complètes et qui peuvent inclure des données supplémentaires spécifiques à un pays, à une province ou à une région.

Les formules de calcul sont différentes pour les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O. Elles sont présentées séparément ci-après.

3.10.1. Émissions de CO₂ attribuables à l'inondation des écosystèmes

Les émissions de CO₂ attribuables à l'inondation des écosystèmes sont considérées comme biogéniques et doivent être comptabilisées à part des autres émissions de GES. La méthode d'estimation à appliquer est basée sur la variation des stocks de carbone résultant de la conversion en terres inondées et suppose que les stocks avant la conversion sont perdus la première année suivant la conversion.

La variation annuelle des stocks de carbone de la biomasse vivante des terres converties en terres inondées peut être calculée à partir de l'équation suivante.

Équation 8. Variation des stocks de carbone de la biomasse vivante des terres converties en terres inondées

$$\Delta C_{Tinond} = \left[\sum S_i \times (B_{Après} - B_{Avant})_i \right] \times FC$$

Où :

ΔC_{Tinond} = Variation des stocks de carbone de la biomasse vivante des terres converties en terres inondées, en tonnes de C;

S_i = Superficie des terres converties annuellement en terres inondées depuis l'utilisation initiale i , en hectares;

²⁵ <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf/french/full.pdf>.

B_{avant} = Biomasse vivante des terres avant la conversion en terres inondées, en tonnes de matières sèches par hectare;

$B_{après}$ = Biomasse vivante après la conversion en terres inondées, en tonnes de matières sèches par hectare (valeur par défaut = 0);

FC = Fraction de carbone de la matière sèche (valeur par défaut = 0,5).

Pour les terres forestières converties en terres inondées, le calcul de la biomasse vivante présente avant la conversion peut être réalisé à partir de l'équation ci-après.

Équation 9. Biomasse vivante avant la conversion des terres forestières en terres inondées

$$B_{Avant} = t_{MSh} \times (1 + T_x)$$

Où :

B_{avant} = Biomasse vivante des terres avant la conversion en terres inondées, en tonnes de matières sèches par hectare;

t_{MSh} = Tonnes de matières sèches par hectare;

T_x = Taux de biomasse souterraine par rapport à la biomasse aérienne.

Pour obtenir les valeurs des paramètres t_{MSh} et T_x , se référer au tableau 8.

Par la suite, les émissions de CO_2 attribuables à l'inondation des terres forestières peuvent être déterminées à partir de l'équation 10.

Équation 10. Émissions de CO_2 attribuables à l'inondation des terres forestières

$$E_{CO_2_TFinond} = \Delta C_{Tinond} \times \frac{44}{12}$$

Où :

$E_{CO_2_Tinond}$ = Émissions de CO_2 attribuables à l'inondation des terres forestières, en tonnes de CO_2 ;

ΔC_{Tinond} = Variation annuelle des stocks de carbone de la biomasse vivante des terres forestières converties en terres inondées, en tonnes de C;

$44/12$ = Ratio de poids moléculaire du CO_2 par rapport au carbone.

Finalement, pour les terres en friche converties en terres inondées, le tableau 9 associe des valeurs de référence par défaut aux stocks de carbone organique des différents types de sols avec végétation naturelle.

Tableau 9. Valeurs de référence par défaut associées aux stocks de carbone organique des sols (COS_{REF}) sous végétation naturelle

(Tonnes de carbone par hectare à une profondeur de 0 à 30 centimètres)						
Région (* susceptible d'être présente au Québec)	Sols argileux très actifs	Sols argileux peu actifs	Sols sablonneux	Sols spodiques	Sols volcaniques	Sols des zones humides
Boréale*	68	S. O.	10	117	20	146
Froide tempérée et sèche*	50	33	34	S. O.	20	87
Froide tempérée et humide*	95	85	71	115	130	87
Chaude tempérée et sèche	38	24	19	S. O.	70	88
Chaude tempérée et humide	88	63	34	S. O.	50	88
Tropicale et sèche	38	35	31	S. O.	50	86
Tropicale et humide	65	47	39	S. O.	70	86
Tropicale et pluvieuse	44	60	66	S. O.	130	86

Source : Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie. GIEC 2003. Tableau 3.3.3. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf/french/full.pdf>

À partir du stock de carbone organique du sol, obtenu du tableau 9, l'équation 11 permet d'estimer les émissions de CO_2 attribuables à l'inondation des terres en friche.

Équation 11. Émissions de CO_2 attribuables à l'inondation des terres en friche

$$E_{CO_2_TFrich_inond} = S_i \times COS_{REF} \times \frac{44}{12}$$

Où :

$E_{CO_2_TFrich_inond}$ = Émissions de CO_2 attribuables à l'inondation des terres en friche, en tonnes de CO_2 ;

S_i = Superficie des terres converties annuellement en terres inondées depuis l'utilisation initiale i , en hectares;

COS_{REF} = Stocks de carbone organique des sols;

$44/12$ = Ratio de poids moléculaire du CO_2 par rapport au carbone.

3.10.2. Émissions de CH_4 attribuables à l'inondation des écosystèmes

La méthode de niveau 1 pour l'estimation des émissions de CH_4 attribuables à l'inondation des terres tient compte des émissions par diffusion moléculaire et par bulles de CH_4 provenant des sédiments. Ces émissions, exprimées en tonnes de CH_4 par année, peuvent être estimées à partir de l'équation qui suit.

Équation 12. Émissions de CH_4 attribuables à l'inondation des écosystèmes

$$\text{Émissions de } CH_4 = (ECH_{4_diff} + ECH_{4_bulles}) \times P \times Sup_{Inondée} \times 0,001$$

Où :

ECH_{4diff} = Coefficient d'émission moyen de CH_4 par diffusion, exprimé en kilogrammes de CH_4 par hectare par jour;

$ECH_{4bulles}$ = Coefficient d'émission moyen de CH_4 par bulles, exprimé en kilogrammes de CH_4 par hectare par jour;

P = Période, exprimée en jours (en général 365 pour l'estimation des émissions annuelles);

$Sup_{Inondée}$ = Superficie inondée totale, exprimée en hectares;

0,001 = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes.

Le tableau 10 présente les coefficients d'émission de CH_4 moyens par diffusion moléculaire et par bulles provenant des sédiments des réservoirs.

Tableau 10. Coefficients d'émission moyens de CH_4 des réservoirs		
	Coefficients d'émission moyens de CH_4 , en $kg\ CH_4 \times ha^{-1} \times jour^{-1}$	
	CH_{4diff}	$CH_{4bulles}$
Réservoir en région boréale	0,11	0,29
Réservoir en région tempérée	0,2	0,14

Source : Intergovernmental Panel on Climate Change. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Appendix 3a.3 Wetlands remaining Wetlands: Basis for future methodological development. Table 3A.3.5 Default Emissions Factors for Reservoirs. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_files/Chp3/App_3a3_Wetlands.pdf

3.10.3. Émissions de N_2O attribuables à l'inondation des écosystèmes

La méthode de niveau 1 pour l'estimation des émissions de N_2O attribuables aux terres inondées tient seulement compte des émissions par diffusion moléculaire, puisque les émissions par bulles ne sont pas significatives. Ces émissions, exprimées en tonnes de N_2O par année, peuvent être estimées à partir de l'équation 13²⁶.

Équation 13. Émissions de N_2O attribuables à l'inondation des écosystèmes

$$\text{Émissions de } N_2O = P \times EN_{2Odiff} \times Sup_{Inondée} \times 0,001$$

Où :

EN_{2Odiff} = Coefficient d'émission moyen de N_2O par diffusion, exprimé en kilogrammes de N_2O par hectare par jour;

P = Période, exprimée en jours (en général 365 pour l'estimation des émissions annuelles);

²⁶ Source : Intergovernmental Panel on Climate Change. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Équation 3A.3.10 N_2O Emissions from flooded lands. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf.

$Sup_{inondée}$ = Superficie inondée totale, exprimée en hectares;

0,001 = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes.

Le tableau 11 présente les coefficients d'émission moyens de N₂O des réservoirs.

Tableau 11. Coefficients d'émission moyens de N ₂ O des réservoirs	
	Coefficients d'émission moyens de N ₂ O, en kgN ₂ O x ha ⁻¹ x jour ¹
Réservoir en région boréale	0,008
Réservoir en région tempérée	Non mesuré (en fonction des caractéristiques spécifiques du projet)

Source : Intergovernmental Panel on Climate Change. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Table 3A.3.5 Default Emissions Factors for Reservoirs. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf

3.11. Émissions de GES attribuables aux projets de production animale

Deux méthodologies sont suggérées pour le calcul des émissions de GES attribuables aux projets de production animale. Les calculs peuvent être réalisés en utilisant :

- Soit la dernière mise à jour du logiciel d'évaluation et de réduction des émissions de GES des fermes agricoles Holos, section 3.11.1;
- Soit les équations présentées à la section 3.11.2.

Le milieu agricole est en général familier avec le logiciel Holos, de sorte que cette option a été évaluée et considérée dans le guide.

3.11.1. Calcul réalisé avec le logiciel Holos

Le logiciel Holos²⁷ a été conçu par Agriculture et Agroalimentaire Canada pour estimer les émissions de GES des exploitations agricoles. Les algorithmes utilisés par le logiciel sont basés sur les méthodes proposées par le GIEC, mais adaptés aux conditions canadiennes. Holos permet d'estimer les émissions de GES liées à la fermentation entérique, à la gestion des déjections animales et à la production des cultures. Il permet aussi d'estimer les émissions liées à l'utilisation de l'énergie pendant l'exploitation de la ferme. Ainsi, pour les projets agricoles, les émissions de GES liées aux sources de combustion fixes et mobiles et à l'utilisation de l'électricité peuvent être évaluées directement à partir du logiciel ou à l'aide des équations de la section [3.11.2](#).

²⁷ <http://www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/resultats-de-la-recherche-agricole/holos/?id=1349181297838>.

Toutefois, le logiciel Holos n'est pas conçu pour estimer les émissions de GES pendant la phase de construction. Par conséquent, ces émissions doivent être calculées en utilisant les formules applicables présentées dans le guide.

3.11.2. Calcul réalisé avec les équations (sans utiliser le logiciel Holos)

La fermentation entérique, la gestion des sols agricoles et celle du fumier produisent environ 75 % des émissions, soit respectivement 39 %, 29 % et 27 % du total du secteur de la production animale. Cependant, chaque type d'élevage présente des différences qui doivent être prises en compte dans les calculs. Les prochaines sections présentent les différentes sources d'émission et les types de gaz à effet de serre à considérer :

- Émissions de CH₄ attribuables à la fermentation entérique;
- Émissions de CH₄ attribuables au stockage et au traitement du fumier;
- Émissions de N₂O attribuables au stockage et au traitement du fumier;
- Émissions de N₂O attribuables à l'épandage du fumier.

3.11.2.1. Émissions de CH₄ attribuables à la fermentation entérique

Du CH₄ est produit par fermentation entérique durant le processus normal de digestion des herbivores. Les émissions de CH₄ attribuables à l'élevage du bétail peuvent être estimées à partir de l'équation 14.

Équation 14. Émissions de méthane attribuables à la fermentation entérique

$$E_{CH_4_{FE}} = \sum_{i=1}^{i=k} N_i \times f_{CH_4_{FE}i} \times 0,001$$

Où :

$E_{CH_4_{FE}}$ = Émissions annuelles de CH₄ attribuables à la fermentation entérique, en tonnes de CH₄ par année;

I = Catégorie d'animaux;

N_i = Nombre de têtes de la catégorie d'animaux i^{28} ;

$f_{CH_4_{FE}i}$ = Facteur d'émission de CH₄ par fermentation entérique associé à la catégorie d'animaux i , en kgCH₄/tête/année;

0,001 = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes.

Le tableau 12 présente les facteurs d'émission de CH₄ par fermentation entérique associés aux différentes catégories d'animaux.

²⁸ Note : le nombre de têtes s'applique à un même type d'animaux et diffère du nombre d'unités animales qui, lui, prend en compte tous les types d'animaux ramenés à un dénominateur commun. Exemples : 1 vache laitière = 1 unité animale; une poule pondeuse = 175 unités animales. Source : Règlement relatif à l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement de certains projets.

Tableau 12. Facteurs d'émission de CH ₄ associés à la fermentation entérique		
CATÉGORIE D'ANIMAUX	Facteur d'émission de CH ₄ (kg CH ₄ /tête/an)	Référence
Vaches laitières	138,1	<i>National Inventory Report 1990-2017.</i> Partie 2. Tableau A3-34. CH ₄ Emissions Factors for Enteric Fermentation for Cattle from 1990 to 2017
Génisses laitières	76,7	
Taureaux	130,1	
Vaches de boucherie	120,8	
Génisses de boucherie	91,3	
Génisses destinées à l'abattage	53,6	
Bouvillons	48,4	
Veaux	43,8	
Bisons	55	<i>National Inventory Report 1990-2017</i> Partie 2. Tableau A6-30 Methane Emission Factors for Enteric Fermentation for Non-Cattle Animals
Moutons	8	
Agneaux	8	
Chèvres	5	
Chevaux	18	
Mules et ânes	10	
Porcins :		
Verrats	1,5	
Truies	1,5	
Porcs < 20 kg	1,5	
Porcs 20-60 kg	1,5	
Porcs > 60 kg	1,5	
Lamas et alpacas	8	
Wapitis et cerfs	20	
Sangliers	1,5	
Renards	ND	
Visons	ND	
Lapins	ND	
Poulets	ND	
Poules	ND	
Dindes	ND	

3.11.2.2. Émissions de CH₄ attribuables au stockage et au traitement du fumier

L'équation 15 permet de calculer les émissions de CH₄ attribuables au stockage et au traitement du fumier.

Équation 15. Émissions de CH₄ attribuables au stockage et au traitement du fumier

$$E_{CH_4_{GF}} = \sum_{i=1}^{i=k} N_i \times f_{CH_4_{GF}_i} \times 0,001$$

Où :

$E_{CH_4_GF}$ = Émissions annuelles de CH_4 attribuables au stockage et au traitement du fumier, en tonnes de CH_4 par année;

I = Catégorie d'animaux;

N_i = Nombre de têtes de la catégorie d'animaux i ;

$f_{CH_4_GF_i}$ = Facteur d'émission de CH_4 associé au stockage et au traitement du fumier de la catégorie d'animaux i , en kg CH_4 /tête/année;

0,001 = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes.

Les émissions de CH_4 attribuables au stockage et au traitement du fumier peuvent être estimées à partir des facteurs d'émission présentés au tableau 13.

Tableau 13. Facteurs d'émission de CH_4 associés au stockage et au traitement du fumier		
CATÉGORIE D'ANIMAUX	Facteur d'émission de CH_4 (kg CH_4 /tête/an)	Référence
Vaches laitières	27,8	Loi sur la qualité de l'environnement (chapitre Q-2, r. 46.1) Règlement concernant le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de GES (RSPEDÉ) http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2046.1
Taures laitières	19,1	
Taureaux	3,3	
Vaches de boucherie	3,2	
Taures de boucherie	2,4	
Bouvillons	1,6	
Bovins de semi-finition	1,8	
Veaux et génisses laitières	1,5	
Porcelets	1,66	
Porcs	6,48	
Truies	7,71	
Verrats	6,40	

3.11.2.3. Émissions de N_2O attribuables au stockage et au traitement du fumier

La production de N_2O au cours du stockage et du traitement des déjections animales survient lors de la nitrification et la dénitrification de l'azote contenu dans le fumier.

Les émissions de N_2O attribuables au stockage et au traitement du fumier peuvent être calculées à partir du taux d'excrétion d'azote, selon la catégorie d'animaux, et du facteur d'émission de N_2O par kilogramme d'azote, en fonction du type de gestion du fumier. L'équation 16 permet de calculer les émissions de N_2O attribuables au stockage et au traitement du fumier.

Équation 16. Émissions de N₂O attribuables au stockage et au traitement du fumier

$$E_{N_2O_GF} = \sum_{i=1}^n N_i \times T_exc_Azote_i \times f_{N_2O/N} \times 0,001$$

Où :

$E_{N_2O_GF}$ = Émissions de N₂O attribuables au stockage et au traitement du fumier, exprimées en tonnes de N₂O par année;

N_i = Nombre de têtes de la catégorie d'animaux i ;

$T_exc_Azote_i$ = Taux d'excrétion annuel d'azote provenant du fumier pour la catégorie d'animaux i , exprimé en kg N/tête/année;

$f_{N_2O/N}$ = Facteur d'émission de N₂O associé au stockage et au traitement du fumier, exprimé en kilogrammes de N₂O par kilogramme d'azote excrété;

0,001 = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes.

Le tableau 14 présente le taux d'excrétion annuel d'azote provenant du fumier pour les différentes catégories d'animaux de ferme.

Tableau 14. Taux d'excrétion annuel d'azote provenant du fumier, exprimé en kg N/tête/an					
Catégorie d'animaux	$\frac{kg\ N}{tête \times an}$	Catégorie d'animaux	$\frac{kg\ N}{tête \times an}$	Catégorie d'animaux	$\frac{kg\ N}{tête \times an}$
Vaches laitières	121	Porcs (20-60 kg)	7,1	Poulets à griller	0,4
Génisses laitières	76	Porcs	16,9	Dindes	1,8
Taureaux	114	Moutons	4,1	Élans et chevreuils	13,6
Vaches de boucherie	75	Agneaux	4,1	Sangliers	17
Génisses de boucherie	57	Chèvres	10,5	Sangliers sauvages	11,1
Génisses prêtes pour l'abattage	65	Chevaux	49,3	Renards	12,1
Bouvillons	66	Lamas et alpacas	17,2	Visons	4,6
Veaux	26	Bisons	67,6	Lapins	8,1
Truies	17	Poules	0,5	Mules et ânes	26,8
Porcs (< 20 kg)	1,7				

Source : Environnement et Changement climatique Canada. RIN 1990-2017 Partie 2. Tableaux A3-46, A3-47 et A3-48

Le tableau 15 présente, pour toutes les catégories d'animaux, les facteurs d'émission de N₂O selon le type de gestion du fumier pratiqué.

Tableau 15. Facteurs d'émission de N₂O selon le mode de gestion du fumier			
	Système de stockage du fumier		
	Systèmes de gestion sur fumier liquide	Stockage du fumier solide et sec	Autres systèmes
Kg de N ₂ O par kg d'azote excrété	0,001	0,02	0,005

Source : Environnement et Changement climatique Canada. RIN 1990-2017 Partie 2. Tableau A6-38.

3.11.2.4. Émissions de N₂O attribuables à l'épandage du fumier

Les émissions de N₂O attribuables à l'épandage du fumier peuvent être calculées à partir de l'équation 17.

Équation 17. Émissions de N₂O attribuables à l'épandage du fumier

$$E_{N2O_EP} = \sum_{i=1}^{i=n} Q_{FU_i} \times TE_Azote_{FU_i} \times FE_N2O_{FU_i} \times 0,001$$

Où :

E_{N2O_EP} = Émissions annuelles de N₂O attribuables à l'épandage du fumier, exprimées en tonnes de N₂O par année;

Q_{FU_i} = Tonnes de fumier du type i épandues dans l'année;

$TE_Azote_{FU_i}$ = Teneur en azote du fumier de type i , exprimée en kilogrammes d'azote par tonne de fumier;

$FE_N2O_{FU_i}$ = Facteur d'émission de N₂O associé au fumier de type i , exprimé en kilogrammes de N₂O par kilogramme d'azote du fumier;

0,001 = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes.

Pour le Québec et l'Ontario, un facteur d'émission de N₂O de 0,012 kilogrammes de N₂O par kilogramme d'azote du fumier ou du lisier peut être utilisé²⁹.

²⁹ Gregorich, E.G., P. Rochette, A.J. VandenBygaart et D.A. Angers.2005. Greenhouse gas contributions of agricultural soils and potential mitigation practices in eastern Canada. Soil & Tillage Research.76:120.

La teneur en azote des différents types de fumiers est indiquée dans le tableau 16.

Tableau 16. Teneur en azote des différents types de fumiers et lisiers	
Type de fumiers ou de lisiers	Teneur en azote (kilogrammes/tonne)
Bovins laitiers – fumier solide	5,7
Bovins laitiers – lisier	3,1
Bovins de boucherie (élevage intensif) – fumier	7,1
Élevage vache-veau – fumier	4,8
Ovins – fumier solide	11
Porcs – engraissement, lisier	2,7 à 4,9
Volaille – fumier poulet	28
Volaille – fumier de poule pondeuse	31

Sources : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), 2003³⁰ et 2007³¹, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), 1997³².

3.12. Émissions de CH₄ attribuables à l'enfouissement des matières résiduelles

L'enfouissement des matières résiduelles a pour effet de décomposer la matière organique en l'absence d'oxygène (anaérobiose) et de générer du biogaz principalement constitué de CH₄ et de CO₂. Comme il a été mentionné, les émissions de CO₂ provenant de la biomasse sont considérées comme biogéniques (carboneutres), mais ce n'est pas le cas des émissions de CH₄. La plus grande part des émissions est relâchée dans les premières années, et les émissions restantes déclinent dans le temps jusqu'après la fermeture du site. Comme le CH₄ a un potentiel de réchauffement planétaire 25 fois plus élevé que le CO₂ et considérant le processus temporel des émissions, il est important de prévoir des mesures d'atténuation dès la conception du projet.

Pour la quantification des émissions de GES, il importe de savoir que :

- La production de CH₄ dans un lieu d'enfouissement dépend de plusieurs variables, notamment la composition de la matière organique enfouie ainsi que la température et l'humidité découlant des précipitations;
- Les émissions atmosphériques de CH₄ vont par la suite dépendre de l'efficacité du système de captage et de destruction du biogaz ainsi que du taux d'oxydation des émissions par le recouvrement des cellules d'enfouissement;
- Pour l'agrandissement d'un lieu d'enfouissement, il faut tenir compte des émissions de méthane en cours ou à venir, y compris celles associées aux matières enfouies dans les zones déjà autorisées;
- La période à considérer pour ces émissions inclut la phase d'exploitation et s'étend au-delà de la phase de post-fermeture;

³⁰ CRAAQ. Guide de référence en fertilisation, 2003b.

³¹ CRAAQ. Caractéristiques des effluents d'élevage – validées – (porc et poule pondeuse), 2007, 7 pages. <http://pub.craaq.qc.ca/transit/validees/tdm.pdf>.

³² MAPAQ. Guide régional sur la composition des fumiers et lisiers sur les fermes de la Montérégie-Est, Bureau des renseignements agricoles de Saint-Hyacinthe, 1997.

- Le calcul des émissions de CH₄ peut être réalisé en utilisant :
 - a) Soit le modèle Landfill Gas Emissions Generation Model (LandGEM) de l'USEPA;
 - b) Soit les équations présentées à la section 3.12.1 ci-après.

3.12.1. Calcul réalisé avec le modèle LandGEM

Le modèle [Landfill Gas Emissions Generation Model \(LandGEM\)](#), le plus récent modèle conçu par l'USEPA, peut être utilisé pour calculer les émissions de CH₄ attribuables à l'enfouissement des matières résiduelles. Le cas échéant, il faut fournir les informations importantes utilisées dans le modèle.

3.12.2. Calcul réalisé sans le modèle LandGEM

Les émissions de CH₄ attribuables à l'enfouissement des matières résiduelles, pour une année donnée, peuvent être estimées avec l'équation 18. Ces émissions correspondent aux quantités générées moins celles qui ont été récupérées et celles qui pourraient être oxydées en CO₂.

Équation 18. Émissions de CH₄ attribuables à l'enfouissement de matières résiduelles

$$E_{CH_4Enf} = [CH_4génééré_T - R_T] \times (1 - OX_T)$$

Où :

E_{CH_4Enf} = Émissions de CH₄ dans l'année T, en tonnes de CH₄ par année;

T = Année;

CH₄ généré_T = CH₄ généré à partir de la matière décomposable x durant l'année T, en tonnes de CH₄ par année;

R_T = CH₄ récupéré durant l'année T, en tonnes de CH₄ par année;

OX_T = Facteur d'oxydation de l'année T, fraction.

Le potentiel de production de méthane repose sur la quantité de carbone organique dégradable et décomposable (CODDm) dans les matières résiduelles enfouies. Comme l'indique l'équation 19, le CODDm est la portion de carbone organique qui se dégradera dans les conditions anaérobies du site d'enfouissement.

Équation 19. Calcul du carbone organique dégradable et décomposable (CODDm) ³³

$$CODDm = M \times COD \times COD_f \times MCF$$

Où :

CODDm = Masse de COD décomposable enfoui, en tonnes;

³³ Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, volume 5, chapitre 3, équation 3.2.

M = Masse de matières résiduelles enfouies, en tonnes;

COD = Carbone organique dégradable dans l'année d'enfouissement;

COD_f = Fraction de COD susceptible de se décomposer, fraction;

MCF = Coefficient de correction du CH₄ pour la décomposition anaérobie de l'année d'enfouissement, fraction.

La base du calcul des émissions de CH₄ repose sur un modèle de décomposition de premier ordre fondé sur un facteur exponentiel qui décrit la fraction de matière dégradable qui, chaque année, se décompose en CH₄ et en CO₂. Les équations 20 et 21 permettent de calculer, pour une année donnée, la quantité de carbone organique dégradable et décomposable accumulé et décomposé.

Équation 20. Calcul du carbone dégradable et décomposable accumulé ³⁴

$$\text{Coddma}_T = \text{Coddmd}_T + (\text{Coddma}_{T-1} \times e^{-k})$$

Équation 21. Calcul du Coddm décomposé ³⁵

$$\text{Coddm decomp}_T = \text{Coddma}_{T-1} \times (1 - e^{-k})$$

Où :

T = Année

Coddma_T = Coddm accumulé dans le lieu d'enfouissement à la fin de l'année *T*, en tonnes;

Coddma_{T-1} = Coddm accumulé dans le lieu d'enfouissement à la fin de l'année (*T-1*), en tonnes;

Coddmd_T = Coddm déposé dans le lieu d'enfouissement pendant l'année *T*, en tonnes;

Coddm decomp_T = Coddm décomposé dans le lieu d'enfouissement pendant l'année *T*, en tonnes;

k = Constante de réaction, $k = \ln(2)/t_{1/2}$;

t_{1/2} = Temps de demi-vie (en années).

³⁴ 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5, chapitre 3, équation 3.4.

³⁵ 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5, chapitre 3, équation 3.5.

L'équation 22 permet de calculer les émissions de CH₄ générées par les matières résiduelles enfouies en fonction du carbone organique dégradable et décomposable décomposé.

Équation 22. Émissions de CH₄ générées en fonction du carbone organique dégradable et décomposable décomposé³⁶

$$\text{CH}_4 \text{ généré}_T = \text{CODDm decomp}_T \times F \times 16/12$$

Où :

CH₄ généré_T = Quantité de CH₄ générée à partir de la matière décomposable durant l'année T, exprimée en tonnes de CH₄;

CODDm decomp_T = CODDm décomposé dans le lieu d'enfouissement pendant l'année T, exprimé en tonnes de CH₄;

F = Fraction de CH₄, par volume, contenue dans le gaz produit dans le lieu d'enfouissement;

16/12 = Rapport moléculaire pondéral CH₄/C.

Le tableau 17 présente les paramètres et facteurs à utiliser avec les équations 18, 19, 20, 21 et 22 pour les émissions de CH₄ attribuables à l'enfouissement des matières résiduelles. Les valeurs de k et de COD sont celles associées au Québec. L'utilisation de toute autre valeur que celles présentées au tableau 17 doit être justifiée. Le CH₄ récupéré durant l'année T (R_T) doit être déterminé et justifié en fonction du système de captage, du système de destruction ou de valorisation du biogaz et du lieu d'enfouissement (ex. : torchère).

³⁶ 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5, chapitre 3, équation 3.6.

Tableau 17. Paramètres et facteurs associés aux émissions de CH₄ attribuables à l'enfouissement des matières résiduelles

Paramètres et facteurs	Période				Unités	Références
	1941-1975	1976-1989	1990-2007	2008-présent		
k	0,053	0,057	0,059	0,056	Année ⁻¹	RIN 1990-2017. Tableau A3-76
COD	0,39	0,21	0,20	0,21	Fraction	RIN 1990-2017. Tableau A3-75
OX _T	0 ou 0,1				Fraction	RSPÉDE
R _T	À déterminer				Tonnes CH ₄	En fonction du lieu
DOC _f	0,5				Fraction	RIN 1990-2017. Sect. A3.6.1.3.2
MCF	1				Fraction	RIN 1990-2017. Sect. A3.6.1.3.2
F	0,5				Fraction	RIN 1990-2017. Sect. A3.6.1.3.2
16/12	16/12				Ratio	S. O.

Sources : RIN 1990-2017: National Inventory Report 1990-2017 Greenhouse gas sources and sinks in Canada ou version ultérieure. Règlement concernant le SPEDE, protocole 2, lieux d'enfouissement-destruction ou traitement du CH₄, équation 3.

3.12.3. Valorisation du biogaz et calcul des réductions de GES associées

Pour tout projet d'enfouissement de matières résiduelles soumis à l'obtention d'une autorisation environnementale, le Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles (REIMR) exige minimalement l'installation d'un système de captage du biogaz généré et l'envoi des matières vers une installation de valorisation (ex. : réseau gazier) ou de destruction (ex. : torchère). Le MELCC encourage la valorisation du biogaz en remplacement des combustibles fossiles lorsque cela est possible. Lorsque la valorisation du biogaz est prévue au lieu du brûlage à la torchère, les réductions d'émissions de GES que le projet engendrerait peuvent être quantifiées. La valorisation du biogaz pourrait permettre de réduire la facture de combustibles fossiles dans le cadre du projet ou permettre de réduire les émissions de GES des utilisateurs externes au projet. Le calcul des réductions de GES engendrées peut être réalisé en employant les équations présentées aux sections sur les [systèmes de combustion fixes](#) et [mobiles](#), selon le type d'utilisation du biogaz. Un exemple de projet de valorisation est présenté dans [l'encadré 2](#).

3.13. Émissions de GES attribuables à la consommation énergétique lors de l'épuration du biogaz

Les émissions de GES attribuables à la consommation d'énergie nécessaire aux opérations d'épuration du biogaz sont calculées aux sections sur les [systèmes de combustion fixes](#) et [mobiles](#).

3.14. Émissions de CH₄ attribuables à la destruction du biogaz

Les émissions de CH₄ relatives à cette opération peuvent être estimées à partir de l'équation 23, qui tient compte de la quantité de CH₄ envoyée à la torchère et du facteur d'efficacité de destruction du CH₄ dans la torchère (ED).

Équation 23. Émissions de méthane attribuables à la combustion du biogaz

$$E_{CH_4Comb} = Q_{CH_4Comb} \times (1 - ED)$$

Où :

E_{CH_4Comb} = Émissions de méthane attribuables à la combustion du biogaz, exprimées en tonnes de CH₄ par année;

Q_{CH_4Comb} = Quantité totale de CH₄ envoyée à la torchère par année, exprimée en tonnes de CH₄ par année;

ED = Efficacité de destruction du biogaz.

Le tableau 18 présente le facteur ED associé aux différents dispositifs de destruction du biogaz.

Tableau 18. Efficacité de destruction du biogaz	
Système, équipement ou procédé de destruction ou de valorisation du biogaz	Facteur d'efficacité
Torchère à flamme visible	0,96
Torchère à flamme invisible	0,995
Moteur à combustion interne	0,936
Chaudière	0,98
Microturbine ou grande turbine à gaz	0,995
Utilisation du gaz comme carburant GNC/GNL	0,95
Injection dans un réseau de transmission et de distribution de gaz naturel (Le facteur tient compte des pertes dans le réseau et des fuites lors de la distribution.)	0,98
Utilisation du gaz hors site en vertu d'un accord d'utilisation directe	Facteur selon l'accord

Source : RSPED, protocole 2, lieux d'enfouissement-destruction ou traitement du CH₄, tableau 1.

3.15. Émissions fugitives de CH₄ attribuables à la biométhanisation de matières résiduelles organiques

La biométhanisation est un procédé biologique (fermentation anaérobie) permettant de valoriser des matières organiques en produisant du biogaz (principalement du méthane), une source d'énergie renouvelable, et un digestat, qui peut être utilisé comme fertilisant. La biométhanisation permet de réduire la quantité de matières organiques destinée à l'élimination, afin de favoriser la réalisation des objectifs environnementaux prévus dans la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles et de réduire les émissions de GES. Le MELCC est responsable de la mise en œuvre du Programme de traitement des matières organiques par biométhanisation et compostage. Ce sont surtout les très grandes villes qui choisissent ce mode de gestion des matières organiques, compte tenu des infrastructures requises.

Bien que la biométhanisation soit une mesure de réduction des émissions de GES, certaines émissions fugitives de CH₄ peuvent être générées en cours de procédé. Conformément à l'équation 24, les émissions fugitives de CH₄ attribuables au procédé de biométhanisation peuvent être calculées à partir de la quantité de méthane produite annuellement et du taux de fuite du procédé. Pour ce qui est du taux de fuite de CH₄ des digesteurs, l'organisme Climate Action Reserve, dans son protocole « Organic Waste Digestion », propose une valeur de 0,02 ³⁷.

Équation 24. Émissions fugitives de méthane attribuables au traitement du biogaz

$$E_{CH4BIOMET} = Q_{CH4BIOMET} \times T_{FCH4}$$

Où :

$E_{CH4BIOMET}$ = Émissions de GES attribuables au procédé de biométhanisation de matières résiduelles organiques, en tonnes de CH₄ par année;

$Q_{CH4BIOMET}$ = Quantité de méthane produite, en tonnes de CH₄ par année;

T_{FCH4} = Taux de fuite de méthane du procédé de biométhanisation.

³⁷ Climate Action Reserve (Reserve), Organic Waste Digestion (OWD) Project Protocol Version 2.1, tableau B6.

3.16. Émissions de GES attribuables à la compression et à la liquéfaction du biogaz

Pour les émissions de GES attribuables à la compression et à la liquéfaction du méthane, il est suggéré de se référer au protocole [QC.29 du RDOCECA](#) sur les émissions résultant des procédés et équipements utilisés pour le transport et la distribution de gaz naturel.

3.17. Émissions de CH₄ et de N₂O attribuables au traitement de matières résiduelles organiques par compostage

Le compostage est une mesure de réduction des matières organiques et des émissions de GES. Ce sont surtout les petites et moyennes municipalités qui choisissent ce mode de gestion des matières organiques. Le compostage est un procédé de traitement biologique (fermentation aérobie, c'est-à-dire en présence d'oxygène) des matières organiques. Ces dernières sont mélangées à du matériel structurant qui favorise l'aération (ex. : des copeaux de bois) et placées en andain, en pile ou en réacteur. On obtient le compost après fermentation et maturation. Le compostage génère surtout du CO₂ et de faibles quantités de CH₄ et de N₂O.

Les émissions de GES liées au compostage peuvent être quantifiées à l'aide des équations et facteurs suivants.

Équation 25. Émissions de méthane attribuables au compostage de matières résiduelles

$$E_{CH_4_COM} = FE_{CH_4_COM} \times Qt_{MRO_COM} \times 0,001$$

Où :

$E_{CH_4_COM}$ = Émissions annuelles de CH₄ attribuables au traitement par compostage, exprimées en tonnes de CH₄ par année;

$FE_{CH_4_COM}$ = Facteur d'émission de CH₄ associé au traitement par compostage, exprimé en kilogrammes de CH₄ par tonne de matières résiduelles organiques (MRO);

Qt_{MRO_COM} = Quantité de MRO traitée par compostage, exprimée en tonnes;

0,001 = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes métriques.

Équation 26. Émissions de N₂O attribuables au compostage de matières résiduelles

$$E_{N_2O_COM} = FE_{N_2O_COM} \times Qt_{MRO_COM}$$

Où :

$E_{N_2O_COM}$ = Émissions annuelles de N₂O attribuables au traitement par compostage, en tonnes de N₂O par année;

$FE_{N_2O_COM}$ = Facteur d'émission de N_2O associé au traitement par compostage, en kilogrammes de N_2O par tonne de MRO;

Qt_{MRO_COM} = Quantité de MRO traitée par compostage, en tonnes;

0,001 = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes métriques.

Le tableau 19 ci-dessous présente les facteurs d'émission de CH_4 et de N_2O associés au compostage des matières résiduelles.

Tableau 19. Facteurs d'émission de CH_4 et de N_2O associés au compostage de MRO			
Facteur d'émission	Valeur	Unités	Référence
$FE_{CH_4_COM}$	4	kg CH_4 /t MRO	RIN 1990–2017, partie 2, p.183
$FE_{N_2O_COM}$	0,24	kg N_2O /t MRO	

3.18. Émissions de GES attribuables à l'incinération des matières résiduelles ou au traitement thermique des matières dangereuses ou des sols contaminés

L'incinération des matières résiduelles ou le traitement thermique des matières dangereuses ou des sols contaminés peuvent être des sources d'émission de CO_2 , de CH_4 et de N_2O . Les sections qui suivent présentent les équations permettant le calcul des émissions de GES liées à ces activités.

3.18.1. Émissions de CO_2 d'origine fossile attribuables à l'incinération des matières résiduelles municipales (autres que les boues)

L'incinération des matières résiduelles municipales génère des émissions de CO_2 à partir du carbone fossile qu'elles contiennent. Pour la portion de ces matières qui ne contient pas de biomasse (c'est-à-dire qui ne sont pas biogéniques), l'équation 27 suivante permet de quantifier ces émissions³⁸. L'incinération des boues est abordée à la section suivante.

Équation 27. Émissions non biogéniques de CO_2 attribuables à l'incinération des matières résiduelles municipales, autres que les boues

$$E_{MRM} CO_{2f} = MRM \times (1 - PAB) \times FE_{MRM} \times PCS_{MRM} \times FO \times 0,001$$

Où :

$E_{MRM} CO_{2f}$ = Émissions annuelles de CO_2 attribuables à l'incinération des matières résiduelles municipales, exprimées en tonnes d'équivalent CO_2 par année;

³⁸ Adapté de l'équation 1-1 du RDOCECA.

MRM = Volume total de matières résiduelles municipales (poids humide) incinérées, exprimé en tonnes par année;

PAB = Fraction des matières résiduelles municipales attribuable à la biomasse;

FE_{MRM} = Facteur d'émission de CO₂ associé aux matières résiduelles municipales (85,6 kg/GJ);

PCS_{MRM} = Pouvoir calorifique supérieur des matières résiduelles municipales, valeur par défaut = 11,57 GJ/tonne de matières résiduelles municipales;

FO = Facteur d'oxydation, valeur par défaut = 1 (100 %);

0,001 = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes métriques.

3.18.2. Émissions de CO₂ d'origine fossile attribuables à l'incinération ou au traitement thermique des matières résiduelles municipales, industrielles et dangereuses, des déchets biomédicaux et des boues d'épuration

L'incinération et le traitement thermique des matières résiduelles génèrent des émissions non biogéniques de CO₂ à partir du carbone fossile contenu dans ces matières. L'équation 28 suivante permet de quantifier ces émissions³⁹.

Équation 28. Émissions non biogéniques de CO₂ attribuables à l'incinération ou au traitement thermique des matières résiduelles municipales, industrielles et dangereuses, des déchets biomédicaux et des boues d'épuration

$$E_{MR} CO_2 = \sum_i (MR_i \times ms_i \times FC_i \times FCF_i \times FO_i) \times 44/12$$

Où :

E_{MR} CO₂ = Émissions non biodégradables annuelles de CO₂ attribuables à l'incinération ou au traitement thermique de matières résiduelles autres que municipales, en tonnes d'équivalent CO₂ par année;

MR_i = Quantité totale de matières résiduelles de type *i* (poids humide) incinérée, en tonnes par année;

ms_i = Teneur en matière sèche des matières résiduelles (poids humide) incinérées, (fraction);

FC_i = Fraction de carbone dans la matière sèche (teneur totale en carbone);

FCF_i = Fraction de carbone fossile dans le total de carbone, (fraction);

FO_i = Facteur d'oxydation, valeur par défaut = 1 (100 %);

44/12 = Coefficient de conversion de C en CO₂;

i = Type de matières résiduelles incinérées ou traitées thermiquement : matières résiduelles municipales, industrielles ou dangereuses, déchets biomédicaux ou boues d'épuration.

³⁹ Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre.

Le tableau 20 présente les facteurs de carbone (FC) et de carbone fossile (FCF) dans les matières résiduelles à utiliser dans l'équation 28. Ces facteurs proviennent de guides de bonnes pratiques, des lignes directrices 2006 du GIEC⁴⁰ et du rapport 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

Tableau 20. Facteurs par défaut pour le calcul des émissions de CO₂			
Types de matières résiduelles autres que municipales incinérées ou traitées	FC : fraction de carbone dans la matière sèche (%)	FCF : fraction de carbone fossile du total de carbone (%)	Références
Industrielles	50	90	1
Dangereuses	50	90	2
Déchets biomédicaux	60	40	1
Boues :			
- Municipales	31	0	3
- Industrie alimentaire	44	0	3
- Industrie papetière (boues de procédé)	28	0	3
- Industrie papetière (boues d'épuration)	31	0	3

1. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 : Déchets, Chapitre 5, Tableau 5.2.

2. Lignes directrices 2006 du GIEC. Volume 5 : Déchets. Chapitre 5. Tableau 5.6.

3. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 : Déchets, Chapitre 2, Tableau 2.4A

3.18.3. Émissions de CH₄ attribuables à l'incinération ou au traitement thermique des matières résiduelles municipales, industrielles et dangereuses, des déchets biomédicaux et des boues d'épuration

Les émissions de CH₄ attribuables à l'incinération ou au traitement thermique résultent principalement d'une combustion incomplète des matières résiduelles. Elles sont influencées par les paramètres suivants : la technologie utilisée, le mode opératoire, la température, le temps de séjour et l'indice d'air. L'équation 29 suivante permet de quantifier ces émissions⁴¹.

Équation 29. Émissions de CH₄ attribuables à l'incinération ou au traitement thermique des matières résiduelles

$$E_{MR}CH_4 = \sum_i (MR_i \times FE_iCH_4) \times 0,001$$

Où :

$E_{MR}CH_4$ = Émissions annuelles de CH₄, exprimées en tonnes de CH₄ par année;

⁴⁰ GIEC (2000). Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de GES.

⁴¹ 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

MR_i = Quantité de matières résiduelles de type i incinérée, ou traitée thermiquement annuellement, exprimée en tonnes par année;

$FE_i CH_4$ = Facteur d'émission de CH_4 associé aux matières résiduelles de type i , exprimé en kilogrammes de CH_4 par tonne de matières résiduelles;

10^{-6} = Coefficient de conversion de grammes à tonnes;

i = Catégorie ou type de matières résiduelles incinérées ou traitées thermiquement, précisées comme suit :

MRM : matières résiduelles municipales; MRI : matières résiduelles industrielles; MDR : matières dangereuses résiduelles; DB : déchets biomédicaux; et BE : boues d'épuration.

Le tableau 21 présente les facteurs d'émission de CH_4 et N_2O correspondant à l'incinération des différents types de matières résiduelles. Ces facteurs proviennent de guides de bonnes pratiques, des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre, du RDOCECA⁴² et du rapport d'inventaire national 1990-2017⁴³. Ils peuvent être employés dans les équations 29 et 30.

Tableau 21. Facteurs par défaut pour le calcul des émissions de CH_4 et de N_2O			
Types de matières résiduelles incinérées ou traitées	$FE_i CH_4$ (kg CH_4 /tonne de matières résiduelles)	$FE_i N_2O$ (kg N_2O /tonne de matières résiduelles)	Références
Municipales	0,3471	0,148	1, 2
Industrielles	0,03 (kg/GJ)*	0,004 (kg/GJ)*	3
Dangereuses	0,1695	3,164	4
Déchets biomédicaux	0,06 (par lot)	0,06 (par lot)	5
	0,0002 (dans un foyer mécanique)	0,05 (dans un foyer mécanique)	
Boues d'épuration	1,6 (incinérateurs à lit fluidisé, base sèche)	0,8 (base sèche)	6
	3,2 (soles étagées, base sèche)		

1. RDOCECA. Tableaux 1.1 et 1.6.

2. RIN 1990-2016, partie 2, page 180.

3. Valeur du tableau 2.2 du volume 2 du GIEC 2006 pour la combustion stationnaire des déchets industriels; ou RIN 1990-2017 partie 2, Tableau A6-12, page 225. * Le pouvoir calorifique supérieur (PCS) doit être déterminé.

4. RIN 1990-2017, partie 2, page 189.

5. RIN 1990-2017, partie 2, page 193; tableaux 5.3 et 5.6 du chapitre 5 du GIEC 2006.

6. RIN 1990-2017, partie 2, page 190.

⁴² RDOCECA.

⁴³ RIN 1990-2017 : National Inventory Report 1990-2017 Greenhouse gas sources and sinks in Canada.

3.18.4. Émissions de N₂O attribuables à l'incinération ou au traitement thermique des matières résiduelles municipales, industrielles et dangereuses, des déchets biomédicaux et des boues d'épuration calculées à partir des facteurs d'émission

Les émissions d'oxyde nitreux sont influencées par la température du procédé de combustion, par le dispositif de contrôle de pollution atmosphérique, par le type et la teneur en azote des matières résiduelles et par l'indice d'air. L'équation 30 suivante permet de quantifier ces émissions⁴⁴.

Équation 30. Émissions de N₂O attribuables à l'incinération ou au traitement thermique des matières résiduelles municipales, industrielles et dangereuses, des déchets biomédicaux et des boues d'épuration calculées à partir des facteurs d'émission

$$E_{MR}N_2O = \sum_i (MR_i \times FE_i N_2O) \times 0,001$$

Où :

$E_{MR}N_2O$ = Émissions de N₂O, en tonnes de N₂O par année;

MR_i = Quantité de matières résiduelles de type i incinérée ou traitée thermiquement, en tonnes par année;

$FE_i N_2O$ = Facteur d'émission de N₂O associé aux matières résiduelles de type i , en kilogrammes de N₂O par tonne de matières résiduelles;

0,001 = Coefficient de conversion de kilogrammes à tonnes;

i = Catégorie ou type de matières résiduelles incinérées ou traitées thermiquement, précisé comme suit :

MRM : matières résiduelles municipales; MRI : matières résiduelles industrielles; MDR : matières dangereuses résiduelles; DB : déchets biomédicaux; et BE : boues d'épuration.

3.18.5. Émissions de N₂O attribuables à l'incinération ou au traitement thermique des matières résiduelles municipales, industrielles et dangereuses, des déchets biomédicaux et des boues d'épuration selon des données de concentration dans le gaz de fumée

Lorsque des données de concentration de N₂O dans le gaz de fumée sont disponibles, les émissions de N₂O attribuables à l'incinération des matières résiduelles peuvent être calculées à partir de l'équation 31⁴⁵.

Équation 31. Émissions de N₂O attribuables à l'incinération ou au traitement thermique des matières résiduelles municipales, industrielles et dangereuses, des déchets biomédicaux et des boues d'épuration calculées selon des données de concentrations dans le gaz de fumée

$$E_{MR}N_2O = \sum_i (MR_i \times CE_i \times VGF_i) \times 10^{-9}$$

⁴⁴ 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

⁴⁵ 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

Où :

$E_{MR N_2O}$ = Émissions annuelles de N_2O , en tonnes de N_2O par année;

MR_i = Quantité de matières résiduelles de type i incinérée ou traitée thermiquement, en tonnes par année;

CE_i = Concentration des émissions de N_2O dans le gaz de fumée provenant de l'incinération de matières résiduelles de type i , en $mg N_2O/m^3$;

VGF_i = Volume du gaz de fumée par quantité de matières résiduelles de type i incinérée, en $m^3/tonne$;

10^{-9} = Coefficient de conversion de milligrammes à tonnes;

i = Catégorie ou type de matières résiduelles incinérées, précisé comme suit :

MRM : matières résiduelles municipales; MRI : matières résiduelles industrielles; MDR : matières dangereuses résiduelles; DB : déchets biomédicaux; et BE : boues d'épuration.

3.18.6. Récupération de l'énergie et réduction des émissions de GES associées

Si l'énergie résiduelle est valorisée pour remplacer des combustibles fossiles, cela contribue à réduire les émissions de GES. Il existe plusieurs exemples au Québec de vente d'énergie à des industries à proximité (ex. : réseau de vapeur). Dans le cas où il est prévu de récupérer l'énergie résiduelle générée, il est suggéré de quantifier les réductions d'émissions de GES afférentes. Pour ce faire, l'équation fournie à la section sur les [systèmes de combustion fixes](#) peut être utilisée.

3.19. Émissions attribuables au traitement et au rejet des eaux usées

Ces émissions comprennent les émissions de CH_4 et de N_2O attribuables au traitement des eaux usées municipales et industrielles ainsi que les émissions de CH_4 et de N_2O attribuables au rejet des eaux usées non traitées.

3.19.1. Émissions de CH_4 attribuables au traitement ou au rejet des eaux usées

La méthode d'estimation des émissions de CH_4 attribuables au traitement ou au rejet des eaux usées présentée dans ce guide suit les recommandations des lignes directrices du GIEC. Les émissions de CH_4 sont estimées en fonction de la charge de matières organiques dans les eaux usées, de la capacité maximale de production de méthane (Bo) et du facteur de correction du méthane (FCM), lequel est fonction du type de traitement des eaux usées réalisé. L'équation 32 présente les émissions de méthane issues du traitement des eaux usées, exprimées en tonnes de CH_4 par année.

Équation 32. Émissions de CH_4 attribuables au traitement ou au rejet des eaux usées

$$CH_4 = FE_{CH_4} \times Charge_Organique_Annuelle \times 0,001$$

Où :

CH_4 = Émissions de CH_4 attribuables au traitement des eaux usées, exprimées en tonnes de CH_4 par année;

FE_{CH_4} = Facteur d'émission du méthane associé au traitement des eaux usées, exprimé en kg CH_4 /kg DBO;

Charge_Organique_Annuelle = Charge organique annuelle totale de l'usine de traitement des eaux usées, exprimée en kilogrammes de DBO par année;

0,001 = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes.

Le tableau 22 présente les facteurs d'émission de méthane associés aux différents types de traitement ou voies d'élimination des eaux usées domestiques et industrielles.

Tableau 22. Facteurs d'émission de méthane associés aux différents types de traitement des eaux usées		
Type de traitement ou voie d'élimination des eaux usées	Observations	FE_{CH_4} (kg CH_4/kg DBO)
Eaux usées non traitées		
Rejets dans les milieux aquatiques (niveau 1)	La plupart des milieux aquatiques, y compris les rivières, sont sursaturés en CH_4 . Une offre excédentaire en nutriments augmentera les émissions de CH_4 . Les environnements où le carbone s'accumule dans les sédiments ont un potentiel plus élevé de génération de méthane.	0,068
Rejets dans des milieux aquatiques autres que les réservoirs, les lacs et les estuaires (niveau 2)	La plupart des milieux aquatiques, y compris les rivières, sont sursaturés en CH_4 . Une offre excédentaire en nutriments augmentera les émissions de CH_4 .	0,021
Rejets dans des réservoirs, des lacs et des estuaires (niveau 2)	Les environnements où le carbone s'accumule dans les sédiments ont un potentiel plus élevé de génération de méthane.	0,114
Rejets dans des eaux stagnantes		0,3
Égout en écoulement (ouvert ou fermé)	En mouvement rapide, propre (quantités négligeables de CH_4 provenant notamment des stations de pompage).	0
Eaux usées traitées		
Centrale de traitement aérobie	Une partie du CH_4 peut être émise par les bassins de décantation. Du CH_4 peut être généré dans les réseaux d'assainissement en amont lors de processus de traitement turbulent ou aérobie. Pour les stations d'épuration recevant des eaux usées dépassant la capacité nominale, les responsables doivent évaluer en conséquence la quantité de matière organique éliminée dans les boues.	0,018

Tableau 22. Facteurs d'émission de méthane associés aux différents types de traitement des eaux usées

Type de traitement ou voie d'élimination des eaux usées	Observations	FE _{CH₄} (kg CH ₄ /kg DBO)
Biofiltration sur boues anaérobies. Réacteur UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)	La récupération du CH ₄ n'est pas considérée ici.	0,48
Lagune anaérobie peu profonde et lagunes facultatives	Si la profondeur est inférieure à 2 mètres, faire appel à un expert.	0,12
Lagune profonde anaérobie	Profondeur de plus de 2 mètres.	0,48
Milieu humide artificiel	Consulter le document 2013 : Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories : Wetlands (IPCC 2014)	
Fosse septique	Les fosses septiques émettent du CH ₄ .	0,3
Fosse septique + champ d'épuration	Les fosses septiques émettent du CH ₄ ; le champ d'épuration est une source négligeable de CH ₄ .	0,3
Latrine	Climat sec, nappe phréatique plus profonde que la latrine, famille réduite (de 3 à 5 personnes).	0,06
Latrine	Climat sec, nappe phréatique plus profonde que la latrine, collective (nombreux utilisateurs).	0,3
Latrine	Climat humide, eau d'entraînement, nappe phréatique moins profonde que la latrine.	0,42

Source : Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste. Chapitre 6. Wastewater treatment and discharge. Tableau 6.3.

3.19.2. Émissions de N₂O attribuables au traitement ou au rejet des eaux usées

Les émissions de N₂O peuvent provenir directement des installations d'épuration ou être générées indirectement à partir des eaux usées après rejet de l'effluent dans des cours d'eau, des lacs ou la mer. Les émissions directes, résultant de la nitrification et de la dénitrification, au niveau des installations de traitement des eaux usées, peuvent être considérées comme des sources mineures et donc négligeables, sauf pour les installations plus sophistiquées ayant la capacité de faire la nitrification et la dénitrification des effluents (GIEC, 2006).

L'équation 33 présente les émissions de N₂O attribuables au traitement des eaux usées, exprimées en tonnes de N₂O par année⁴⁶.

Équation 33. Émissions de N₂O attribuables au traitement ou au rejet des eaux usées

$$E_{N_2O} = FE_{N_2O} \times N \times \frac{44}{28} \times 0,001$$

⁴⁶ Rapport d'inventaire national 1990-2016 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada. Partie 2. Page 198.

Où :

E_{N_2O} = Émissions de N_2O attribuables au traitement des eaux usées, exprimées en tonnes de N_2O par année;

FE_{N_2O} = Facteur d'émission de N_2O attribuables aux eaux usées, utiliser le tableau 23;

N = Quantité d'azote présente dans les eaux usées, en kilogrammes de N par année;

$44/28$ = Facteur stœchiométrique utilisé pour convertir l'azote moléculaire en N_2O ;

$0,001$ = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes.

Par conséquent, selon l'équation 33, les émissions de N_2O sont directement proportionnelles à la quantité d'azote présente dans les eaux usées et au facteur d'émission de N_2O . Ce dernier est caractéristique de chaque type de traitement ou de rejet et peut être estimé à partir du tableau 23.

Tableau 23. Facteurs d'émission de N_2O associés aux différents types de traitement des eaux usées résidentielles et industrielles		
Type de traitement ou voie d'élimination des eaux usées	Observations	FE_{N_2O} (kg N_2O/kg N)
Eaux usées non traitées		
Rejets en eau douce, dans les estuaires et la mer (niveau 1)	Sur la base de données de terrain limitées et d'hypothèses spécifiques concernant l'occurrence de la nitrification et de la dénitrification dans les rivières et les estuaires.	0,005
Rejets dans des environnements touchés par l'eutrophisation ou des environnements hypoxiques (niveau 3, si nécessaire)	Des émissions plus élevées sont associées aux eaux hypoxiques ou aux eaux enrichies par des éléments nutritifs, comme celles des lacs, des estuaires et des rivières eutrophisés, ou aux endroits où règnent des conditions stagnantes.	0,019
Eaux usées traitées		
Stations d'épuration aérobies centralisées	Le N_2O est variable et peut être significatif.	0,016
Réacteur anaérobie	Le N_2O n'est pas significatif.	0
Lagune anaérobie	Le N_2O n'est pas significatif.	0
Milieu humide artificiel	Se référer au document 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories : Wetlands (IPCC 2014)	
Fosse septique	Le N_2O n'est pas significatif.	0
Fosse septique + champ d'épuration	Le N_2O est émis par le champ d'épuration.	0,0045
Latrine	Le N_2O n'est pas significatif.	0
Digesteur anaérobie des boues	Le N_2O n'est pas significatif.	0

Source : Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste. Chapitre 6. Wastewater treatment and discharge. Tableau 6.3.

La quantité totale d'azote à traiter peut être estimée en fonction de la population desservie par l'usine d'épuration (eaux usées municipales) ou de la charge en azote à traiter par l'usine d'épuration des eaux

industrielles (eaux usées industrielles). Les équations 34 et 35 permettent d'estimer la quantité totale d'azote à traiter pour les eaux usées domestiques et les eaux usées industrielles, respectivement.

Équation 34. Quantité totale d'azote présente dans les eaux usées municipales

$$N = \text{Protéines} \times \text{Population} \times F_{NPR} \times N_{\text{ménage}} \times F_{NC}$$

Où :

N = Quantité d'azote totale présente dans les eaux usées municipales, en kilogrammes de N par année;

Protéines = Consommation annuelle de protéines par personne = 67,74 kilogrammes par personne par an⁴⁷;

Population = Population desservie par les installations de traitement des eaux usées;

F_{NPR} = Fraction d'azote dans les protéines = 0,16 kilogramme de N par kilogramme de protéine⁴⁸;

F_{ménage} = Fraction additionnelle d'azote issue des produits de ménage = 1,17⁴⁹;

F_{NC} = Fraction de protéine non consommée = 1,13⁵⁰.

Pour ce qui est des stations d'épuration des eaux usées industrielles, l'équation 35 permet d'estimer la quantité totale d'azote traitée à la station d'épuration en multipliant le débit annuel d'eaux usées traitées par la concentration d'azote totale de l'affluent.

Équation 35. Quantité totale d'azote présente dans les eaux usées industrielles

$$N = \text{Débit}_{\text{Annuel}} \times \text{CAzote}_{\text{Aff}}$$

Où :

N = Quantité d'azote présente dans les eaux usées industrielles, exprimée en kilogrammes de N par année;

Debit_{Annuel} = Débit annuel des eaux usées traitées à la station d'épuration, en mètres cubes par année;

CAzote_{Aff} = Concentration totale d'azote de l'affluent traité à la station d'épuration, en kilogrammes de N par mètre cube.

Dans l'éventualité où le type de traitement et son taux d'enlèvement d'azote est connu, il est possible d'utiliser l'équation 36 pour déterminer la quantité totale d'azote envoyée à l'effluent.

Équation 36. Quantité totale d'azote envoyée à l'effluent

$$N_{\text{EFF}} = N \times (1 - N_{\text{ENL}})$$

Où :

N_{EFF} = Quantité totale d'azote envoyée à l'effluent, exprimée en kilogrammes de N par année;

N = Quantité d'azote présente dans les eaux usées industrielles, exprimée en kilogrammes de N par année;

⁴⁷ RIN 1990-2017. Partie 2. Page 194

⁴⁸ 2009 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5, chapitre 6, page 6.38.

⁴⁹ 2009 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5, chapitre 6, Tableau 6.10A.

⁵⁰ 2009 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5, chapitre 6, Tableau 6.10A.

N_{ENL} = Fraction d'azote enlevée durant le traitement des eaux usées, obtenue à partir du tableau 24.

Tableau 24. Fraction d'azote enlevée durant le traitement des eaux usées (N_{ENL})		
Type de traitement	Valeur par défaut pour l'enlèvement d'azote	Fourchette de valeurs pour l'enlèvement d'azote
Aucun traitement	0	0
Traitement primaire (mécanique)	0,10	0,05 à 0,20
Traitement secondaire (biologique)	0,40	0,35 à 0,55
Traitement tertiaire (biologique avancé)	0,80	0,45 à 0,85
Fosse septique	0,15	0,10 à 0,25
Fosse septique + champs d'épuration	0,68	0,62 à 0,73
Latrine	0,12	0,07 à 0,21

Source : Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5, Chapitre 6, Tableau 6.10c.

3.20. Exploration et exploitation des hydrocarbures

L'exploration et l'exploitation des hydrocarbures est un secteur d'activité peu développé au Québec. Pour la quantification des émissions de GES, la présente section se base sur les nombreux rapports et études produits dans le cadre des différentes évaluations environnementales stratégiques (ÉES), sur la réglementation en vigueur au Québec (RDOCECA), aux États-Unis (United States Environmental Protection Agency [USEPA]) et au Canada, ainsi que sur les Lignes directrices provisoires sur l'exploration gazière et pétrolière du MELCC⁵¹. De plus, certaines méthodologies issues de l'American Petroleum Institute (API) sont utilisées comme références. Finalement, parmi les références concernant les impacts de l'exploration et de l'exploitation des hydrocarbures sur les émissions de GES applicables au contexte du Québec, citons les études du Centre international de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG)⁵² (2013), de WSP⁵³ (2015) et du MELCC⁵⁴ (2013).

L'état des connaissances sur cette filière étant peu avancé au Québec, le principe de précaution doit être appliqué pour ce type de projet, et un processus particulier est appliqué pour la détermination des sources d'émission de GES. La présente section [ainsi que l'annexe B](#) présentent des méthodologies applicables pour évaluer les émissions de GES.

3.20.1. Description de la séquence des opérations

L'annexe B présente la séquence générale des opérations d'un projet type d'exploration et d'exploitation du pétrole de schiste (Réf. : WSP, 2015). En raison de la grande variabilité des activités liées à l'exploration et

⁵¹ MELCC, 2014 : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/industriel/hydrocarbures/lignes-directrices.pdf>.

⁵² CIRAIG, 2013. Rapport synthèse des résultats du CIRAIG sur l'impact des émissions de GES de la filière du gaz de schiste au Québec. http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/gaz_de_schiste-enjeux/documents/PR3.6.24.pdf.

⁵³ WSP, octobre 2015. Élaboration d'un projet type concernant les activités d'exploration et d'exploitation du pétrole et du gaz à Anticosti. Étude AENV17, <https://mem.gouv.qc.ca/energie/filiere-hydrocarbures/etudes/AENV17.pdf>.

⁵⁴ MELCC, décembre 2013. Rapport synthèse des résultats du CIRAIG sur l'impact des émissions de GES de la filière du gaz de schiste au Québec. http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/gaz_de_schiste-enjeux/documents/PR3.6.24.pdf.

à l'exploitation des hydrocarbures (ex. : forages avec fracturation hydraulique ou forages « conventionnels »), certains éléments peuvent ne pas être identifiés dans le guide ou, au contraire, couvrir un spectre plus large. Quoi qu'il en soit, il est important d'identifier toutes les phases, toutes les activités et tous les équipements qui, dans le cadre du projet, ont des impacts sur les émissions de GES.

Voici un résumé des principales phases et activités à considérer dans la quantification des émissions de GES (liste non exhaustive).

A. APPROVISIONNEMENT EN MATIÈRES PREMIÈRES (AMONT)

B. TRAVAUX PRÉLIMINAIRES

- Levés géophysiques et autres types de levés, échantillonnage et tests
- Préparation du site

C. EXPLORATION

- Sondages et forage de puits
- Fracturation hydraulique
- Essais de production

D. PROJET PILOTE/DÉVELOPPEMENT

- Forage de puits
- Fracturation hydraulique
- Essais de production

E. PRODUCTION D'HYDROCARBURES

- Séparation mélange eau-hydrocarbures
- Pompage des hydrocarbures
- Compression des gaz
- Déshydratation des gaz
- Décarbonatation des gaz
- Transfert du gaz naturel
- Liquéfaction du gaz naturel
- Stockage du GPL
- Stockage des condensats
- Séquestration du CO₂

F. TRANSPORT ET DISTRIBUTION

- Transport par pipeline, gazoduc, bateau, train ou camion

G. FERMETURE DÉFINITIVE

- Démantèlement des équipements de surface
- Fermeture des puits
- Remise en état du site

H. GESTION DES REJETS ET RÉSIDUS

- Boues et déblais
- Eaux usées
- Émissions dans l'atmosphère
- Rejets accidentels
- Gestion des équipements

I. SUIVI POST-FERMETURE

- Programme de suivi des émissions de GES, y compris les émissions fugitives

3.20.2. Méthodologie 1 de calcul des émissions de GES basée sur les équations

Les sources d'émission de GES doivent être identifiées de façon claire et détaillée et les émissions de GES doivent être quantifiées pour chacune des phases et pour chaque activité. Cela permet de bien cerner les activités les plus émettrices de GES et, éventuellement, de disposer d'un aperçu des mesures d'atténuation possibles. En particulier, les activités liées à l'extraction des hydrocarbures ainsi qu'à l'essai de production des puits (phases D et E) doivent être détaillées, étant donné le potentiel d'émission qui leur est associé.

Le tableau 25 présente des exemples de sources d'émission qui doivent minimalement être considérées. Les formules et méthodologies proposées le sont à titre indicatif. D'autres méthodologies ou références pourraient être utilisées selon les besoins particuliers du projet. Le cas échéant, elles devront être bien documentées et reposer sur des sources fiables et vérifiables.

<i>Tableau 25. Sources d'émission de GES et références pour la quantification</i>		
Nº	SOURCES - COMBUSTION	RÉFÉRENCES - QUANTIFICATION
1	Moteur à combustion interne, au diesel ou autre, pour le transport de matériel, d'équipements ou d'intrants spécifiques au procédé, y compris le transport aérien, maritime et terrestre par rail ou par camionnage	Protocole QC.27 du RDOCECA
2	Moteur à combustion interne, au diesel ou autre, pour équipements mobiles (machinerie hors route, camion de pompage, équipements de mélange, etc.)	Protocole QC.27 du RDOCECA
3	Moteur à combustion interne, au diesel ou autre, pour transport de personnes (le cas échéant), y compris le transport aérien, maritime et terrestre par rail ou par camionnage	Protocole QC.27 du RDOCECA (méthodologie applicable même si le transport des personnes est exclu a priori) et section 4.8 du guide API
4	Moteur à combustion interne, au diesel ou autre (y compris au gaz naturel ou à l'éthane) pour groupe électrogène (production d'électricité locale) ou autres équipements fixes tels que les compresseurs et les pompes	Protocoles QC.1 et QC.16 du RDOCECA (groupes électrogènes)

5	Chaudière et appareils de chauffage fonctionnant au mazout, au diesel, au gaz naturel, à l'éthane ou autre (production de chaleur - ex. : pour le réchauffement de l'eau de fracturation ou du gaz ou pour la régénération du glycol)	Protocole QC.1 du RDOCECA
N°	SOURCES - COMBUSTION	RÉFÉRENCES - QUANTIFICATION
6	Torchère ou autre équipement de destruction des gaz (fosse de brûlage)	Protocole QC.33.3.13 du RDOCECA ou section 4.6 du guide API pour les torchères et protocole QC.1 du RDOCECA pour tout autre équipement
7	Incinérateur, oxydateur thermique ou catalytique	Protocole QC.1 du RDOCECA (incinérateur) et section 4.7 du guide API
8	Centrale électrique fonctionnant au mazout, à l'éthane, au gaz naturel, au diesel ou avec d'autres combustibles fossiles pour la production d'électricité locale (y compris la cogénération)	Protocole QC.16 du RDOCECA et section 7.2 du guide API
	SOURCES - PROCÉDÉS	
9	Microfuites de procédés - brides et raccords (tuyauterie ou équipements), valves manuelles ou de contrôle, instruments, etc.	Protocoles QC.33.3.16/17 du RDOCECA et section 6.1.3 du guide API
10	Ouvertures de soupapes de sûreté (événements ponctuels)	Sections 5.7 et B7.3 du guide API
11	Événements de compresseurs (centrifuges ou alternatifs)	Protocoles QC.33.3.14/15 du RDOCECA
12	Événements d'actuateurs pneumatiques fonctionnant au gaz de puits ou au gaz naturel	Protocoles QC.33.3.1/2 du RDOCECA et section 5.6.1 du guide API
13	Événements de pompes pneumatiques fonctionnant au gaz de puits ou au gaz naturel	Protocole QC.33.3.1 du RDOCECA et section 5.6.2 du guide API
14	Événements de réservoirs de produit final ou de transfert (pétrole, condensat, etc.)	Protocole QC.33.3.9 du RDOCECA et sections 5.4.1/2/4 du guide API
15	Événements de réservoirs de carburants et de combustibles (diesel ou autre)	Chapitre 7 du guide USEPA AP42
16	Événements de réservoirs de stockage des eaux de reflux	Section 5.4.3 du guide API
17	Dégazage des boues de forage	Section 5.6.3 du guide API
18	Émissions des bassins de traitements des eaux ou des eaux de reflux	Section 6.2.1 du guide API
19	Équipements d'épuration du H ₂ S (gaz acides)	Protocole QC.33.3.3 du RDOCECA et section 5.1.5 du guide API
20	Événement du régénérateur de glycol (déshydrateurs)	Protocole QC.33.3.4 du RDOCECA et sections 5.1/3/4 du guide API
21	Séparateurs de gaz	Voir les références associées aux sources suivantes, selon le cas : microfuites de procédés - brides et raccords, émissions fugitives de complétion et torchère)

22	Purges des équipements pour entretien ou autre	Protocole QC.33.3.7 du RDOCECA et section 5.7.2 du guide API
SOURCES - AUTRES PERTES		
23	Émissions fugitives lors de la complétion (y compris la fracturation), du reconditionnement ou des essais de production (CO ₂ ou méthane)	Protocoles QC.33.3.6 et QC33.4.6 du RDOCECA et section 5.7.2 du guide API
24	Ventilation à l'atmosphère des gaz en provenance des puits (pas de torchère ou hors fonction) lors d'essais de production	Protocole QC.33.3.11 du RDOCECA et section 5.7.2 du guide API
25	Émissions fugitives des événements de tête de puits - (CO ₂ ou méthane)	Protocoles QC.33.3.5 et QC33.3.11 du RDOCECA
N°	SOURCES - COMBUSTION	RÉFÉRENCES - QUANTIFICATION
26	Émissions fugitives avec eaux de reflux lors de la fracturation	Voir les références associées aux sources suivantes : réservoir ou bassin d'eau de reflux, et séparateur de gaz
27	Pertes lors du remplissage (camion, train ou bateau) et opération de lestage (ballast)	Sections 5.5.1 et 5.5.2 du guide API
SOURCES - AUTRES		
28	Émissions dues à l'utilisation d'explosifs	Section 4.4.11 de la présente directive
29	Déboisement lors de la construction	Section 4.4.10 de la présente directive
30	Production d'électricité hors site (indirecte)	Section 4.4.5 de la présente directive
31	Production de chaleur (vapeur) ou de froid (eau refroidie) hors site (indirecte)	Section 7.1.5 et 7.1.6 du guide API
32	Émissions dues aux activités de construction (bâtiments, installations connexes, conduites de gaz et de pétrole, réservoirs, etc.)	Voir les références associées à la source suivante : équipements de combustion mobiles ou fixes
33	Émissions fugitives dues à l'utilisation d'équipements de réfrigération ou climatisation	Section 4.4.8 de la présente directive et section 6.4.1 du guide API
34	Toute autre source associée au projet	À préciser dans le calcul

3.20.3. Méthodologie 2 de calcul des émissions de GES basée sur les taux d'émission

Si le projet comporte une étude de la dispersion atmosphérique des contaminants dans l'air, la méthode basée sur la détermination des taux d'émission pourrait être utilisée en fonction des gaz à effet de serre propres au projet, et ce, pour chacune des sources. Il est possible de se référer aux études réalisées dans le cadre des évaluations environnementales stratégiques à titre d'exemples méthodologiques (WSP, 2015⁵⁵ et SNC-Lavalin, 2013⁵⁶). Les détails de la méthodologie 2 doivent être fournis.

⁵⁵ WSP, octobre 2015. Élaboration d'un projet type concernant les activités d'exploration et d'exploitation du pétrole et du gaz à Anticosti. Étude AENV17, <https://mem.gouv.qc.ca/energie/filiere-hydrocarbures/etudes/AENV17.pdf>.

⁵⁶ SNC-Lavalin, 2013. Détermination des taux d'émission et modélisation de la dispersion atmosphérique pour évaluer l'impact sur la qualité de l'air des activités d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste au Québec. http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/gaz_de_schiste-enjeux/documents/PR3.6.18.pdf.

3.20.4. Présentation des résultats (méthodologies 1 ou 2)

Minimalement, voici les éléments qui devraient se retrouver dans la description de la méthodologie d'évaluation des GES :

- La séquence détaillée des opérations;
- La liste des équipements nécessaires à la réalisation des activités et leurs paramètres d'exploitation;
- Les sources d'émission de GES, y compris les émissions fugitives;
- Les facteurs et modèles d'émission;
- La durée des activités et d'utilisation des équipements;
- Les caractéristiques physiques des lieux qui ont un impact sur les GES (ex. : nombre de plateformes de forage et superficie des plateformes);
- Les propriétés et caractéristiques des hydrocarbures considérés dans les calculs (ex. : pouvoir calorifique, composition du gaz, composition de l'hydrocarbure liquide, concentration de CO₂ dans le gaz ou l'hydrocarbure liquide, composition en soufre et taux de production);
- Les références et sources de données utilisées pour la quantification (ex. : RDOCECA, USEPA, API).

Pour la présentation des résultats, un tableau des émissions de GES doit être fourni pour chaque phase du projet. Les émissions doivent être ventilées selon les activités ou les équipements émetteurs, et ce, par types de gaz et en équivalent CO₂. [L'annexe B](#) présente des exemples de tableaux de résultats que le rapport de quantification devrait minimalement comporter.

3.21. Émissions directes de GES attribuables au traitement, au transport et à la distribution de gaz naturel

Les principales sources d'émissions de GES visées dans le traitement de gaz naturel (exploitation) sont :

- l'extraction des hydrocarbures ou des condensats;
- l'extraction de l'eau;
- la séparation des gaz naturels liquéfiés;
- l'extraction du sulfure d'hydrogène (H₂S) et du CO₂;
- la fraction liquide présente dans le gaz naturel;
- le captage du CO₂ extrait du gaz naturel aux fins de livraison à l'extérieur des installations;
- les stations collectrices ou auxiliaires et le gaz naturel en provenance de multiples têtes de puits;
- tout autre procédé de traitement.

Pour toutes ces sources, les émissions annuelles de CH₄, de CO₂ et de N₂O peuvent être déterminées à partir du protocole [QC.33 du RDOCECA](#).

Les activités de transport et de distribution du gaz naturel émettent principalement du CH₄ et, dans une moindre mesure, du CO₂ et du N₂O. Les sources d'émission visées en phase d'exploitation sont tous les procédés et équipements utilisés pour le transport et la distribution de gaz naturel. Les principales sont :

- la compression du gaz naturel aux fins du transport terrestre;
- le stockage du gaz naturel et du gaz naturel liquéfié (GNL);
- l'importation et l'exportation du GNL;
- les pipelines de transport du gaz naturel;
- la distribution du gaz naturel;
- les torchères liées au réseau de transport et de distribution.

Les émissions annuelles de CH₄, de CO₂ et de N₂O peuvent être déterminées à partir du protocole [QC.29 du RDOCECA](#). Les émissions fugitives doivent être clairement identifiées dans les calculs. Si aucune formule fournie par le RDOCECA ne permet d'en faire un calcul exhaustif, une autre méthodologie peut être employée. Le cas échéant, celle-ci doit être détaillée et basée sur des hypothèses fiables et vérifiables.

Pour les émissions de construction, se référer aux sections sur les [systèmes de combustion fixes](#) et [mobiles](#).

NOTE : Les émissions indirectes attribuables au transport du gaz naturel par pipeline sont présentées dans la section portant sur [les émissions indirectes en amont ou en aval attribuables à certains projets](#).

3.22. Émissions directes de GES attribuables au transport d'hydrocarbures par pipeline

Les sources d'émission directes durant la phase d'exploitation sont liées à tous les procédés et équipements utilisés pour le transport et la distribution. Le tableau 25 de la section précédente présente les différentes activités qui peuvent se dérouler lors du transport d'hydrocarbures par pipeline et fournit les références de quantification afférentes. Plusieurs des méthodes de calcul réfèrent au RDOCECA ou au guide de l'American Petroleum Institute (API). Compte tenu de la variabilité des activités et puisque la liste fournie n'est pas nécessairement exhaustive, les sources d'émissions ainsi que les calculs doivent être détaillés pour chacune des activités. Si aucune formule fournie dans le tableau 25 ne permet d'en faire un calcul exhaustif, une autre méthodologie peut être employée, mais elle doit être détaillée et basée sur des hypothèses fiables et vérifiables.

Pour les émissions de construction, se référer aux sections sur les [systèmes de combustion fixes](#) et [mobiles](#).

NOTE : Les émissions indirectes attribuables au transport d'hydrocarbures par pipeline sont présentées dans la section portant sur [les émissions indirectes en amont ou en aval attribuables à certains projets](#).

3.23. Émissions indirectes en amont ou en aval attribuables à certains projets

Les émissions indirectes, comme il a été mentionné dans les concepts généraux [à la section 2.2.3](#), appartiennent à une catégorie d'émissions de GES différente de celles qui ont été présentées dans les sections précédentes. Elles s'en distinguent du fait qu'elles ne sont ni générées dans le cadre du projet ni contrôlées par le responsable du projet. Ces émissions peuvent être générées « en amont » ou « en aval » d'un projet ou « sur l'ensemble du cycle de vie ».

Les sections suivantes présentent des cas où le calcul de ces émissions a été réalisé. Il s'agit du transport d'hydrocarbures par pipeline dans le cadre de projets de transport (routier, collectif et de marchandises). L'approche de l'analyse de cycle de vie est également présentée.

3.23.1. Émissions de GES en amont des projets de transport d'hydrocarbures par pipeline⁵⁷

Le calcul des émissions de GES peut être réalisé à partir d'une des deux méthodologies présentées ci-après. L'utilisation d'une autre méthodologie devra être appuyée par les justifications appropriées et par des références détaillées.

3.23.1.1. *Méthodologie de calcul des émissions en amont proposée par Environnement et Changement climatique Canada (ECCC)*

Selon l'approche proposée par ECCC⁵⁸, l'évaluation des GES en amont comporte deux parties : (A) une estimation quantitative des émissions de GES associées au projet; et (B) une évaluation de l'incidence potentielle du projet sur les émissions de GES québécoises, canadiennes et mondiales. Pour les besoins de l'évaluation au Québec, seul le volet (A) est requis. Le volet (B) est optionnel.

L'estimation quantitative des GES (A) se concentrera sur les émissions provenant des activités en amont exclusivement associées au projet. Cette estimation tiendra compte des émissions attribuables à la combustion et des émissions fugitives, d'évacuation et de torchage. Elle ne tiendra pas compte des émissions indirectes telles que celles associées à la fabrication d'équipements, au changement d'affectation des terres, à l'électricité du réseau et aux carburants produits ailleurs, à moins qu'elles ne soient pas différenciables des émissions en amont.

(Optionnel) Le volet discussion (B) évaluera les conditions dans lesquelles les émissions en amont estimées à la partie A pourront se produire même si le projet n'est pas réalisé. Cela peut requérir une évaluation des projections de la production d'hydrocarbures avec et sans le projet, en fonction de différents scénarios de prix, des éventuels scénarios de transport et des marchés « alternatifs », de leurs coûts et d'autres conditions des marchés canadien et mondial. La discussion explorera également les répercussions potentielles des émissions de GES associées au projet sur les émissions de GES au Québec, sur les émissions globales au Canada et, lorsque cela sera possible, sur les émissions de GES mondiales.

⁵⁷ Le terme « pipeline » utilisé dans ce guide réfère aussi aux oléoducs et aux gazoducs. Le terme « hydrocarbures » recouvre le pétrole, le gaz et les autres produits pétroliers.

⁵⁸ Environnement et Changement climatique Canada-ECCC, 2016. Estimation des émissions de GES en amont. <http://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2016/2016-03-19/html/notice-avis-fra.html>.

Ainsi, pour un projet de transport d'hydrocarbures par pipeline, qui doit faire l'objet d'une évaluation des émissions de GES en amont, il faut se référer aux équations du document d'ECCC cité en référence et disponible sur le site Web d'ECCC (www.gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2016/2016-03-19/html/notice-avis-fra.html).

3.23.1.2. Méthodologie de calcul basée sur l'estimation de l'intensité des émissions de GES attribuables aux activités d'exploitation des hydrocarbures en amont du projet

L'intensité des émissions de GES peut être exprimée en grammes d'équivalent CO₂ par mégajoule d'énergie produite, en kilogrammes d'équivalent CO₂ par baril d'équivalent pétrole, en kilogrammes d'équivalent CO₂ par mètre cube de gaz naturel, etc. Dans la littérature, plusieurs études présentent l'intensité des émissions de GES attribuables à la production d'hydrocarbures « conventionnels » et « non conventionnels » et, en estimant la proportion de chaque type d'hydrocarbure transporté par le pipeline, il est possible de calculer les émissions de GES en amont du projet. La méthodologie de calcul employée doit être détaillée et basée sur des hypothèses fiables et vérifiables.

3.23.2. Transfert modal dans le transport des personnes et réduction des émissions de GES associées

Les projets de transport peuvent avoir une influence sur le mode de transport des usagers. À titre d'exemple, la création d'une voie réservée pour le transport en commun peut être un incitatif à changer de mode de transport. Le transport en commun produit moins d'émissions de GES par passager et par kilomètre que les voitures individuelles.

Par conséquent, une fois qu'on a déterminé la réduction des déplacements en voiture ou la réduction du transport par camion découlant du projet, il est possible d'estimer la réduction des émissions de GES attribuable au transfert modal réalisé dans le cadre du projet.

La réduction des émissions de GES associée au transfert modal découlant du projet peut être déterminée à partir de l'équation 36⁵⁹.

Équation 37. Émissions de GES attribuables aux impacts du projet sur le transfert modal

$$ER_{GES_TP} = \text{Passager_km}(km/ann\acute{e}e) \times t_{TM}(\%) \times t_{CC} \left(\frac{l}{km} \right) \times FE_{Carb} \left(\frac{kgCO_{2e}}{l} \right) \times 0,001$$

Où :

ER_{GES_TP} = Réduction des émissions de GES attribuables au transport de personnes, exprimée en tonnes d'équivalent CO₂ par année;

Passager_km = Distance totale parcourue par les passagers par année, exprimée en kilomètres par année;

t_{TM} = Taux de transfert modal (%);

⁵⁹ Golder Associés. Rapport de quantification des émissions de GES évitées par le transport collectif dans la région métropolitaine de Montréal. Novembre 2016.

t_{CC} = Taux de consommation de carburant moyen des voitures, exprimé en litres par kilomètre;

FE_{Carb} = Facteur d'émission associé au carburant, exprimé en kilogrammes d'équivalent CO₂ par litre;

0,001 = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes.

Le taux de transfert modal peut être déterminé de trois manières différentes : à partir d'un sondage mené auprès des utilisateurs, sur la base d'un modèle de transport régional ou selon des valeurs par défaut, en fonction de la taille de la population desservie.

3.23.3. Émissions indirectes ou réduction des émissions attribuables au flux de circulation et à la congestion routière

Les méthodologies présentées dans cette section peuvent s'appliquer dans deux contextes différents. Dans le premier contexte, les calculs servent à évaluer les émissions supplémentaires induites par un projet routier s'il y a augmentation du débit des véhicules légers et lourds. Dans le second contexte, les mêmes méthodologies servent à évaluer la réduction des émissions de GES attribuable à un projet de transport s'il y a diminution du débit de circulation (transport collectif, voie réservée, etc.). **Autrement dit, les mêmes méthodologies peuvent s'appliquer dans les deux contextes mais, selon le cas, elles serviront à calculer des émissions ou des réductions d'émissions.**

Certains projets routiers modifient les flux et la performance des systèmes routiers. Des outils basés sur les modèles d'émission de GES à travers une représentation du système d'offres et de demandes en matière de transport, à une échelle de territoire donnée, permettent de dresser un portrait de l'impact d'un projet sur les émissions de GES attribuables au déplacement des personnes.

Les facteurs déterminants des émissions de GES attribuables aux projets routiers peuvent être regroupés dans deux catégories principales :

- Données sur le parc automobile : types de véhicules (voitures particulières, véhicules utilitaires légers, poids lourds, deux roues, etc.), motorisation et carburants (véhicules à essence, au diesel, électriques, etc.), équipements, âge du parc automobile, etc.;
- Conditions d'utilisation (données sur le trafic) : distance annuelle parcourue, longueur moyenne d'un trajet, réseaux empruntés (lesquels peuvent conditionner les vitesses de circulation), conditions climatiques, comportements de conduite, etc.

À partir des données sur le parc automobile et sur le trafic, il est possible de modéliser les émissions de GES actuelles et futures.

Plusieurs outils peuvent être utilisés pour modéliser la circulation automobile et les émissions de GES. À titre d'exemple, le logiciel EMME⁶⁰ permet de modéliser la circulation routière, et le logiciel MOVES⁶¹ de l'USEPA permet de modéliser les émissions de GES qui en découlent.

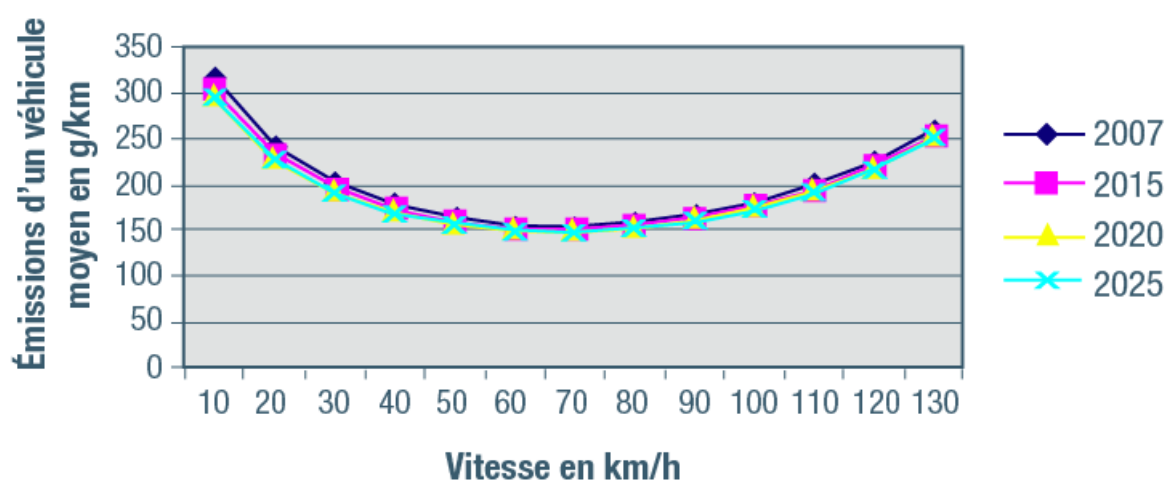
⁶⁰ Logiciel EMME. <https://www.inrosoftware.com/en/products/emme//>.

⁶¹ MOVES2014a. <http://www.epa.gov/otaq/models/moves/index.htm>.

De plus, la congestion routière influence la consommation de carburant par les véhicules. Par conséquent, l'impact des projets sur la congestion routière doit également être présenté. Cette dernière catégorie d'émissions peut être significative dans les villes où la congestion routière est déjà élevée. Plusieurs modèles et approches ont été conçus pour déterminer la relation entre le niveau de congestion et les émissions de GES^{62, 63 et 64}.

La figure 3 présente un graphique des effets de la congestion sur les émissions de GES et la figure 4 présente un schéma simplifié de la modélisation réalisée avec les logiciels EMME et MOVES.

Figure 3. Effets de la congestion routière et de la vitesse des véhicules sur les émissions de GES



Source : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie⁶⁵

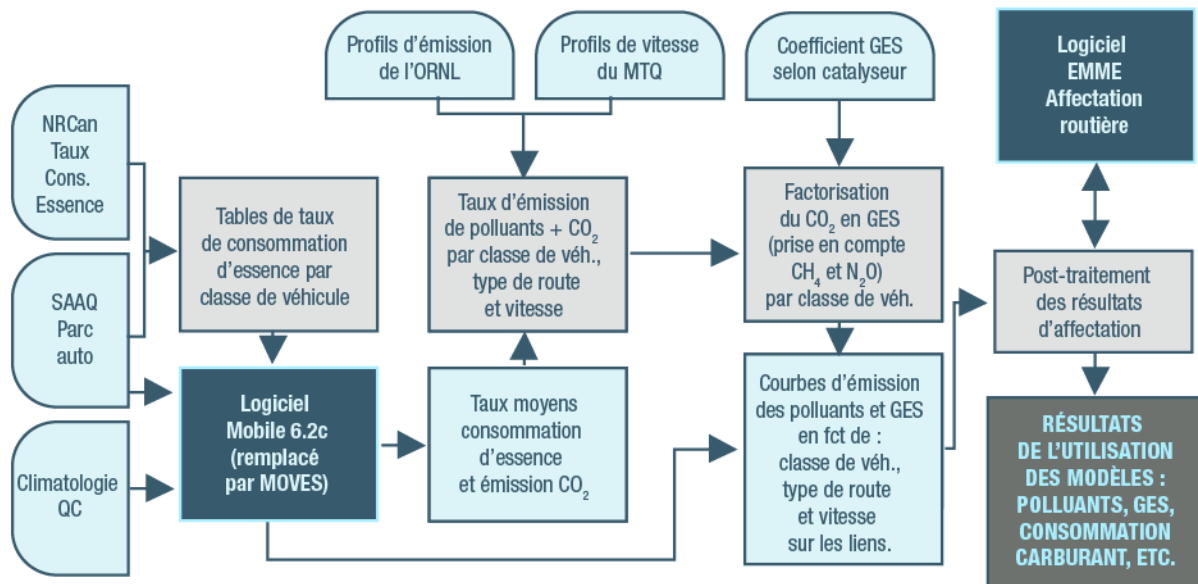
⁶² APTA Climate Change Standards Working Group. Recommended Practice for Quantifying Greenhouse Gas Emissions from Transit. APTA 2009. <http://www.apta.com/resources/hottopics/sustainability/Documents/Quantifying-Greenhouse-Gas-Emissions-APTA-Recommended-Practices.pdf>.

⁶³ INRIX GLOBAL TRAFFIC SCOREBOARD February 2018. <http://inrix.com/scorecard//>.

⁶⁴ MOVES2014a (Motor Vehicle Emission Simulator). USEPA. <https://www.epa.gov/moves>.

⁶⁵ ADEME, 2014. Impacts des limitations de vitesse sur la qualité de l'air, le climat, l'énergie et le bruit. https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/adm00013623_synthese_etude-limitation-de-vitesse_fev2014.pdf.

Figure 4. Schéma simplifié de l'utilisation des modèles de circulation routière



Source : adapté du ministère des Transports du Québec

3.23.3.1. Émissions indirectes associées à l'étalement urbain

Dans l'état actuel des connaissances, il n'est pas encore possible d'évaluer les émissions de GES associées à l'étalement urbain avec un bon niveau de confiance. Comme les connaissances se développent rapidement, si des méthodes fiables, rigoureuses et bien documentées existent pour évaluer l'impact des déplacements sur l'étalement urbain, une évaluation des émissions de GES qui en découlent peut être présentée. Cette évaluation doit décrire la méthodologie en détail et présenter les calculs détaillés avec les hypothèses et les références à l'appui.

3.23.4. Émissions indirectes attribuables aux différents modes de transport des marchandises (camion, train et bateau)

Si un projet peut occasionner un changement dans les modes de transport des marchandises, les émissions (ou réductions) de GES indirectes peuvent être déterminées par la différence entre les émissions de GES du scénario de transport de marchandises proposé par le projet (scénario futur) et celles du scénario de transport de marchandises sans le projet (scénario actuel).

L'équation 37 présentée précédemment, élaborée par Ressources naturelles Canada (RNCAN), permet de calculer la différence entre les émissions de GES attribuables au transport de marchandises associées au projet et celles du scénario actuel.

Équation 38. Émissions indirectes attribuables aux impacts du projet sur le transport des marchandises

$$\Delta E_{TMM} = E_{TMP} - E_{TMA} = [(t_{cam} \times d_{cam} \times FE_{cam} + t_{tra} \times d_{tra} \times FE_{tra} + t_{bat} \times d_{bat} \times FE_{bat})_P - (t_{cam} \times d_{cam} \times FE_{cam} + t_{tra} \times d_{tra} \times FE_{tra} + t_{bat} \times d_{bat} \times FE_{bat})_{AVP}] \times 0,001$$

Où :

ΔE_{TMM} = Variation des émissions de GES attribuables aux impacts du projet sur le transfert modal dans le secteur du transport de marchandises, exprimée en tonnes d'équivalent CO₂ par année;

E_{TMP} = Émissions de GES attribuables au transport de marchandises, prévues après la mise en œuvre du projet, exprimées en tonnes d'équivalent CO₂ par année;

E_{TMA} = Émissions de GES attribuables au transport de marchandises dans le scénario actuel (avant la mise en œuvre du projet), exprimées en tonnes d'équivalent CO₂ par année;

P = Scénario du projet;

AVP = Scénario avant le projet;

t_{Cam} = Tonnage annuel total transporté par camion;

t_{train} = Tonnage annuel total transporté par train;

t_{bat} = Tonnage annuel total transporté par bateau;

d_{Cam} = Distance annuelle totale de transport par camion, exprimée en kilomètres;

d_{train} = Distance annuelle totale de transport par train, exprimée en kilomètres;

d_{bat} = Distance annuelle totale de transport par bateau, exprimée en kilomètres;

FE_{Cam} = Facteur d'émission associé au transport par camion, exprimé en kilogrammes d'équivalent CO₂ par tonne et par kilomètre;

FE_{train} = Facteur d'émission associé au transport par train, exprimé en kilogrammes d'équivalent CO₂ par tonne et par kilomètre;

FE_{bat} = Facteur d'émission associé au transport par bateau, exprimé en kilogrammes d'équivalent CO₂ par tonne et par kilomètre.

Le tableau 26 présente les facteurs d'émission de GES associés aux différents modes de transport de marchandises.

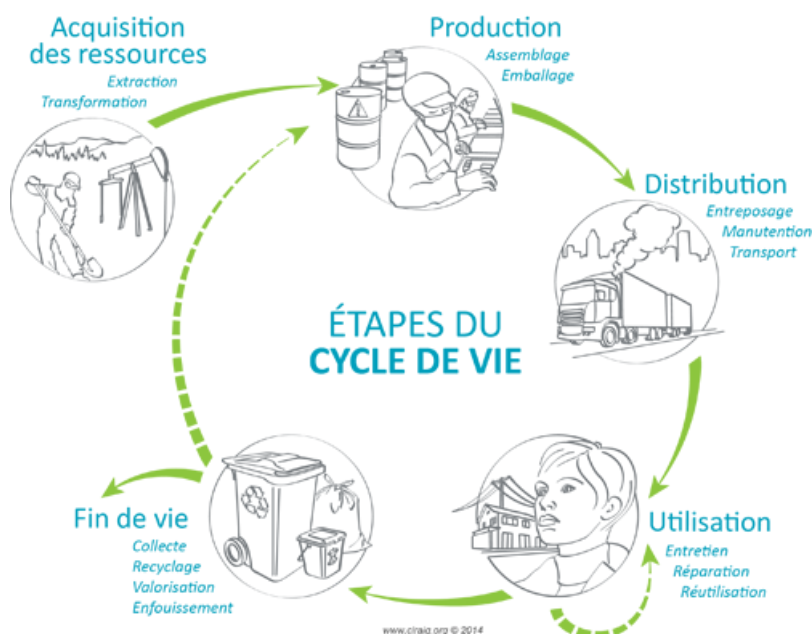
Tableau 26. Facteurs d'émission de GES associés aux différents modes de transport de marchandises, en kilogrammes d'équivalent CO₂ par tonne transportée et par kilomètre		
Mode de transport	Facteur d'émission (kg éq. CO ₂ /TKT*)	Source : Ressources naturelles Canada
Camion	0,1873	Heavy duty diesel trucks. GHGenius, version 4.03 ou plus récente, page « freight emissions »
Train	0,0191	GHGenius, version 4.03 ou plus récente, page « freight emissions »
Bateau	0,0057	GHGenius, version 4.03 ou plus récente, page « freight emissions »

KT = Tonnes-kilomètre transportées

3.23.5. L'analyse de cycle de vie

L'analyse de cycle de vie (ACV) est une autre méthode d'évaluation des émissions indirectes de GES. Elle est utilisée de manière complémentaire pour déterminer l'empreinte carbone de certains projets, souvent à l'initiative du responsable. L'ACV peut aussi être utilisée comme outil d'aide à la décision pour choisir, par exemple, les fournisseurs de matières premières ou les modes de distribution dont les empreintes carbone sont les plus faibles. L'approche de l'ACV est schématisée ci-après.

Figure 5. Schéma simplifié de l'analyse de cycle de vie



Source : adapté du CIRAIG (Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services) (<http://www.ciraig.org/fr/acv.php>).

Voici certains exemples où l'analyse de cycle de vie a été réalisée au Québec : l'exploitation des hydrocarbures, les projets de pipeline et les projets de transport routier ou collectif.

3.24. Enjeu de quantification émergeant : les émissions provenant du carbone noir

Le carbone noir est un aérosol (particules en suspension dans l'air) émis au cours du processus de combustion dont la durée de vie dans l'atmosphère est courte et qui a des effets sur le réchauffement climatique et sur la santé (voir annexe E). Le carbone noir n'est pas émis seul; il fait partie, avec d'autres composants, de particules d'un diamètre inférieur ou égal à 2,5 microns ($PM_{2,5}$).

À ce jour, les émissions de carbone noir ne sont pas comptabilisées dans les inventaires nationaux d'émissions de GES dans le cadre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Toutefois, l'impact des émissions du carbone noir sur le climat est très significatif. Après le CO_2 , le carbone noir est considéré comme la deuxième source anthropique de réchauffement de la planète⁶⁶.

L'annexe E fournit plus de détails sur le carbone noir et ses impacts. La présente section s'attardera à la quantification des émissions de GES associées.

Pour le calcul des émissions de carbone noir, deux hypothèses importantes sont postulées : 1) le carbone noir est surtout émis sous forme de $PM_{2,5}$; 2) seules les émissions de $PM_{2,5}$ résultant de la combustion contiennent une quantité importante de carbone noir. Par conséquent, les émissions de carbone noir sont calculées par la quantité de $PM_{2,5}$ émise par le procédé de combustion, multipliée par les proportions de carbone noir propres à chaque type de source⁶⁷.

Les moteurs diesel présentent à la fois des taux d'émission de $PM_{2,5}$ significatives et des proportions de carbone noir dans ces $PM_{2,5}$ relativement élevés. Ils représentent, par conséquent, une des principales sources d'émission de carbone noir. Parmi les autres sources de combustion dont les émissions de $PM_{2,5}$ sont élevées, mentionnons les unités de combustion à combustible solide, comme les chaudières à charbon et à bois et les équipements de combustion résidentiels (foyers, poêles à bois, etc.).

Les sources d'émission de carbone noir dans le secteur commercial, résidentiel et institutionnel englobent la combustion de bois de chauffage et la combustion de combustibles fossiles dans les établissements commerciaux, les établissements institutionnels et les maisons.

La catégorie du transport et des équipements mobiles regroupe le transport par voie aérienne, le transport maritime, le transport routier, le transport hors route et le transport ferroviaire. Les moteurs diesel routiers et hors route sont la principale source d'émissions de carbone noir de cette catégorie.

Pour ce qui est de la méthodologie du calcul des émissions de carbone noir, le guide suit les recommandations du document « Lignes directrices relatives à l'évaluation des émissions de carbone noir

⁶⁶ Greene s., Smart Freight Centre Adviser. Black Carbon Methodology for the Logistics Sector. <https://www.ccacoalition.org/en/resources/black-carbon-methodology-logistics-sector>.

⁶⁷ Rapport d'inventaire de carbone noir du Canada 2019. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/pollution-atmospherique/publications/inventaire-emissions-carbone-noir-2019.html>.

en Amérique du Nord : méthodes recommandées d'estimation des émissions de carbone noir », élaboré en novembre 2015 par la Commission de coopération environnementale (CCE)⁶⁸.

Les lignes directrices adoptent la structure à trois niveaux de précision utilisée par le GIEC, et adoptée par la communauté des praticiens européens, pour établir des pratiques exemplaires. Dans les documents d'orientation relatifs aux inventaires du GIEC et de l'Europe (GIEC, 2006; EMEP/AEE, 2013⁶⁹), ces trois niveaux se différencient par le degré de détail requis concernant l'activité et les facteurs d'émission, ainsi que par le degré de détail de l'inventaire qui en résulte, le niveau 1 étant le plus général et le niveau 3 étant le plus détaillé. Les niveaux fournissent des options en matière d'estimation qui dépendent des données disponibles et de l'objectif visé par l'inventaire. Généralement, une méthode de niveau 1 utilise des données sur le combustible à l'échelle nationale ainsi que des facteurs de $PM_{2,5}$ et de spéciation de carbone noir regroupés par types d'activité. Une méthode de niveau 2 est semblable à une méthode de niveau 1, mais les facteurs d'émission sont caractérisés en fonction du type de technologie. Les méthodes de niveau 3, lorsqu'elles peuvent être appliquées, sont généralement considérées comme les plus précises et elles se caractérisent par un degré de détail beaucoup plus élevé que les autres deux méthodes.

Règle générale, les méthodes reposent sur une estimation des émissions de $PM_{2,5}$, que l'on convertit ensuite en une estimation des émissions de carbone noir au moyen d'un facteur de spéciation. Ce facteur de spéciation représente la fraction des $PM_{2,5}$ qui est du carbone noir, et sa valeur dépend du type de combustible et de la technologie utilisés.

Les méthodes de calcul de niveaux 1 et 2 sont suggérées dans ce guide.

3.24.1. Calcul des émissions de carbone noir attribuables aux systèmes de combustion fixes

Les systèmes de combustion fixes générant des émissions de carbone noir sont utilisés aux fins suivantes : production d'énergie; production, traitement et raffinage de pétrole et de gaz naturel; et fabrication (y compris au moyen de systèmes employant des moteurs diesel fixes et des chaudières industrielles, commerciales et institutionnelles).

Des particules fines ($PM_{2,5}$) et du carbone noir sont émis dans l'atmosphère à la suite de l'utilisation des différents types de combustibles (charbon, mazout, diesel, gaz naturel, gaz de pétrole liquéfié, biomasse, etc.).

⁶⁸<http://www3.cec.org/islandora/fr/item/11629-north-american-black-carbon-emissions-recommended-methods-estimating-black-fr.pdf>.

⁶⁹ EMEP/AEE (European Monitoring and Evaluation Programme [Programme de coopération pour la surveillance continue et l'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe] et Agence européenne pour l'environnement). 2013. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013. Technical report No 12/2013. Doi : 10.2800/92722. En ligne : www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013.

Les émissions de carbone noir attribuables aux systèmes de combustion fixes sont estimées sur la base de la consommation de combustible de l'activité multipliée par un facteur d'émission de PM_{2,5} par unité de combustible consommé et par un facteur de spéciation qui permet de convertir les émissions de PM_{2,5} en émissions de carbone noir.

3.24.1.1. Calcul de niveau 1 des émissions de carbone noir attribuables aux systèmes de combustion fixes

La méthode de niveau 1 estime les émissions de carbone noir à partir de la consommation de combustible et d'un facteur d'émission par défaut, établi selon le type de combustible utilisé dans l'industrie. La méthode de niveau 1 est basée sur l'équation 39 présentée ci-dessous.

Équation 39. Émissions de carbone noir attribuables à des sources de combustion fixes (niveau 1)

$$E_{CN} = \sum_{i,j} (Q_{i,j} \times FE_{i,j,PM2,5} \times FS_{i,j,CN/PM2,5}) \times 0,001$$

Où :

E_{CN} = Émissions annuelles de carbone noir attribuables à la combustion de combustibles, en kilogrammes par an;

i = Type de combustible;

j = Type d'industrie;

$Q_{i,j}$ = Quantité du type de combustible i consommé annuellement dans l'industrie j ;

$FE_{i,j,PM2,5}$ = Facteur d'émission de PM_{2,5} associé au type de combustible « i » et à l'industrie j ;

$FS_{i,j,CN/PM2,5}$ = Facteur de spéciation à appliquer pour convertir les PM_{2,5} en carbone noir pour le type de combustible i ;

0,001 = Facteur de conversion de grammes à kilogrammes.

Les tableaux 27 et 28 présentent les facteurs d'émission de PM_{2,5} et les facteurs de spéciation, de niveau 1, associés aux différents types de combustibles utilisés dans des systèmes de combustion fixes.

Au moment de la publication de ce guide, une compilation des facteurs d'émission de PM_{2,5} de niveau 2 n'était pas disponible pour les systèmes de combustion fixes. Toutefois, si l'utilisateur dispose de tels facteurs pour un type de technologie en particulier, il pourrait réaliser le calcul des émissions de carbone noir de niveau 2 conformément à l'équation 40.

Tableau 27. Facteurs d'émission ($Fe_{i,l,PM_{2,5}}$), niveau 1				
Combustible	Source d'émission	$Fe_{i,l,PM_{2,5}}$	Unités	Référence
Charbon bitumineux/subbitumineux	Production d'électricité	2820,0	g $PM_{2,5}$ /tonne	WebFIRE (USEPA, 2015b)
Huile distillée		185,8	g $PM_{2,5}$ /m ³	
Lignite		236,2	g $PM_{2,5}$ /tonne	
Gaz de pétrole liquéfié (GPL)		101,6	g $PM_{2,5}$ /m ³	
Gaz naturel		0,122	g $PM_{2,5}$ /m ³	
Déchets solides		17,5	g $PM_{2,5}$ /GJ	
Déchets de bois		5000,0	g $PM_{2,5}$ /tonne	
Charbon bitumineux/subbitumineux	Industrielle	2820,0	g $PM_{2,5}$ /tonne	
Huile distillée		185,8	g $PM_{2,5}$ /m ³	
Kérosène/naphte (carburéacteur)		4,8	g $PM_{2,5}$ /GJ	
Lignite		337,4	g $PM_{2,5}$ /tonne	
Gaz de pétrole liquéfié (GPL)		132,5	g $PM_{2,5}$ /m ³	
Gaz naturel		0,122	g $PM_{2,5}$ /m ³	
Gaz de procédé/gaz de raffinerie de pétrole		0,139	g $PM_{2,5}$ /m ³	
Gaz de procédé/gaz de haut-fourneau		0,138	g $PM_{2,5}$ /m ³	
Gaz de procédé/gaz de four à coke		0,143	g $PM_{2,5}$ /m ³	
Déchets de bois		5000,0	g $PM_{2,5}$ /tonne	
Anthracite et lignite	Résidentielle	398	g $PM_{2,5}$ /GJ	EMEP/AEE, 2013
Huile distillée		47,9	g $PM_{Filtrables}$ /m ³ (*)	WebFIRE (USEPA, 2015b)
Kérosène		47,9	g $PM_{Filtrables}$ /m ³ (*)	
Gaz naturel		0,1	g $PM_{2,5}$ /m ³	
Bois		17300,1	g PM_{10} /tonne (**)	

(*) Pas de FE relatif aux $PM_{2,5}$ pour la combustion résidentielle d'huile distillée et de kérosène. Les fractions détaillées de PM de la California Air Resources Board (CARB, 2014) peuvent être utilisées.

(**) Pas de FE relatif aux $PM_{2,5}$ pour la combustion résidentielle de bois. Les fractions détaillées de PM de la CARB (CARB, 2014) peuvent être utilisées.

Source : Lignes directrices relatives à l'évaluation des émissions de carbone noir en Amérique du Nord. Partie 3.2.

Tableau 28. Facteurs de spéciation (FS), niveau 1

Source/type de combustible	Source d'émission	CE (% en poids)	Référence
Combustion de charbon bitumineux	Production d'électricité et industrielle	1,696 %	SPECIATE (USEPA, 2011)
Combustion d'huile distillée		10 %	
Combustion de lignite		1,43 %	
Combustion de gaz naturel		38,4 %	
Combustion de gaz de pétrole liquéfié (GPL)		38,4 %	
Combustion de gaz de procédé		14,57 %	
Combustion de pétrole résiduaire		1 %	
Combustion de déchets solides		1,52 %	
Combustion de charbon subbitumineux		4,28 %	
Combustion de bois/d'écorces		3,3 %	EMEP/AEE, 2013
Combustion d'antracite et de lignite	Résidentielle	6,4 %	EMEP/AEE, 2013
Combustion de gaz naturel		6,7 %	SPECIATE (USEPA, 2011)
Combustion de pétrole		3,90 %	
Combustion de bois		5,58 %	

Note : Le facteur de spéciation concerne le pourcentage des PM_{2,5} qui est du carbone élémentaire (CE). Le carbone élémentaire est reconnu comme substitut du carbone noir jusqu'à ce que des méthodes de mesure et des données améliorées soient disponibles.

Source : Lignes directrices relatives à l'évaluation des émissions de carbone noir en Amérique du Nord. Partie 3.2.

3.24.1.2. Calcul de niveau 2 des émissions de carbone noir attribuables aux systèmes de combustion fixes

La méthode de niveau 2 estime les émissions pour chaque combinaison de types de combustible et de types de technologie utilisés. La méthode de niveau 2 est basée sur l'équation 40.

Équation 40. Émissions de carbone noir attribuables à des sources de combustion fixes (niveau 2)

$$E_{CN} = \sum_{i,j} (Q_{i,j} \times FE_{i,j,PM2,5} \times FS_{i,j,CN/PM2,5}) \times 0,001$$

Où :

E_{CN} = Émissions annuelles de carbone noir attribuables aux systèmes de combustion fixes, en kilogrammes par an;

i = Type de combustible;

j = Type de technologie/d'équipement (ex. : chaudière alimentée au gaz naturel, moteur diesel ou chaudière alimentée au mazout);

$Q_{i,j}$ = Quantité du type de combustible « i » consommé annuellement dans le type de technologie/équipement « j »;

$Fe_{i,l,PM_{2,5}}$ = Facteur d'émission de $PM_{2,5}$ associé au type de combustible « i » et à l'industrie « l »;
 $FS_{i,l,CN/PM_{2,5}}$ = Facteur de spéciation à appliquer pour convertir les $PM_{2,5}$ en carbone noir pour le type de combustible « i »;
 0,001 = Facteur de conversion de grammes à kilogrammes.

3.24.1.3. Estimation de l'impact sur le climat des émissions de carbone noir attribuables aux systèmes de combustion fixes

Une fois que les émissions de carbone noir ont été déterminées, l'équation 41 permet d'estimer leur impact sur le réchauffement planétaire.

Équation 41. Émissions de carbone noir des sources de combustion fixes (niveau 2)

$$E_{GES_CN} = E_{CN} \times PRP_{100_CN} \times 0,001$$

Où :

E_{GES_CN} = Émissions annuelles de GES attribuables aux émissions de carbone noir des systèmes de combustion fixes, en tonnes d'équivalent CO_2 par année;
 E_{CN} = Émissions de carbone noir attribuables à la combustion de combustibles, en kilogrammes de carbone noir par année;
 0,001 = Facteur de conversion de kilogrammes à tonnes.

3.24.2. Calcul des émissions de carbone noir attribuables aux systèmes de combustion mobiles

Les sources mobiles peuvent être subdivisées en cinq grandes catégories :

- Les véhicules routiers : voitures, camions, autobus, motocyclettes, etc.;
- Les équipements hors route : équipements utilisés dans la construction, l'agriculture et l'industrie (pelles mécaniques, boteurs, tracteurs, grues, camions hors route, niveleuses, camions-benne, etc.);
- Le transport ferroviaire;
- Le transport maritime;
- Le transport aérien.

En raison de la prévalence des moteurs diesel dans la plupart de ces catégories, les sources mobiles sont parmi les plus grands émetteurs de carbone noir.

3.24.2.1. *Calcul de niveau 1 des émissions de carbone noir attribuables aux sources mobiles routières*

Les sources mobiles routières utilisent un éventail varié de carburants, à savoir l'essence, le diesel, des carburants à l'éthanol, le gaz de pétrole liquéfié (GPL) et le gaz naturel comprimé (GNC). Les sources mobiles routières qui contribuent le plus aux émissions de carbone noir sont, de loin, les camions lourds au diesel. Dans ce type de véhicules, la combustion incomplète des hydrocarbures à chaîne longue du diesel est à la base des émissions de carbone noir.

Des inventaires détaillés des émissions de PM_{2,5} attribuables aux véhicules routiers sont réalisés au Canada et aux États-Unis, et des modèles ont été élaborés pour estimer la quantité de PM_{2,5} émise par kilomètre parcouru dans les différentes catégories de véhicules. Parmi ces modèles, le plus utilisé actuellement en Amérique du Nord est le modèle MOVES, conçu par la USEPA. Ce modèle présente l'avantage d'intégrer un nombre considérable de nouvelles données sur les émissions de PM_{2,5} des voitures, des camions légers et des camions lourds, qui sont plus réalistes que les estimations antérieures et qui conduisent à des estimations plus précises des émissions totales de PM_{2,5}. De plus, MOVES produit des estimations directes de carbone élémentaire (CE), lequel représente un meilleur substitut du carbone noir que le PM_{2,5}.

Le calcul des émissions de carbone noir de niveau 1 attribuables aux sources mobiles routières est basé sur la consommation de carburant de l'activité considérée, multipliée par un facteur d'émission de CE basé sur le type de carburant (le facteur d'émission de CE est ici présumé identique au facteur d'émission de carbone noir).

L'équation 42 permet d'estimer les émissions de carbone noir attribuables aux sources mobiles à partir du type de combustible et de leur consommation.

Équation 42. Émissions de carbone noir attribuables aux sources mobiles routières (niveau 1)

$$E_{CN} = \sum_i (Q_i \times FE_{i,CE} \times 0,001)$$

Où :

E_{CN} = Émissions annuelles de carbone noir attribuables aux sources mobiles routières, en kilogrammes par an;

i = Type de carburant;

Q_i = Quantité de carburant du type « i » consommée annuellement;

$FE_{i,CE}$ = Facteur d'émission associé au CE pour le type de carburant « i », en grammes par litre de carburant;

0,001 = Facteur de conversion de grammes à kilogrammes.

Le tableau 29 présente les facteurs d'émission de CE associés au diesel et à l'essence.

Tableau 29. Facteurs d'émission de carbone élémentaire associés au diesel et à l'essence					
Combustible	Source d'émissions	Polluant	Facteur	Unités	Référence
Diesel	Tous les véhicules au diesel (Canada et États-Unis)	CE	0,391	g/l	MOVES2014
Essence	Tous les véhicules au diesel (Canada et États-Unis)	CE	0,132	g/l	MOVES2014

Source : Lignes directrices relatives à l'évaluation des émissions de carbone noir en Amérique du Nord. Partie 3.3.1.

3.24.2.2. Calcul de niveau 1 des émissions de carbone noir attribuables aux sources mobiles hors route

Les émissions de carbone noir provenant des sources mobiles hors route sont principalement attribuables à la combustion de carburant diesel et, dans une moindre mesure, à la combustion d'essence et d'autres carburants comme le GPL ou le gaz naturel. Les sources hors route traitées dans la présente section comprennent les équipements miniers, agricoles, de construction, d'exploitation forestière et de soutien aéroportuaire, alimentés au combustible fossile.

Les émissions annuelles de carbone noir des sources mobiles hors route peuvent être calculées à partir du taux d'émission spécifique de carbone noir multiplié par la durée d'utilisation prévue, selon l'équation 43.

Équation 43. Émissions annuelles de carbone noir attribuable aux sources mobiles hors route (niveau 1)

$$E_{CN} = \sum_i \left(t_i \times P \times FC \times FE_{i,PM_{10}} \times \frac{PM_{2,5}}{PM_{10}} \times FS_{CN} \right) \times 0,001$$

Où :

E_{CN} = Émissions annuelles de carbone noir attribuables aux sources mobiles hors route;

i = Type de source mobile hors-route;

t_i = Temps d'utilisation par année de la source mobile hors-route i , exprimé en heures par année;

P = Puissance de la source mobile, en kW;

FC = facteur de charge de l'équipement⁷⁰;

$FE_{i,PM_{10}}$ = Facteur d'émission de particules de diamètre inférieur à 10 microns pour le type de source mobile i , en grammes par kW, par heure⁷¹;

$PM_{2,5}/PM_{10}$ = fraction de particules de diamètre inférieur à 2,5 microns par rapport au total des particules = 0,97⁷²

⁷⁰ Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-compression-ignition, USEPA 2008, Appendix A, tableau A4 et appendix C, tableau C2.

⁷¹ Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-compression-ignition, USEPA 2008, Appendix A, tableaux A1 à A4 et appendix C, tableau C2.

⁷² Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-compression-ignition, USEPA 2008. Page 25.

FS_{CN} = Facteur de spéciation à appliquer pour convertir les $PM_{2,5}$ en carbone noir pour le carburant diesel = 0,771241;⁷³
 0,001 = Facteur de conversion de grammes à kilogrammes.

Le tableau 30 présente les normes d'émission sur les gaz d'échappement établissant un niveau maximum pour les émissions de particules de diamètre inférieur à 10 microns des machines hors route. Les normes d'émissions sont divisées en catégories basées sur la puissance du moteur et sont définies comme la masse de particules par unité de puissance utile exprimée en grammes par kilowattheure.

Tableau 30. Normes relatives aux émissions de PM10 des machines hors route				
Puissance (kW)	Tier	Année de modèle	PM (g/kW h)	Note
kW<8	0	avant 2000	1	
	1	2000-2005	1	
	2	2006-2011	0,8	
	4	2012+	0,4	
8<kW<19	0	avant 2000	0,95	
	1	2000-2005	0,8	
	2	2006-2011	0,8	
	4	2012+	0,4	
19<kW<37	0	avant 1999	0,95	
	1	1999-2005	0,8	
	2	2006-2011	0,6	
	4	2012+	0,03	
37<kW<56	1	1998-2005	0,8	
	2	2006-2007	0,4	
	3	2007-2011	0,3	
	4	2012+	0,03	
56<kW<75	1	1998-2005		
	2	2006-2007	0,4	
	3	2007-2011	0,4	
	intermédiaire 4	2012	0,02	
	4	2013+	0,02	
75<kW<130	1	1998-2005		
	2	2006	0,3	
	3	2007-2011	0,3	
	4	2012+	0,02	

⁷³ 2019 Canada's Black Carbon Inventory Report 2013-2017. Environment and Climate Change Canada, 2019. Tableau B-5. Fractions of Black Carbon to particulate matter less or equal to 2.5 micrometers indiameter. Transportation and mobile equipment.

130<kW<560	1	1998-2005	0,54	
	3	2006-2011	0,2	
	4	2012+	0,02	
>560kW	1	1998-2005	0,54	
	2	2006-2011	0,2	
	intérimaire 4	2012-2014	0,1	
	4	2015+	0,04*	*Tous les moteurs sauf les génératrices
	4	2015+	0,03**	**Moteurs de génératrices portatives

Source : Document d'orientation sur le Règlement sur les émissions des moteurs hors route à allumage par compression : chapitre 6.
(<https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/publications/document-orientation-reglement-emissions-moteurs/chapitre-6.html>)

3.24.2.3. Calcul des émissions de carbone noir attribuables aux locomotives

Les émissions de carbone noir provenant des locomotives sont causées par la combustion de carburant diesel associé au transport ferroviaire de passagers et de marchandises.

Les émissions annuelles de carbone noir des locomotives peuvent être estimées à partir de la consommation annuelle de carburant diesel et d'un facteur d'émission par défaut établi pour les locomotives. Le calcul peut être réalisé à partir de l'équation 44, présentée ci-dessous.

Équation 44. Émissions annuelles de carbone noir attribuables aux locomotives (niveau 1)

$$E_{CN} = Q \times FE_{PM_{2,5}} \times FS_{CN/PM_{2,5}} \times 0,001$$

Où :

E_{CN} = Émissions annuelles de carbone noir attribuables aux locomotives, en kilogrammes par an;

Q = Quantité de carburant diesel consommée annuellement, en litres;

$FE_{PM_{2,5}}$ = Facteur d'émission de $PM_{2,5}$ = 1,204 g $PM_{2,5}$ /l (*);

$FS_{CN/pm_{2,5}}$ = Facteur de spéciation à appliquer pour convertir les $PM_{2,5}$ en carbone noir pour les locomotives = 0,6767 (*);

0,001 = Facteur de conversion de grammes à kilogrammes.

(*) Lignes directrices relatives à l'évaluation des émissions de carbone noir en Amérique du Nord. Partie 3.3.3

3.24.2.4. Calcul des émissions de carbone noir attribuables aux navires

Les émissions de carbone noir provenant des navires sont attribuables à la combustion de carburant diesel ou à la combustion de mélanges de carburants résiduels associée au transport maritime.

Les émissions annuelles de carbone noir attribuables aux navires peuvent être estimées à partir de la consommation annuelle de carburant et d'un facteur d'émission établi par défaut pour les navires. Le calcul peut être réalisé à partir de l'équation 45, ci-dessous.

Équation 45. Émissions annuelles de carbone noir attribuables aux navires (niveau 1)

$$E_{CN} = \sum_i (Q_i \times FE_{i,PM_{2,5}} \times FS_{i,CN/PM_{2,5}}) \times 0,001$$

Où :

E_{CN} = Émissions annuelles de carbone noir attribuables aux navires, en kilogrammes par an;

i = Type de carburant (c.-à-d. diesel ou mélange de carburants résiduels);

Q_i = Quantité de carburant marin du type « i » consommée annuellement, en litres;

$FE_{i,PM_{2,5}}$ = Facteur d'émission de $PM_{2,5}$ associé au type de carburant « i », en $g_{PM_{2,5}}/l$;

$FS_{i,CN/pm_{2,5}}$ = Facteur de spéciation à appliquer pour convertir les $PM_{2,5}$ en carbone noir pour le type de carburant « i »;

0,001 = Facteur de conversion de grammes à kilogrammes.

Le tableau 31 présente les facteurs d'émission de $PM_{2,5}$ et les facteurs de spéciation associés aux différents types de carburants utilisés dans les navires.

Tableau 31. Facteurs d'émission de $PM_{2,5}$ et facteurs de spéciation associés aux différents types de carburants utilisés par les navires			
Combustible	$FE_{i,PM_{2,5}}$ ($g_{PM_{2,5}}/l$)	$FS_{i,CN/PM_{2,5}}$	Référence
Diesel	1,998 ⁽¹⁾	0,77 ⁽³⁾	- Étude de la USEPA sur l'impact de la réglementation (catég. 1 et 2, EPA 2007; catég. 3, USEPA, 2009c) - Étude de l'Organisation maritime internationale (OMI) sur la réduction des émissions de GES des navires (2014) - USEPA, 2013a
Mélange général de carburants résiduels pour navires	6,271 ⁽²⁾	0,06 ⁽³⁾	

Source : Lignes directrices relatives à l'évaluation des émissions de carbone noir en Amérique du Nord. Partie 3.3.3.

3.24.2.5. Calcul des émissions de carbone noir attribuables aux aéronefs

Les émissions de carbone noir provenant des aéronefs sont attribuables à la combustion de carburéacteur associée au transport de passagers et de marchandises ainsi qu'à d'autres activités aériennes.

Les émissions annuelles de carbone noir attribuables aux aéronefs peuvent être estimées à partir de la consommation annuelle de carburéacteur et d'un facteur d'émission établi par défaut. Le calcul peut être réalisé à partir de l'équation 46, présentée ci-dessous.

$$E_{CN} = Q \times FE_{PM_{2,5}} \times FE_{CN/PM_{2,5}} \times 0,001$$

Où :

E_{CN} = Émissions annuelles de carbone noir attribuables aux aéronefs, en kilogrammes par an;

Q = Quantité de carburant consommée annuellement, en litres;

$FE_{PM_{2,5}}$ = Facteur d'émission de $PM_{2,5}$ associé au carburéacteur = 0,164 $g_{PM_{2,5}}/l$ (*);

$FS_{CN/pm_{2,5}}$ = Facteur de spéciation à appliquer pour convertir les $PM_{2,5}$ en carbone noir = 0,13 (*);

0,001 = Facteur de conversion de grammes à kilogrammes.

3.25. Émissions provenant d'activités non présentées dans le guide ou enjeux de quantification émergents

Si une activité non présentée dans ce guide (ex. : captage et séquestration du CO₂⁷⁴) est susceptible d'émettre des GES, une évaluation des émissions de GES basée sur des méthodologies reconnues et avec des hypothèses crédibles et vérifiables doit être réalisée. Le MELCC est toujours disponible pour offrir son soutien lors des évaluations.

Comme il a été mentionné en introduction, les connaissances évoluant rapidement dans le domaine des changements climatiques, certains enjeux pourraient être abordés dans une prochaine mise à jour du guide. Parmi ces enjeux, mentionnons le concept des meilleures technologies disponibles et de l'intensité des émissions, la séquestration des GES dans les milieux humides, le captage et la séquestration biologique, chimique et géologique du CO₂, la dette carbone en lien avec les projets d'exploitation forestière et les émissions de carbone noir issues de la combustion de bois de chauffage dans le secteur commercial/résidentiel/institutionnel (CRI) ainsi que l'élaboration d'un cadre pour les analyses de cycle de vie.

⁷⁴ISO 27914:2017 - Capture, transport et stockage géologique du dioxyde de carbone -- Stockage géologique <https://www.iso.org/fr/standard/64148.html>.

4. MESURES D'ATTÉNUATION DES ÉMISSIONS DE GES

4.1. Types et exemples de mesures de réduction des émissions de GES

Atténuer les émissions de GES est une action incontournable pour le développement d'un projet durable et fait partie de la démarche de quantification présentée dans ce guide. Les mesures visant à réduire les émissions de GES peuvent être physiques, organisationnelles ou comportementales. Le tableau 32 présente les caractéristiques principales de chacun de ces types. Le choix des mesures de réduction d'émissions de GES optimales pour chaque projet doit être guidé par :

- La réduction d'émissions de GES obtenue par la mise en œuvre de la mesure;
- L'applicabilité au contexte québécois;
- L'aspect financier.

Tableau 32. Types de mesures de réduction des émissions de GES (liste non exhaustive)		
MESURES PHYSIQUES	MODIFICATION DES ÉQUIPEMENTS OU DES SYSTÈMES. CE TYPE DE MESURES EST GÉNÉRALEMENT LIÉ À UN INVESTISSEMENT.	
	TECHNOLOGIE	Utiliser des équipements ou des technologies qui permettent de réduire la consommation énergétique ou recourir à des énergies renouvelables à faible émission de GES. Exemples : • Recourir à la meilleure technologie disponible dans une perspective de faisabilité technico-économique; • Utiliser des sources d'énergie de remplacement à faible empreinte carbone; • Utiliser des équipements plus performants; • Remplacer des équipements à combustion par des équipements électriques; • Remplacer des chaudières au mazout par des chaudières à biomasse résiduelle; • Utiliser des équipements branchés au réseau électrique plutôt qu'alimentés par des génératrices lorsque les conditions le permettent; • Pour les bâtiments, adopter les pratiques des certifications vertes qui permettent de réduire la consommation d'énergie et les émissions de GES. Recourir à la géothermie, lorsque cela est possible; • Profiter des programmes de financement existants pour réduire les émissions de GES; • Examiner la faisabilité du captage et de la séquestration pérenne des GES.
	PROCÉDÉ	Optimiser les procédés de production industrielle afin de minimiser les émissions de GES. Exemples : • Réduire le plus possible ou éliminer les sources d'émission de GES dans les procédés industriels; • Mettre sur pied des mesures d'efficacité énergétique pérennes dans le temps et un processus d'amélioration continue; • Optimiser la récupération de chaleur (ou de froid) et réduire les rejets thermiques;

Tableau 32. Types de mesures de réduction des émissions de GES (liste non exhaustive)

		• Implanter l'intégration de procédés (<i>Pinch</i>)⁷⁵; • Remplacer les HFC des équipements de réfrigération industrielle par d'autres fluides frigorigènes moins émissifs ou ayant un faible PRP; • Minimiser les pertes de SF₆ dans le cadre des opérations; • Profiter des programmes de financement existants pour réduire les émissions de GES; • Pratiquer l'économie circulaire, c'est-à-dire utiliser les matières résiduelles d'une entreprise comme matières premières (ex. : vente de la vapeur générée par un incinérateur de matières résiduelles à une industrie à proximité).
MESURES ORGANISATIONNELLES	CHANGEMENTS DANS LES PROCESSUS ORGANISATIONNELS	
	POLITIQUE D'ACHAT RESPONSABLE	Intégrer des critères de développement durable dans les politiques d'achat de l'organisation. Exemples : • Établir des exigences spécifiques en matière de GES dans les achats des matières premières de l'entreprise, dans les cahiers des charges ou dans les conditions d'exécution; • Acheter localement; • Connaître l'empreinte carbone des produits.
	OPTIMISATION DES FLUX	Optimiser les flux de matières, de personnes et de marchandises, en vue de diminuer les émissions de GES qui y sont liées. Exemples : • Optimiser la logistique du transport de marchandises et des personnes par l'intermodalité (train-bateau-camion); • Utiliser des matières premières situées plus près (ex. : matériaux de bancs d'emprunt); • Réduire les retours à vide dans le camionnage; • Utiliser des moyens de transport émettant moins de GES.
	RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT	Mener des activités de recherche et développement pour la conception de produits, matériaux, pratiques ou technologies dont le mode de production ou l'utilisation permet de réduire les émissions de GES. Exemples : • Écoconception; • Conception de procédés moins émetteurs de GES.
MESURES COMPORTEMENTALES	CHANGEMENT DANS LES COMPORTEMENTS QUOTIDIENS	
	INFORMATION ET SENSIBILISATION	Informar et sensibiliser les employés, les fournisseurs, les clients et les usagers quant aux façons de réduire les émissions de GES. Exemples : • Réaliser des campagnes d'information ou de sensibilisation; • Faire la promotion des bonnes pratiques de réduction des émissions de GES.
	FORMATION	Permettre aux différents acteurs de s'appropriar les bonnes pratiques qui favorisent les économies d'énergie ou la réduction des émissions de GES. Exemples : • Formation sur la gestion responsable des matières résiduelles;

⁷⁵Selon Canmet Énergie (RNCAN), l'intégration de procédés est une approche systématique permettant d'identifier et de corriger les inefficacités dans les procédés industriels en analysant les interactions des opérations dans leur ensemble plutôt qu'individuellement. L'IP tient compte des contraintes techniques et financières avant la conception détaillée (analyse *Pinch*). http://www.mcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/canmetenergy/files/pubs/2004042_fr.pdf.

Tableau 32. Types de mesures de réduction des émissions de GES (liste non exhaustive)

		• Formation sur l'intégration de procédés, l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables, etc.; • Formation sur l'économie circulaire; • Formation à l'écoconduite du personnel.
	ENGAGEMENTS OU ACCORDS VOLONTAIRES	S'engager à viser des objectifs de réduction volontaire des émissions de GES. Exemples : • Se fixer des objectifs annuels de réduction de l'intensité des émissions de GES par unité produite; • Établir une procédure pour limiter les émissions de HFC des systèmes de réfrigération; • Établir une politique de consommation responsable d'énergie; • Contribuer à des mesures de réduction auprès de tiers (ex. : installation de bornes électriques); • Favoriser l'économie circulaire et la symbiose industrielle.

4.2. Quantification des émissions de GES des mesures d'atténuation

La quantification du potentiel de réduction d'une mesure d'atténuation se calcule par la différence entre les émissions de GES du scénario de référence et les émissions de GES du projet avec la mesure. Le scénario de référence est défini comme le scénario le plus susceptible de se réaliser en l'absence de mesures de réduction. En règle générale, le scénario de référence représente le cours normal des affaires ou la situation actuelle. Deux exemples sont présentés dans les tableaux ci-après.

Tableau 33. Exemple de calcul de réduction pour des équipements de combustion fixes

Source d'émission	Scénario de référence (Chaudière au mazout 75 % d'efficacité)	Scénario de la mesure (Chaudière au mazout 90 % d'efficacité)	Réduction des émissions de GES (Scénario de référence moins Scénario de la mesure)
	Émissions de GES (tonnes éq. CO ₂ /an)	Émissions de GES (tonnes éq. CO ₂ /an)	(tonnes éq. CO ₂ /an)
Chaudière	10 000	8 000	2 000

Tableau 34. Exemple de calcul de réduction pour des équipements de combustion mobiles

Source d'émission	Scénario de référence (Banc d'emprunt à 40 km du site)	Scénario de la mesure (Banc d'emprunt à 10 km du site)	Réduction des émissions de GES (Scénario de référence moins Scénario de la mesure)
	Émissions de GES (tonnes éq CO ₂ /an)	Émissions de GES (tonnes éq CO ₂ /an)	(tonnes éq. CO ₂ /an)
Transport des matériaux par camion	50	20	30

Les outils privilégiés pour déterminer les mesures de réduction sont le plan des mesures d'atténuation des émissions de GES et le plan de surveillance des émissions de GES, qui doit lui être assorti. Ces outils permettent d'identifier les activités les plus émissives et de déterminer les mesures à prendre pour en atténuer les effets, quantification à l'appui. Ils sont présentés ci-après.

4.3. Plan des mesures d'atténuation des émissions de GES

Le plan des mesures d'atténuation des émissions de GES, un levier de mobilisation interne

L'expérience prouve que la mise en œuvre d'un tel plan est un excellent levier interne de communication pour mobiliser les intervenants impliqués dans le projet autour des objectifs de développement durable partagés par tous. Ce plan peut faire partie d'un système de gestion des GES ou s'intégrer à un système de gestion préexistant, qu'il s'agisse d'un système de gestion environnementale (ex. : ISO 14001), de la qualité (ex. : ISO 9001) ou de l'énergie (ex. : ISO 50001). Ce plan peut aider l'organisation à :

- Réduire ses coûts d'exploitation;
- Innover et se démarquer;
- Améliorer son image;

- Prévoir de nouvelles contraintes;
- Se préparer à l'évolution des prix de l'énergie;
- Motiver l'équipe;
- Agir pour la planète et le climat;
- Se faire de nouveaux partenaires.

Concrètement, dans le cadre de la réalisation du plan des mesures d'atténuation, il est important de dresser une liste plus ou moins longue de mesures et de sélectionner les plus porteuses en termes de réduction d'émissions de GES, en prenant en compte leur faisabilité technico-économique. Il est important de se doter de mesures à haut potentiel de réduction des émissions de GES, sans pour autant négliger celles qui, malgré un plus faible potentiel de réduction, ont un fort pouvoir de mobilisation auprès des équipes.

Le plan doit notamment présenter :

- Une description des mesures de réduction des émissions de GES prévues aux différentes phases du projet;
- Une description du scénario de référence et du scénario de la mesure;
- Une quantification des réductions d'émissions de GES attribuables aux différentes mesures. Pour faire la quantification, des méthodologies autres que celles proposées dans le guide peuvent être utilisées pour établir le scénario de référence et le scénario de la mesure (voir les exemples dans les tableaux de la section précédente);
- La manière dont les possibilités de réduction des émissions de GES sont intégrées dans la conception ou dans les opérations subséquentes du projet;
- Le cas échéant, les mesures d'atténuation qui permettraient des réductions d'émissions indirectes de GES ou des émissions évitées, avec leur quantification (ex. : voie réservée pour le transport collectif).

S'il appert que des mesures d'atténuation à fort potentiel de réduction ne peuvent être appliquées pour des raisons économiques, sociales ou environnementales, cela doit être documenté.

Le suivi de l'efficacité des mesures d'atténuation doit être inclus dans le plan de surveillance des émissions de GES, décrit ci-après.

4.4. Plan de surveillance des émissions de GES

Le plan de surveillance permet de quantifier les émissions de GES engendrées par le projet et de suivre leur évolution à travers le temps. En général, un plan de surveillance indique notamment le type de données à recueillir (ex. : la consommation de carburant, le processus et les méthodes pour recueillir ces données, la fréquence de prise des données, etc.). Il vise à faciliter la quantification des émissions de GES et peut évoluer sur la durée de vie du projet.

Lorsqu'un projet en cours est soumis au RDOCECA, la déclaration des émissions de GES constitue un excellent outil de suivi. Or, tous les projets ne sont pas assujettis au RDOCECA, et ce règlement ne vise pas les émissions de construction ni les émissions de post-fermeture. Dans ce contexte, la norme ISO 14064 et le document « Mitigation Goal Standard du GHG Protocol » (World Resources Institute, 2018) peuvent être utilisés à titre de références. Un exemple de plan de surveillance des émissions de GES est présenté à l'annexe C.

5. RÉFÉRENCES PRINCIPALES

Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère.

<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2015>

Rapport d'inventaire national 1990-2016 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada.

http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/10116.php

Environnement et Changement climatique Canada. Guides par secteur.

<https://www.ec.gc.ca/ges-ghg/default.asp?lang=Fr&n=07B0E55A-1>

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 3 – Industrial Processes and Product Use.

<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol3.html>

American Petroleum Institute (API). Compendium of GHG Emissions Methodology for the Oil and Gas Industry, August 2009.

http://www.api.org/~media/files/ehs/climate-change/2009_ghg_compendium.ashx

GHGenius. A model for lifecycle assessment of transportation fuels. Natural Resources Canada. Office of Energy Efficiency.

<https://www.ghgenius.ca/>

Nature Québec. Lutte contre les changements climatiques. Biomasse agricole. Fiche 1. Qualité de l'air.

http://www.naturequebec.org/fichiers/Energie_climat/Biomasse/F114-07_BioAgri_1_QualiteAir_web.pdf

6. ANNEXE A – Aide-mémoire sur les sources d'émission de GES à considérer en fonction des secteurs

Tableau 35. Aide-mémoire sur les sources d'émission de GES à considérer en fonction des secteurs

Sources d'émission de GES	Types et phases des projets (C = Construction; E = Exploitation; D = Démantèlement ou fermeture)																					
	Section du guide	Industries (Note 1)			Énergie (Note 2)			Eau (Note 3)			Agriculture (Note 4)			Transport			Matières résiduelles et sols contaminés			Hydrocarbures (Section 3.20)		
		C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D
Systèmes de combustion fixes	3.1	X	X	X	X	X		X				X		X	X		X	X				
Systèmes de combustion mobiles	3.2	X	X	X	X	X	X	X	X ^{3b}	X ^{3b}	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Consommation d'énergie électrique	3.3	X	X	X	X	X	X	X	X	X ^{3a}	X	X		X	X		X	X		X	X	X
Procédés industriels	3.4		X																			
Exploitation minière et procédés de transformation de minerais	3.5		X																			
Utilisation d'explosifs	3.6	X	X		X			X						X			X					

Sources d'émission de GES	Types et phases des projets (C = Construction; E = Exploitation; D = Démantèlement ou fermeture)																					
	Section du guide	Industries (Note 1)			Énergie (Note 2)			Eau (Note 3)			Agriculture (Note 4)			Transport			Matières résiduelles et sols contaminés			Hydrocarbures (Section 3.20)		
		C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D
Émissions fugitives d"hexafluorure de soufre et de perfluorocarbures	3.7					X			X ^{3a}													
Équipements de réfrigération ou de climatisation	3.8		X	X								X			X							
Déboisement	3.9	X			X			X			X			X			X			X	X	
Inondation des écosystèmes	3.10							X ^{3a}														
Production animale	3.11											X										
Enfouissement de matières résiduelles	3.12																	X	X			
Épuration du biogaz	3.13																	X	X			
Destruction du biogaz	3.14																	X	X			
Biométhanisation de matières résiduelles	3.15		X															X				

Sources d'émission de GES	Types et phases des projets (C = Construction; E = Exploitation; D = Démantèlement ou fermeture)																					
	Section du guide	Industries (Note 1)			Énergie (Note 2)			Eau (Note 3)			Agriculture (Note 4)			Transport			Matières résiduelles et sols contaminés			Hydrocarbures (Section 3.20)		
		C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D
Compression et liquéfaction du biogaz	3.16		X															X				
Compostage de matières résiduelles	3.17		X															X				
Incinération de matières résiduelles ou traitement thermique des matières dangereuses ou des sols contaminés	3.18																	X				
Traitement et rejet des eaux usées	3.19		X															X		X	X	X
Exploration et exploitation des hydrocarbures	3.20																			X	X	X
Traitement, transport et distribution de gaz naturel	3.21					X														X	X	X

Sources d'émission de GES	Types et phases des projets (C = Construction; E = Exploitation; D = Démantèlement ou fermeture)																					
	Section du guide	Industries (Note 1)			Énergie (Note 2)			Eau (Note 3)			Agriculture (Note 4)			Transport			Matières résiduelles et sols contaminés			Hydrocarbures (Section 3.20)		
		C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D
Transport d'hydrocarbures par pipeline	3.22				X	X	X													X	X	X
Émissions indirectes en amont du transport d'hydrocarbures par pipeline	3.23.1					X														X	X	X
Émissions indirectes attribuables au transfert modal	3.23.2														X							
Émissions indirectes attribuables au flux de circulation et à la congestion routière	3.23.3								X ^{3b}						X							
Émissions indirectes attribuables aux différents modes de transport de marchandises	3.23.4								X ^{3b}						X							

Sources d'émission de GES	Types et phases des projets (C = Construction; E = Exploitation; D = Démantèlement ou fermeture)																					
	Section du guide	Industries (Note 1)			Énergie (Note 2)			Eau (Note 3)			Agriculture (Note 4)			Transport			Matières résiduelles et sols contaminés			Hydrocarbures (Section 3.20)		
		C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D	C	E	D
Analyse de cycle de vie	3.23.5																			X	X	X
Carbone noir	3.24																			X	X	X
Activités non présentées dans le guide et enjeux émergents	3.25	Les sources d'émission pourront varier en fonction du type d'activité ou d'enjeu.																				

Note 1 : Le secteur industriel correspond aux activités économiques dont l'objet est la transformation de matières en produits finis ou l'exploitation des richesses minérales du sol et des sources d'énergie. Le secteur minier fait partie du secteur primaire de l'exploitation des ressources (Gouvernement du Québec, Thésaurus). Plusieurs sources d'émission sont communes aux deux secteurs, raison pour laquelle ils ont été regroupés.

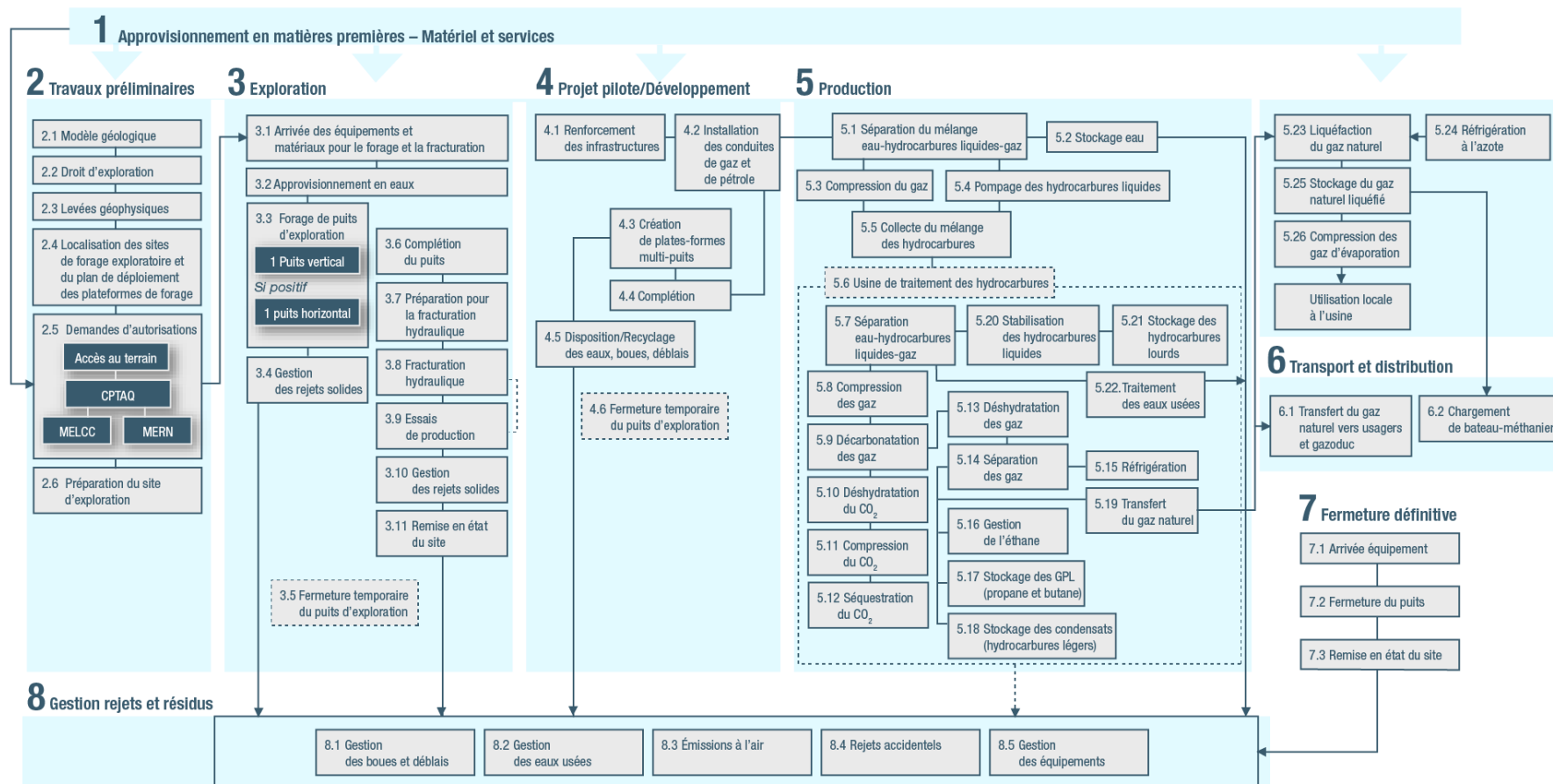
Note 2 : La phase de démantèlement doit être considérée seulement lorsqu'elle s'applique.

Note 3 : Le secteur « Eau » touche toutes les activités en lien avec l'eau. 3a) Les sources identifiées s'appliquent aux activités de retenue d'eau seulement. 3b) Les sources identifiées s'appliquent aux activités réalisées dans les milieux hydrique et portuaire.

Note 4 : La transformation des produits agricoles ne fait pas partie de la production animale mais plutôt de l'industrie agroalimentaire. Il faut donc se référer aux sources d'émission associées au secteur « Industries ».

7. ANNEXE B – INFORMATION COMPLÉMENTAIRE SUR LES PROJETS D'EXPLORATION ET D'EXPLOITATION DES HYDROCARBURES

Figure 6. Exemple de séquence des opérations d'un projet type d'exploration et d'exploitation des hydrocarbures



Source : adapté de WSP, octobre 2015. Élaboration d'un projet type concernant les activités d'exploration et d'exploitation du pétrole et du gaz à Anticosti.

Tableau 36. Inventaire des émissions de GES générées lors de la phase d'exploration (exemple)

Type de GES/source d'émission de GES	Groupes électrogènes	Moteurs 500 kW	Moteurs 1 000 kW	Chaudière	Torchère	Camions	Réservoirs diesel	Autre	Total
Nombre	2	2	3	2	1	6	1		S. O.
CO ₂ (kg)									
CH ₄ (kg)									
N ₂ O (kg)									
Autre									
éq. CO ₂ (kg)									

Tableau 37. Inventaire des émissions de GES attribuables à la fracturation hydraulique en phase d'exploration (exemple)

Type de GES/source d'émission de GES	Chaudière	Camion de pompage	Camion-mélangeur	Unité d'hydratation	Convoyeur de sable	Pompe à eau	Autre	Total
Nombre	2	12	10	3	2	10		S. O.
CO ₂ (kg)								
CH ₄ (kg)								
N ₂ O (kg)								
Autre								
éq. CO ₂ (kg)								

Tableau 38. Inventaire des émissions de GES générées lors de l'essai de production en phase d'exploration (exemple)

Type de GES/source d'émission de GES	Ventilation du gaz avant torchage	Torchère à flamme invisible	Bassin de reflux	Autre	Total
Nombre	2	2	3		S. O.
CO ₂ (kg)					
CH ₄ (kg)					
N ₂ O (kg)					
Autre					
éq. CO ₂ (kg)					

Tableau 39. Synthèse des émissions de GES attribuables à l'ensemble du projet, selon les différentes phases (exemple)

Type de GES/phase	Travaux préliminaires	Exploration			Projet pilote/développement			Production d'hydrocarbures			Transport et distribu-tion	Fermeture définitive	Gestion des résidus	Post-fermeture	Autre	Total
Activité	Préparation du site	Forage	Fractura-tion	Autre	Forage	Fractura-tion	Autre	Séparation eau/hydrocar-bures	Traitement des hydrocar-bures	Autre	Gazoduc, pipeline	Scellement des puits		Émissions fugitives		
CO ₂ (kg)																
CH ₄ (kg)																
N ₂ O (kg)																
Autre																
éq. CO ₂ (tonnes)																

8. ANNEXE C – PLAN DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI DES ÉMISSIONS DE GES

Tableau 40. Exemple de données à inclure dans un plan de surveillance des émissions de GES (non exhaustif)

Catégorie	Types de données	Unités	Source des données	Fréquence
Équipements motorisés	Consommation de carburant de chacun des véhicules	Litres	Factures	Mensuelle/annuelle
	Kilométrage de chacun des véhicules	Kilomètres	Odomètres	Mensuelle/annuelle
	Heures d'utilisation des véhicules hors route	heures	Registre des opérations	Mensuelle/annuelle
	Acquisition de nouveaux véhicules	Litres/100 kilomètres	Factures	Annuelle
Bâtiments et procédés	Consommation de gaz naturel	Mètres cubes	Factures	Mensuelle
	Consommation d'électricité	Kilowattheures	Factures	Mensuelle
	Consommation de mazout	Litres	Factures	Mensuelle
	Recharge de réfrigérants	Kilogrammes	Factures	Mensuelle
	Consommation de carbonates	Tonnes	Factures	Mensuelle
	Consommation d'électrodes de carbone	Tonnes	Factures	Mensuelle
Projets de gestion des matières résiduelles	Pourcentage de biogaz émis qui est capté dans le lieu d'enfouissement technique (LET)	Pourcentage	Mesure	Mensuelle
	Quantité de biogaz brûlée dans le LET	Tonnes	Mesure	Mensuelle
	Quantité de biogaz valorisée	Tonnes	Mesure	Mensuelle
	Quantité de matières résiduelles organiques (MRO) traitée par compostage	Tonnes	Mesure	Mensuelle
	Quantité de compost produite	Tonnes	Mesure	Mensuelle

Catégorie	Types de données	Unités	Source des données	Fréquence
	Quantité de matières résiduelles incinérée	Tonnes	Mesure	Mensuelle
	Teneur en matières sèches des matières résiduelles incinérées	Fraction	Mesure	Mensuelle
	Composition des matières résiduelles incinérées	Pourcentage	Registre	Mensuelle
	Fraction de carbone dans les matières résiduelles incinérées	Fraction	Mesure	Mensuelle
	Fraction de carbone fossile dans les matières résiduelles incinérées	Fraction	Mesure	Mensuelle
Projets de production animale	Nombre de têtes par catégorie d'animaux	Nombre	Registre	Mensuelle
	Quantité de fumier stockée	Tonnes	Mesure	Mensuelle
	Quantité de fumier épandue	Tonnes	Mesure	Mensuelle
	Quantité d'engrais synthétique épandue	Tonnes	Registre	Mensuelle

9. ANNEXE D – Information complémentaire sur les émissions biogéniques

Selon l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)⁷⁶, pour le CO₂ d'origine biogénique émis par les humains, deux cas de figure peuvent se présenter :

- Cas 1 : soit il s'inscrit dans une modification globale des écosystèmes qui ne concourt pas à accroître la concentration atmosphérique de CO₂, parce que les émissions accrues par les humains sont contrebalancées par un puits de carbone (cas typique de la gestion forestière);
- Cas 2 : soit il s'inscrit dans un schéma d'émissions non contrebalancées par des puits de carbone (cas de la déforestation ou du changement d'affectation des terres).

En général, dans les pays industrialisés, où il y a peu de déforestation, les émissions de CO₂ sont contrebalancées par l'accroissement forestier annuel (cas 1).

Par ailleurs :

- Les émissions de CO₂ biogéniques « carboneutres », même si, selon les conventions internationales, elles ne sont pas considérées dans les bilans de GES, affectent néanmoins le climat et la qualité de l'atmosphère, qui reçoit de manière indifférenciée le CO₂ d'origine biogénique et non biogénique;
- Le GIEC, qui se préoccupe de plus en plus de cet enjeu et de la dette carbone (voir la définition), recommande de comptabiliser les émissions de CO₂ biogéniques, en particulier si un projet s'inscrit dans un schéma d'émissions non contrebalancées par des puits de carbone (cas 2);
- Dans le Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère (RDOCECA), une personne ou une municipalité exploitant un établissement au Québec doit déclarer ses émissions annuelles de GES d'origine non biogénique et d'origine biogénique de façon distincte.

9.1.1. Émissions biogéniques de CO₂ résultant de la combustion de la biomasse

Les émissions de CO₂ résultant de la combustion de la biomasse ou de produits dérivés de la biomasse (biodiesel, bois de construction, de rénovation et de démolition, résidus agricoles, etc.) sont considérées comme biogéniques. Toutefois, les émissions de CH₄ et de N₂O attribuables à la combustion de la biomasse ne le sont pas et doivent être quantifiées avec les émissions issues de la combustion de combustibles fossiles.

⁷⁶ Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), 2018. Documentation Base Carbone (http://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?co2_biogenique.htm).

9.1.2. Émissions biogéniques de CO₂ ne résultant pas de la combustion de la biomasse

L'élimination des déchets, le compostage, le traitement des eaux usées et d'autres activités peuvent produire des émissions de CO₂ en raison de la décomposition de la biomasse, et ces émissions sont considérées comme biogéniques. Toutefois, les émissions de CH₄ et de N₂O résultant de cette décomposition de la biomasse ne sont pas biogéniques et doivent être déclarées dans les catégories auxquelles elles se rattachent (déchets, traitement des eaux, etc.).

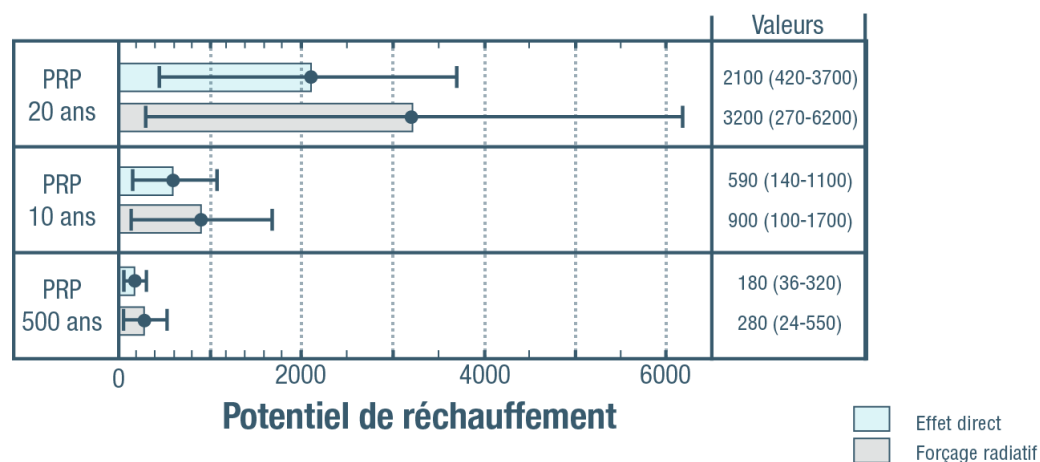
10. ANNEXE E – Information complémentaire sur le carbone noir

Le carbone noir en suspension dans l'air absorbe et diffuse la lumière du soleil, augmente les températures, fait fondre la neige et la glace et a un impact sur la formation et la répartition des nuages. Il peut également influencer la circulation de l'air et les précipitations. L'impact du carbone noir est particulièrement important dans les régions polaires, telles que l'Arctique, où les particules de carbone noir noircissent lorsqu'elles se déposent sur la neige et sur la glace, ce qui augmente leur capacité d'absorption du rayonnement solaire et, par conséquent, la vitesse de fonte.

Une fois émis, le carbone noir reste dans l'atmosphère quelques jours ou quelques semaines, jusqu'à ce qu'il retourne à la surface terrestre dans la pluie ou par dépôt atmosphérique. Le dioxyde de carbone, en revanche, reste dans l'atmosphère pendant des décennies.

La figure 8 qui suit présente le PRP du carbone noir sur des périodes de 20, 100 et 500 ans. La période la plus fréquemment utilisée est celle de 100 ans. Sur cette période, on estime que le PRP du carbone noir est 900 fois supérieur à celui du CO₂⁷⁷.

Figure 7. Potentiel de réchauffement planétaire du carbone noir sur des périodes de 20, 100 et 500 ans



Source : Bond et al. 2013⁷⁶

⁷⁷ Bond et al. 2013. Bounding the role of black carbon in the climate system – A scientific assessment. https://www.researchgate.net/publication/312193003_Bounding_the_role_of_black_carbon_in_the_climate_system_-_A_scientific_assessment.

Le 28 novembre 2017, le Canada a ratifié le protocole de Göteborg et ses amendements de 2012 au titre de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance (PATLD). Parmi les amendements apportés au protocole de Göteborg, citons de nouveaux engagements visant à réduire les émissions de particules et, ce faisant, à donner la priorité aux sources de particules qui sont également des sources importantes de carbone noir. À la réunion des ministres du Conseil de l'Arctique de 2017, le Canada, avec d'autres États de l'Arctique, a renouvelé son engagement à prendre des mesures pour réduire les émissions de carbone noir. Lors de cette réunion, le Canada s'est engagé à continuer à améliorer la qualité et la transparence de l'information relative aux émissions de carbone noir et à publier un inventaire annuel des émissions de carbone noir. Toutes les émissions répertoriées dans cet inventaire proviennent de sources anthropiques (humaines). Les sources naturelles de carbone noir, telles que les feux de forêt, en sont exclues.

Le protocole de Göteborg : un consensus international sur le carbone noir⁷⁸

Le protocole de Göteborg découle de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance. Il a été établi afin de lutter contre les polluants responsables de l'acidification du milieu biophysique et de la formation de l'ozone troposphérique, dans le contexte où les polluants atmosphériques traversent les frontières et nuisent à la qualité de l'air jusqu'à des endroits éloignés de leur source. Il fixe les limites applicables aux polluants atmosphériques, notamment le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, l'ammoniac et les composés organiques volatils dangereux pour la santé et l'environnement. Il a été mis à jour en 2012 de manière à inclure les particules et le carbone noir (un constituant des particules) et de nouveaux engagements pour 2020.

Selon le Rapport d'inventaire de carbone noir du Canada, 8 809 tonnes de carbone noir ont été émises au Québec en 2017 tel que montré au tableau qui suit.

Tableau 41. Émissions de carbone noir au Québec par secteurs	
Secteur	Émissions de carbone noir (tonnes par an)
Transport et équipements mobiles	3 216
Commercial-résidentiel-institutionnel	5 405
Minerais et industries minérales	75
Fabrication	64

⁷⁸ Environnement Canada. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/organisation/affaires-internationales/partenariats-organisations/protocole-göteborg-reduire-pollution-atmospherique.html>.

Production d'électricité	45
Industrie pétrolière et gazière	2,1
Agriculture	1,1
Total	8 809

Le tableau 41 met en évidence que le secteur commercial-résidentiel-institutionnel et le secteur du transport sont de loin les principales sources de carbone noir au Québec, représentant respectivement 61 % et 36 % du total des émissions du Québec.

Les effets du carbone noir sur la santé

Pour ce qui est des effets de ces particules sur la santé, il est prouvé scientifiquement qu'elles causent de graves problèmes au niveau des poumons et du système cardiovasculaire. En raison de leur petite taille, le carbone noir et d'autres particules fines peuvent pénétrer dans les poumons. Les personnes atteintes d'une maladie pulmonaire ou cardiaque préexistante, ainsi que les personnes âgées et les enfants, sont particulièrement vulnérables aux effets des particules fines. Par ailleurs, il n'existe pas de preuve d'un niveau d'exposition sans danger ni d'un seuil en deçà duquel aucun effet néfaste sur la santé ne se produirait. De plus, en juin 2012, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a reclassé les émissions de gaz d'échappement des moteurs diesel en tant que substances cancérogènes pour l'homme et le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC), qui fait partie de l'OMS, a trouvé des preuves suffisantes que l'exposition aux gaz d'échappement diesel provoque le cancer du poumon (CIRC, 2012).

**Environnement
et Lutte contre
les changements
climatiques**

Québec

