



L'impact de Réemploi+ sur les émissions de gaz à effet de serre des opérations des écocentres de la Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean

par Patrick Girard

Mémoire présenté à l'Université du Québec à Chicoutimi en vue de l'obtention du grade Maître ès sciences (M. Sc.) en ressources renouvelables

Québec, Canada

© Patrick Girard, 2024

RÉSUMÉ

Les rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) soulignent la nécessité d'agir pour atténuer les impacts des changements climatiques. Changer nos habitudes et adopter un mode de vie plus sobre pourrait réduire nos émissions de 40% à 70% d'ici 2050, tel qu'indiqué parmi les solutions du GIEC. Au Canada, les émissions de GES du secteur des matières résiduelles étaient de 21 Mt CO₂éq. en 2021, soit 3,1% des émissions nationales. Pour le Québec, en 2021, ces chiffres étaient respectivement de 4,0 Mt CO₂éq. et 5,2%. La majorité de ces émissions provenaient des sites d'enfouissement de déchets (Canada : 17 Mt CO₂éq.; Québec : 3,3 Mt CO₂éq.).

Une diminution de la quantité de déchets destinés aux sites d'enfouissement représenterait un moyen durable de réduction des émissions de GES dans le secteur des matières résiduelles. Très peu de connaissances existent sur les impacts du réemploi de matières vouées à l'élimination comme moyen de réduction des émissions de GES. Le principal objectif de cette étude est d'évaluer l'impact du réemploi des matières sur les émissions de GES des opérations des écocentres de la Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean (RMR). Un deuxième objectif de l'étude est de déterminer des pistes de réduction de GES basées sur les résultats des inventaires et des solutions de prolongement de la durée de vie des matières et objets dirigés vers le réemploi.

Le potentiel de réemploi des matières traitées dans les écocentres a été étudié au Lac-Saint-Jean. Il s'agit principalement de matières qui ne sont pas destinées aux collectes résidentielles de déchets, de matières recyclables ou de matières compostables. Ce sont principalement des résidus de construction, de jardinage, d'équipements et d'outillages. Seulement sur le territoire du Lac-Saint-Jean, les écocentres traitent plus de 25 000 tonnes de matières par année. La RMR et Réemploi+ – une entreprise d'économie sociale qui opérationnalise le développement durable par le réemploi des matières et la valorisation des personnes – visent à établir un écosystème innovant au Lac-Saint-Jean afin de détourner des écocentres 1 500 tonnes par année de matières vers un marché local de réemploi.

Dans le cadre de cette étude, j'évaluerai trois scénarios d'émissions de GES pour les écocentres de la RMR. Un premier scénario si tout le tonnage des écocentres était expédié vers l'enfouissement. Un deuxième scénario de référence, c'est-à-dire les émissions des opérations des écocentres telles qu'elles étaient en 2022. Ce scénario de référence permettra d'évaluer l'impact des filières de recyclage en place. Cependant, dans ce deuxième scénario, les activités de Réemploi+ ne sont pas prises en compte. Puis, un troisième scénario dans lequel les opérations des écocentres de la RMR intègrent les activités de Réemploi+ et l'objectif de détourner 1 500 tonnes par année.

Mes résultats ont révélé que de favoriser le réemploi des matières permet de réduire les émissions de GES des opérations des écocentres de la RMR. En effet, chaque tonne de matières détournée du réseau des écocentres vers Réemploi+

permet d'éviter les émissions de 1,8 t CO₂éq. dans le processus en excluant l'enfouissement. Une gestion efficace des flottes de véhicules, l'adoption d'un code de conduite écoresponsable, voire l'électrification d'une partie des transports des matières sont d'autres mesures qui pourraient contribuer à réduire les émissions de GES. Cependant, il existe des incertitudes et pour certaines données l'incertitude est élevée. D'une part, la recherche dans le secteur des émissions de GES et, plus spécifiquement, dans le secteur de la gestion des matières résiduelles devrait continuer et les outils pourraient être peaufinés. D'autre part, les données sur les quantités et les types de matières traitées dans les différents sites de traitement pourraient être améliorées.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	ii
TABLE DES MATIÈRES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES ÉQUATIONS.....	ix
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	x
REMERCIEMENTS.....	xii
1 INTRODUCTION.....	1
1.1 LE SECTEUR DE LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES ET LES ÉMISSIONS DE GES.....	3
1.2 LE RÉEMPLOI DES MATIÈRES RÉSIDUELLES COMME POTENTIEL DE RÉDUCTION DE L'ENFOUISSEMENT ET DES ÉMISSIONS DE GES DU SECTEUR.....	5
1.3 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE ET HYPOTHÈSE.....	8
2 MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	11
2.1 SITES À L'ÉTUDE.....	11
2.2 APPROCHE.....	17
2.3 INVENTAIRES DES ÉMISSIONS DE GES.....	17
2.3.1 Conformité à ISO-14064-1.....	18
2.3.2 Périmètre.....	19
2.3.3 Hors périmètre.....	21
2.3.4 Méthodologie de quantification des GES.....	22
2.3.5 Méthodes de calcul des émissions attribuables aux systèmes de combustion mobiles.....	28
2.3.6 Méthodes de calcul des émissions attribuables aux systèmes de combustion fixes.....	32
2.3.7 Méthodes de calcul des émissions fugitives d'enfouissement des matières résiduelles pour une année donnée.....	33
2.3.8 Méthodes de calcul des émissions liées à la fourniture électrique.....	37
2.4 ESTIMATIONS DES ÉMISSIONS D'ENFOUISSEMENT SUR 100 ANS.....	37
2.5 INVENTAIRES DES ÉMISSIONS ÉVITÉES PAR DES SOLUTIONS DE PROLONGEMENT DE LA DURÉE DE VIE DES MATIÈRES ET OBJETS.....	39
3 RÉSULTATS.....	40
3.1 ÉVALUER L'IMPACT DU RÉEMPLOI DES MATIÈRES SUR LES ÉMISSIONS DE GES DES OPÉRATIONS DE LA RMR.....	40
3.1.1 Émissions totales des 3 scénarios à l'étude.....	40
3.1.2 Résultats du scénario 1 : 100% du tonnage des écocentres au LET.....	41
3.1.3 Résultats du scénario 2 : fonctionnement 2022 des écocentres sans Réemploi+.....	42
3.1.4 Résultats du scénario 3 : fonctionnement 2022 des écocentres avec Réemploi+.....	44

3.2 ÉMISSIONS ÉVITÉES PAR DES SOLUTIONS DE PROLONGEMENT DE LA DURÉE DE VIE DES MATIÈRES ET OBJETS DIRIGÉS VERS LE RÉEMPLOI ..	46
4 DISCUSSION	48
4.1 DÉTERMINER DES PISTES DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GES	48
4.2 L'INCERTITUDE DANS LA MESURE D'ÉMISSIONS DE GES.....	50
4.3 L'INCERTITUDE DES CALCULS PERTINENTS À NOTRE ÉTUDE	52
4.3.1 L'incertitude des résultats d'émissions de l'enfouissement	53
4.3.2 Carbone organique dégradable qui se décompose.....	55
4.3.3 L'impact du captage du méthane.....	56
4.4 LA PERSPECTIVE DES ORGANISMES PARTENAIRES ET LES RÉSULTATS EXCLUANT L'ENFOUISSEMENT	58
CONCLUSION	60
LISTE DE RÉFÉRENCES	62
ANNEXE 1 RAPPORT D'INVENTAIRE RMR 2022.....	69
ANNEXE 2 RAPPORT LANDGEM	107

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 Localisation des écocentres de la RMR</i>	<i>13</i>
<i>Tableau 2 Facteurs d'émissions (FE) associés aux équipements pour la manutention des matières et aux transports des matières</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 3 Facteurs de consommation de carburant</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 4 Potentiel de réchauffement global des principaux GES (IPCC 2013)</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 5 Sources d'émissions et données d'activités considérées.....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau 6 Sources d'émissions attribuables aux systèmes de combustion mobiles</i>	<i>28</i>
<i>Tableau 7 Sources d'émissions attribuables aux systèmes de combustion fixes</i>	<i>32</i>
<i>Tableau 8 Résultats des trois scénarios à l'étude</i>	<i>40</i>

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 Localisation des 7 écocentres de la RMR à l'étude (2022) ; le cercle rouge identifie le lieu d'enfouissement technique (LET).....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 2 Aménagement des écocentres de la RMR ; l'espace numéro 15 est celui dédié à Réemploi+</i>	<i>14</i>
<i>Figure 3 Tente de captation des matières et objets Réemploi+ présente dans chacun des écocentres de la RMR.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure 4 L'entrepôt et la quincaillerie de Réemploi+ situés à Alma.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure 5 Le périmètre des inventaires des émissions de GES.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 6 Étapes d'un inventaire de GES et sources de collecte d'informations</i>	<i>23</i>
<i>Figure 7 Flux des matières pour le scénario 1.....</i>	<i>41</i>
<i>Figure 8 Flux des matières pour le scénario 2.....</i>	<i>43</i>
<i>Figure 9: Tonnage de matières détourné du réseau des écocentres de la RMR vers Réemploi+... </i>	<i>44</i>
<i>Figure 10 L'impact du réemploi sur les émissions de GES des écocentres.....</i>	<i>45</i>

LISTE DES ÉQUATIONS

<i>Équation 1 Émissions attribuables à l'utilisation d'équipements mobiles, par GES</i>	30
<i>Équation 2 Émissions attribuables à l'utilisation d'équipements mobiles, en tonne CO₂ équivalent</i>	31
<i>Équation 3 Calcul de la quantité de carburant à partir de kilométrage parcouru.....</i>	31
<i>Équation 4 Calcul des émissions attribuables à l'enfouissement</i>	36
<i>Équation 5 Calcul des émissions de portée 2 liées à la consommation d'hydroélectricité</i>	37
<i>Équation 6 Calcul de l'incertitude globale.....</i>	52

LISTE DES ABRÉVIATIONS

3RV-E	Réduction à la source, le réemploi, le recyclage et les autres formes de valorisation
ADEME	Agence de la transition écologique
BAPE	Bureau d'audiences publiques sur l'environnement
CH ₄	Méthane
CO ₂	Dioxyde de carbone
CRD	Construction, rénovation et démolition
DPO	Décomposition de premier ordre
DSM	Déchets solides municipaux
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
EPA	United States Environmental Protection Agency
CO ₂ éq.	Équivalent CO ₂
FE	Facteur d'émission
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GNR	Gaz naturel renouvelable
Gt	Gigatonne (milliard de tonnes)
HFC	Hydrofluorocarbures
HQ	Hydroélectricité
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
ISQ	Institut de la statistique du Québec
kg/hab.	kilogramme par habitant
km	Kilomètre
kWh	Kilowattheure
LandGEM	The Landfill Gas Emissions Model
LET	Lieu d'enfouissement technique
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

MELCCFP	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
MRC	Municipalités régionales de comté
Mt	Mégatonne (million de tonnes)
N ₂ O	Oxyde de diazote
OMM	Organisation Météorologique Mondiale
PFC	Perfluorocarbures
PRG	Potentiel de réchauffement global
pH	Potentiel hydrogène
ppm	Parties par million
R+	Réemploi+
RIN	Rapport d'inventaire national
RMR	Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean
SF ₆	Hexafluorure de soufre
t CO ₂ éq.	Tonne de CO ₂ équivalent
UNEP	United Nations Environment Programme
UQAC	Université du Québec à Chicoutimi
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WRI	World Resources Institute

REMERCIEMENTS

Je remercie chaleureusement mes directeurs Patrick Faubert et Claude Villeneuve pour leur disponibilité, leurs conseils, leur soutien et l'accompagnement qu'ils m'ont offert tout au long de mon parcours. Je remercie également Pierre-Luc Dessureault de la Chaire en éco-conseil (UQAC) pour sa collaboration dans la réalisation de l'inventaire 2022 des opérations de collectes et de gestion des matières résiduelles au Lac-Saint-Jean ainsi que pour ses conseils dans la recherche et les choix des facteurs d'émission.

Je remercie le personnel enseignant et technique pour les apprentissages et l'accompagnement dans le cadre des cours de maîtrise.

Je remercie l'équipe de la Régie de matières résiduelles Lac-Saint-Jean (RMR) et de Réemploi+, notamment Katia Girard et Émilie Hébert qui m'ont donné un accès privilégié aux informations et données nécessaires à la réalisation des inventaires des émissions de GES. Je souligne plus particulièrement l'appui de Guy Ouellet, directeur général de la RMR, tout au long de mon parcours.

Je remercie le programme Mitacs pour la bourse qui a facilité la conciliation études-travail-famille ainsi que les organismes partenaires Réemploi+ et la Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean.

Finalement, je remercie affectueusement mon amoureuse Véronique ainsi que mes enfants Juliette et Henri pour m'avoir soutenu dans ce projet audacieux de retour aux études et de développement de nouvelles connaissances.

1 INTRODUCTION

Le rapport du groupe 3 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (IPCC 2022) souligne la nécessité d'agir pour atténuer les impacts des changements climatiques. L'organisation météorologique mondiale indique que la planète s'est réchauffée de 1,15 °C depuis l'ère préindustrielle (OMM 2022). Une moyenne qui s'approche du seuil fixé de 1,5 °C par l'Accord de Paris et ce seuil représente une limite au-delà de laquelle plusieurs conséquences des changements climatiques seront irréversibles dans plusieurs régions du monde (UNEP 2021). Les émissions de gaz à effet de serre (GES) causées par l'activité humaine sont la principale cause du réchauffement climatique (IPCC 2021). Le GIEC estime qu'il faut limiter à 350 parties par million (ppm) la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, afin de respecter la cible de 1,5 °C. La concentration de CO₂ dans l'atmosphère a atteint, en moyenne, 417.2 parties par million (ppm) en 2022 (Global Carbon project 2022). Un tel niveau n'avait pas été atteint depuis au moins 800 000 ans (Blunden et Boyer 2022).

Les engagements des gouvernements pris jusqu'à présent dans leurs plans nationaux en faveur du climat laissent présager une hausse des températures de entre 2,5 °C à 2,9 °C d'ici la fin du siècle et sont donc loin de permettre l'atteinte de l'objectif de l'Accord de Paris, qui est de limiter le réchauffement de la planète bien en dessous de 2°C, de préférence à 1,5°C (UNEP 2023). Des besoins de réduction des émissions de GES sont présentés dans les rapports *Emission Gap Report* du programme pour l'environnement des Nations Unies. Selon *Emissions Gap Report*

de novembre 2023, seule une transformation urgente à l'échelle du système peut permettre de réaliser les réductions nécessaires pour limiter les émissions de GES d'ici à 2030 : réductions de 42 % par rapport aux projections fondées sur les politiques actuellement en place pour atteindre 1,5 °C et 28 % pour atteindre 2 °C (UNEP 2023).

Le rapport du groupe 3 du GIEC étudie des scénarios de baisse de réduction des GES pour lutter contre les changements climatiques, autrement dit, des moyens d'action pour réduire les émissions (IPCC 2022). Parmi les solutions : changer nos habitudes et adopter un mode de vie plus sobre pour réduire nos émissions de 40% à 70% d'ici 2050 ; opérer une transition entre l'énergie de sources fossiles et l'énergie de sources renouvelables et à faible émission de GES tout en développant les puits de carbone, tant technologiques que naturels; adopter de nouvelles réglementations fortes en faveur du climat tant au chapitre des politiques que des finances.

Il peut être intimidant pour quiconque de prendre conscience des défis à relever pour lutter contre les changements climatiques. Mais l'inaction risque de nous figer dans la peur et réduit le temps de réaction pour atteindre les cibles (Höhne N *et al.* 2020). C'est pourquoi des initiatives sont menées partout dans le monde pour lutter contre les changements climatiques. Tous les acteurs ont un rôle à jouer pour engager et accélérer cette transformation, notamment en levant les obstacles susceptibles de ralentir les progrès. Séparément, aucune des différentes mesures n'entraînera sans doute de changement suffisamment significatif, mais ensemble, elles peuvent susciter un changement systémique de plus grande envergure et plus

durable (UNEP 2022). Cette maîtrise étudiera l'impact sur le bilan des émissions de GES d'une initiative menée dans le secteur des matières résiduelles au Canada, dans la province du Québec, plus précisément dans la région du Lac-Saint-Jean.

1.1 LE SECTEUR DE LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES ET LES ÉMISSIONS DE GES

Au Canada, les émissions de GES du secteur des matières résiduelles étaient de 21 Mt CO₂éq. en 2021, soit 3,1% des émissions nationales (ECCC 2023d). Pour le Québec, en 2021, ces chiffres étaient respectivement de 4,0 Mt CO₂éq. et 5,2% (MELCCFP 2023). La majorité de ces émissions provenaient des sites d'enfouissement de déchets (Canada : 17 Mt CO₂éq.; Québec : 3,3 Mt CO₂éq.), soit des émissions de CH₄ produites par la décomposition anaérobie (ECCC 2023d; MELCCFP 2023). Au niveau mondial, une récupération des gaz des sites d'enfouissement permettrait de réduire les émissions annuelles de GES de 0,4 Gt CO₂éq. d'ici 2030, soit de 42% par rapport aux scénarios actuels de ce secteur (UNEP 2017).

Une gestion améliorée des sites d'enfouissement peut ainsi être un moyen de réduction des GES pour le secteur de la gestion des matières résiduelles, mais cette solution ne traite pas la source du problème. Une diminution de la quantité de déchets destinés aux sites d'enfouissement représenterait un moyen durable de réduction des émissions de GES dans le secteur des matières résiduelles. Plus précisément, la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles guide les parties prenantes vers un objectif fondamental, soit celui que la seule matière

résiduelle éliminée au Québec soit le résidu ultime (MDDEP 2011). Parmi les trois enjeux majeurs que soulève cette Politique, celui de contribuer à la lutte contre les changements climatiques est encore plus d'actualité aujourd'hui qu'en 2011. La Loi sur la qualité de l'environnement (LQE 2023b) énonce la hiérarchie des 3RV-E, principe selon lequel le fait de privilégier dans l'ordre la réduction à la source, le réemploi, le recyclage et les autres formes de valorisation permet généralement de tirer le meilleur bénéfice de la gestion des matières résiduelles et, ainsi, de réduire la quantité de déchets enfouis. Une telle diminution de déchets est possible par l'application des principes de l'écologie industrielle où les résidus de diverses sources industrielles et/ou municipales deviennent des matières premières pour d'autres industries ou d'autres marchés (Villeneuve *et al.* 2008).

Les entreprises en gestion des matières résiduelles ont un rôle crucial à jouer pour réduire l'élimination, entre autres en étant des centres d'innovation opérationnels par l'application de l'écologie industrielle par la collecte, le réemploi, le recyclage et la valorisation des déchets. Plusieurs études traitent de la gestion des GES et de pistes de réduction d'émissions pour la gestion des matières résiduelles au niveau des politiques et sur des échelles municipales et nationales (Cherubini *et al.* 2009). Toutefois, très peu de connaissances existent sur les impacts du réemploi de matières résiduelles comme moyen de réduction de l'élimination et des émissions de GES. Ce sujet est d'autant plus pertinent que le Gouvernement du Québec a annoncé son intention de réduire de moitié la quantité de résidus ultimes destinés à l'élimination en 2025 (Radio-Canada) et qu'il a une cible de réduction de 37,5% de ses émissions de GES en 2030 par rapport à 1990

(Gouvernement du Québec 2023a). Comme tous les secteurs d'activités, celui de la gestion des matières résiduelles sera amené à contribuer à l'atteinte de cette cible.

Cependant, en dépit de nombreux efforts consacrés ces dernières années pour réduire les quantités de matières résiduelles éliminées, la performance du Québec depuis 2015 a régressé pour chacun des objectifs inscrits au Plan d'action 2011-2015 de la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles (BAPE 2022), à l'exception du taux de recyclage de la matière organique qui n'a augmenté que de 2 % pour atteindre 27 % en 2018, loin de l'objectif de 60 % visé pour 2015 et reconduit dans le Plan d'action 2019-2024 (Gouvernement du Québec 2019). Ainsi, la quantité de matières résiduelles éliminées en 2019 (724 kg/hab.) était environ 3 % supérieure à l'objectif du Plan d'action 2011-2015 et 38 % supérieure à l'objectif de 525 kg/hab. établi pour 2023 dans le Plan d'action 2019-2024 (Gouvernement du Québec 2019). Bien qu'ils se trouvent au sommet de la hiérarchie des 3RV-E, la réduction à la source et le réemploi occupaient une place secondaire dans les mesures gouvernementales adoptées jusqu'à maintenant. Des incitatifs financiers pour soutenir les secteurs de la réparation et du réemploi pourraient agir directement sur l'écoconception, la pratique du réemploi et la réduction à la source (Gouvernement du Québec 2019).

1.2 LE RÉEMPLOI DES MATIÈRES RÉSIDUELLES COMME POTENTIEL DE RÉDUCTION DE L'ENFOUISSEMENT ET DES ÉMISSIONS DE GES DU SECTEUR

Peu de données existent sur les matières que l'on retrouve dans des installations de type écocentre. Des études au niveau de réseaux d'entreprises et

d'organismes en économie sociale visant le réemploi des matières destinées à l'élimination pourraient donc contribuer à réduire le manque de connaissances fines. D'ailleurs, un peu partout au Canada, des entreprises d'économie sociale réalisent leur plan d'affaires en retirant du flux des matières destinées à l'élimination des volumes de biens qui peuvent être réparés ou réemployés dans une logique d'économie circulaire. Le potentiel de réemploi a été étudié au Lac-Saint-Jean (RMR 2023) sur les écocentres et les matières qui y sont traitées. Il s'agit principalement de matières qui ne sont pas destinées aux collectes résidentielles de déchets, de matières recyclables ou de matières compostables. Ce sont particulièrement des résidus de construction résidentielle, de jardinage ou d'équipements et d'outillages. Seulement sur le territoire du Lac-Saint-Jean, les écocentres traitent plus de 25 000 tonnes de matières par année (RMR, 2023) et, faute de marché dans le secteur du recyclage ou de la valorisation, une part significative de ce volume se retrouve à l'enfouissement (RMR, 2023).

La Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean a proposé au milieu une initiative – Réemploi+ –qui représente un cas d'étude idéal pour contribuer à répondre à notre question de recherche. Réemploi+ est une entreprise d'économie sociale constituée en 2020 et composée de la RMR, du Groupe Coderr, du Juvénat de Desbiens, des Centres de services scolaire du Lac-Saint-Jean et du Pays-des-Bleuets, ainsi que des Carrefours jeunesse-emploi du Lac-Saint-Jean-Est et des Bleuets. L'entreprise opérationnalise le développement durable par le réemploi des matières et la valorisation des personnes. Réemploi+ souhaite établir un écosystème innovant au Lac-Saint-Jean afin de détourner du réseau des écocentres

de la RMR 1 500 tonnes par année de matières résiduelles vers un marché local du réemploi afin de créer une richesse autrement, par l'écologie industrielle et l'économie circulaire (Réemploi+ 2020).

La Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean est un organisme intermunicipal qui gère les matières résiduelles des 36 municipalités du Lac-Saint-Jean et de la communauté de Mashteuiatsh. En 2021, sur le territoire du Lac-Saint-Jean, les données d'élimination des matières résiduelles indiquent que 51 834 tonnes de déchets provenant des 36 municipalités membres ont été enfouies (MELCCFP 2021b). Ainsi, une diminution de 1 500 tonnes par année par le réemploi des matières représenterait une baisse de près de 3% des déchets enfouis. La RMR a l'objectif d'atteindre la carboneutralité des opérations de ses écocentres d'ici 5 ans par une réduction à la source des émissions de GES et par le prolongement de la durée de vie des matières détournées de l'enfouissement vers le réemploi. Une telle démarche n'a pas été documentée par la recherche jusqu'à ce jour et viendrait ainsi combler ce manque de connaissances qui pourraient être transposées à d'autres régions au Canada et dans le monde.

Ainsi, une réponse aux besoins de ce réseau régional en économie sociale documentée par une approche scientifique adéquate permettra de répondre au manque de connaissances en matière de réduction des matières résiduelles enfouies et de réduction des émissions de GES par le réemploi des matières. Pour ce faire, notre projet portera sur la carboneutralité des opérations des écocentres de la RMR et en appliquera une approche développée par Faubert *et al.* (2020) et la famille des normes ISO 14060 en gestion de GES (CAN/CSA-ISO 2006a;

CAN/CSA-ISO ; CAN/CSA-ISO). Ainsi, je documenterai la problématique bien au-delà des émissions GES pouvant être évitées par une réduction des tonnages dirigés vers l'élimination, mais aussi par les émissions évitées par le choix de réemployer un matériau plutôt que l'acheter neuf à la quincaillerie commerciale. De plus, l'ensemble des flux de transport seront analysés en fonction de ce type de choix dans le cadre de l'étude.

1.3 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE ET HYPOTHÈSE

Le principal objectif de l'étude est d'évaluer l'impact du réemploi des matières sur les émissions de GES des opérations des écocentres de la RMR. Peu de données existent sur le potentiel de réduction des GES par le réemploi des matières, deuxième jalon de la hiérarchie d'une saine gestion des matières résiduelles. Dans le contexte de la lutte contre les changements climatiques, qui ciblent notamment une réduction de l'enfouissement des déchets, documenter l'impact d'une initiative comme Réemploi+ au Lac-Saint-Jean sur les émissions de GES du secteur des matières résiduelles pourrait permettre d'obtenir des crédits compensatoires destinés au marché du carbone si les résultats présentent des avantages en termes de réduction des émissions. De plus, les gouvernements pourraient être tentés d'instaurer des incitatifs afin que le secteur des matières résiduelles mette en place des initiatives comme celle de Réemploi+ au Lac-Saint-Jean. Une partie des matières dirigées vers les écocentres de la RMR présentent un potentiel de réemploi. Pour évaluer l'impact du réemploi des matières sur les émissions de GES des opérations des écocentres, je devrai quantifier les émissions de GES du réseau

des écocentres de la RMR - sans les activités de Réemploi+ - par des inventaires des émissions de GES. Considérant qu'une proportion importante des matières traitées en écocentres finissent à l'enfouissement faute de marché, j'estimerai les émissions de l'enfouissement sur 100 ans à l'aide des modèles généralement utilisés de dégradation de premier ordre. De plus, j'analyserai les flux de transport des matières des écocentres. Dans un deuxième temps, je devrai analyser les données concernant les matières détournées du réseau des écocentres de la RMR vers Réemploi+ pour en évaluer l'impact sur les émissions de GES des opérations des écocentres.

Un deuxième objectif de l'étude est de déterminer des pistes de réduction de GES basées sur les résultats des inventaires et des solutions de prolongement de la durée de vie des matières et objets dirigés vers Réemploi+. La RMR souhaite atteindre la carboneutralité des opérations des écocentres et, avec Réemploi+, elle vise à détourner de l'enfouissement 1 500 tonnes par année de matières. Je devrai quantifier les émissions de GES des activités de transport des matières du réseau des écocentres vers Réemploi+ par des inventaires des émissions de GES. Je devrai également explorer des outils et calculateurs qui permettent d'évaluer les émissions évitées par le choix de réemployer un matériau plutôt que de l'acheter neuf à la quincaillerie commerciale.

Dans le cadre de cette étude, j'évaluerai trois scénarios d'émissions de GES pour les écocentres de la RMR. Un premier scénario faisant l'hypothèse que tout le tonnage des écocentres serait expédié vers l'enfouissement. Un deuxième scénario de référence, c'est-à-dire les émissions des opérations des écocentres telles

qu'elles étaient en 2022. Ce scénario de référence permettra d'évaluer l'impact des filières de recyclage en place. Cependant, dans ce deuxième scénario, les activités de Réemploi+ ne sont pas prises en compte. Enfin, un troisième scénario dans lequel les opérations des écocentres de la RMR intègrent les activités de Réemploi+ et l'objectif de détourner 1 500 tonnes par année vers le réemploi. Mon hypothèse est que le premier scénario sera celui qui émettra le plus de GES, suivi du deuxième scénario et du troisième.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITES À L'ÉTUDE

La RMR a la responsabilité de la gestion des matières résiduelles pour les trois MRC au Lac-Saint-Jean (MRC de Lac-Saint-Jean-Est : 53 602 habitants/2 946 km²; MRC du Domaine-du-Roy : 31 308 habitants/18 888 km²; MRC de Maria-Chapdelaine : 24 469 habitants/38 506 km²; Population et superficies totales des trois MRC : 109 379 habitants/60 340 km²) (ISQ 2022). La RMR est responsable de la collecte des matières résiduelles ainsi que des opérations des sites où elles sont acheminées. Cela en fait l'une des seules régies à posséder l'ensemble des infrastructures et du gisement des matières résiduelles au Québec. Ce modèle crée ainsi des conditions favorables au développement de projets d'écologie industrielle.

Depuis 2019, la RMR a entamé une réflexion concernant ses émissions de GES et collecte des données sur ses opérations. La direction mise notamment sur un important projet de réemploi des matières provenant de son réseau d'écocentres afin de réduire ses émissions, et vise même l'atteinte de la carboneutralité pour les opérations des écocentres. Les émissions de GES des opérations des écocentres de la RMR ont été inventoriées dans le cadre d'un inventaire plus large des activités de collecte et de la gestion des matières résiduelles sur le territoire du Lac-Saint-Jean pour l'année 2022.

Le réseau d'écocentres au Lac-Saint-Jean est composé de sept installations. Les principales infrastructures routières sur le territoire des trois MRC au Lac-Saint-

Jean sont disposées tout autour du Lac. Cette dimension du territoire comporte son lot de défis pour la desserte des services à la population et pour la logistique du transport des matières. La RMR a tenu compte de ces enjeux pour distribuer ses écocentres sur le territoire (Figure 1 et Tableau 1).



© Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean, 2022 (Reproduite avec autorisation)

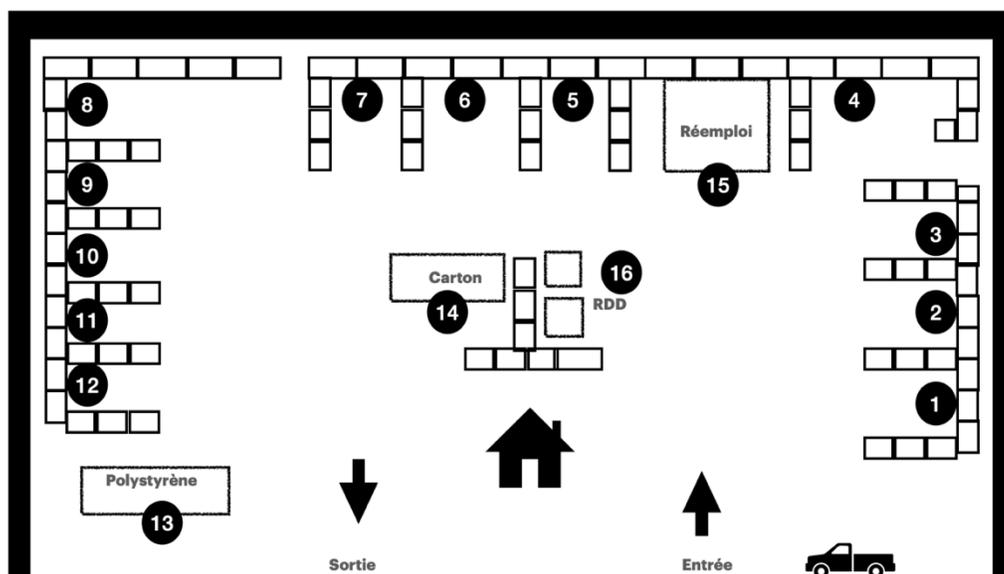
Figure 1 Localisation des 7 écocentres de la RMR à l'étude (2022) ; le cercle rouge identifie le lieu d'enfouissement technique (LET)

Tableau 1 Localisation des écocentres de la RMR

Écocentres	Adresses
Alma	3521, avenue Du Pont Nord, G8E 1S5
Hébertville	100, rue Jean-Félix-Langlais, G0W 1T0
Dolbeau	1001, 2 ^e Avenue, G8L 0E5
Normandin	1177, rue Lydoric-Doucet
Roberval	1855, rue Castonguay, G8H 2M9
Saint-Félicien	1800, rue Verreault, G8K 1W2
Saint-François-de-Sales	93, rue Bouchard, G0W 1M0

Les écocentres sont généralement accessibles aux résidents des 36 municipalités jeannoises et à ceux de la communauté de Mashteuiatsh du lundi au dimanche de 8h00 à 20h00 en période estivale et de 8h00 à 18h00 en période hivernale. Les matières acceptées sont généralement celles que les résidents ne peuvent mettre dans leurs bacs de déchets, de matières recyclables ou de matières organiques lors des collectes résidentielles, notamment les résidus de construction, rénovation et démolition (bois, matériaux granulaires, métaux ferreux et non-ferreux), les encombrants, les résidus domestiques dangereux, les appareils électroniques, les objets réutilisables (vélos, meubles, outils), etc. La figure 2 montre le plan d'aménagement d'un écocentre type de la RMR avec l'intégration d'un espace pour Réemploi+.

Écocentre-type de la RMR



© Patrick Girard, 2023

Figure 2 Aménagement des écocentres de la RMR ; l'espace numéro 15 est celui dédié à Réemploi+

En 2022, selon la RMR, les écocentres ont accueilli 173 287 visiteurs et ont traité un total de 25 532 tonnes de matières (Girard et Dessureault 2023). Les matières sont triées dans l'esprit de respecter le principe des 3RV-E, mais la RMR est tributaire des solutions offertes par le marché du recyclage et de la valorisation. Ainsi, environ la moitié du tonnage reçu en écocentres sera dirigée vers le lieu d'enfouissement technique (LET) (RMR données écocentres 2022). Le LET fait également partie des sites à l'étude.

Afin de tirer le meilleur bénéfice de sa gestion des matières résiduelles et de réduire la quantité de déchets enfouis, la RMR a mobilisé sa communauté pour la mise en œuvre de l'initiative Réemploi+. Par cette initiative, la RMR souhaite détourner 1 500 tonnes de matières par année vers le réemploi, en plus de viser la

carboneutralité des opérations de ses écocentres. En effet, dans le cadre de deux projets-pilotes (Réemploi+ 2020) menés par la RMR et visant à évaluer le potentiel de réemploi dans ses écocentres, la RMR estime qu'environ 20% des matières et objets traités pourraient être réemployés.

C'est en octobre 2020 que Réemploi+ tenait son assemblée de fondation et devenait ainsi une entité légalement constituée. Son conseil d'administration est composé de partenaires des secteurs de la gestion des matières résiduelles, de l'économie, de l'éducation et de l'employabilité. Parmi ses principaux objectifs : extraire du réseau des écocentres de la RMR les matières nécessaires pour alimenter un marché du réemploi et opérer des boutiques de type « quincaillerie du réemploi » pour offrir une alternative écologique aux consommateurs de la région (Réemploi+ 2021b). Même si le plan d'affaires de Réemploi+ prévoit l'ouverture de trois boutiques, au moment de réaliser notre étude, Réemploi+ avait ouvert deux boutiques, soit une située au 2355, Avenue Du Pont Sud à Alma et une située au 340, 8^e Avenue à Dolbeau-Mistassini.

Ce sont les écocentres de la RMR qui sont les lieux désignés pour faciliter le dépôt des matières et objets susceptibles d'être dirigés vers le réseau de Réemploi+. Accompagnés par les valoristes de la RMR, les utilisateurs des écocentres sont invités à trier leurs matières et objets présentant un potentiel de réemploi afin de les déposer dans l'espace réservé à Réemploi+ (Figure 3). Ensuite, Réemploi+ et ses partenaires transporteront ces matières vers les boutiques (Figure 4), qui disposent également d'espace d'entreposage.



© Patrick Girard, 2023

Figure 3 Tente de captation des matières et objets Réemploi+ présente dans chacun des éco-centres de la RMR



© Patrick Girard, 2023

Figure 4 L'entrepôt et la quincaillerie de Réemploi+ situés à Alma

2.2 APPROCHE

Je me suis appuyé sur l'approche de Faubert *et al.* (2020), qui consistait au départ à proposer des moyens crédibles de réduction de GES pour un futur grand émetteur de GES au Québec, afin de répondre aux objectifs de l'étude. L'approche porte sur la gestion des GES qui s'effectue en trois grandes étapes : 1) réaliser un inventaire de GES, 2) appliquer une réduction à la source et 3) compenser pour les émissions qui ne peuvent être réduites à la source selon les objectifs de l'organisme (Faubert *et al.* 2020).

Cette approche consiste, une fois les sources d'émissions identifiées et quantifiées par un inventaire, à d'abord effectuer une revue de littérature pour déterminer les moyens possibles de réduction de GES dans le domaine de la gestion des matières résiduelles. Ensuite, l'approche (Faubert *et al.* 2020) utilise cette revue de littérature et en extrait les moyens de réduction se rattachant aux activités des écocentres qui seront examinés pour y proposer un portefeuille de solutions crédibles et applicables dans le contexte de l'initiative Réemploi+. Cette approche nécessitera l'utilisation de la famille des normes ISO 14060, plus spécifiquement ISO 14064-1 (inventaire de GES) et ISO 14064-2 (projet de réduction des GES) (CAN/CSA-ISO 2020a; CAN/CSA-ISO 2020b)

2.3 INVENTAIRES DES ÉMISSIONS DE GES

J'ai réalisé l'inventaire des émissions de GES pour les opérations des sept écocentres de la RMR du Lac-Saint-Jean en 2021 dans le cadre du cours complémentaire *Gestion des gaz à effet de serre* (1ECC811). Puis, dans le cadre

du stage de la maîtrise en ressources renouvelables (1MRR827), j'ai réalisé l'inventaire des émissions de GES pour l'ensemble des opérations de la collecte et de la gestion des matières résiduelles sur le territoire du Lac-Saint-Jean pour l'année 2022. À titre d'information, le rapport complet de l'inventaire 2022 est joint à l'annexe 1. J'ai également réalisé l'inventaire des émissions de GES des activités de transport des matières résiduelles vers le réseau Réemploi+ entre le 1er juillet 2022 au 30 juin 2023. Les données et analyses utiles à l'évaluation des scénarios se retrouvent principalement dans les parties *Les écocentres* et *Lieu d'enfouissement technique* (LET) du rapport 2022 (Girard et Dessureault 2023), ainsi que dans l'inventaire des émissions des activités de transport de Réemploi+.

2.3.1 Conformité à ISO-14064-1

Les inventaires se veulent conformes à la norme ISO-14064-1:2018 (CAN/CSA-ISO 2020a) et la compilation des GES a été réalisée selon les principes directeurs du Greenhouse Gas Protocol GHG Corporate Accounting and Reporting Standard (WBCSD et WRI 2004), établi par le World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) et le World Resources Institute (WRI). Réalisés sur cette base, les inventaires devraient pouvoir être vérifiés en suivant la norme ISO 14064-3.

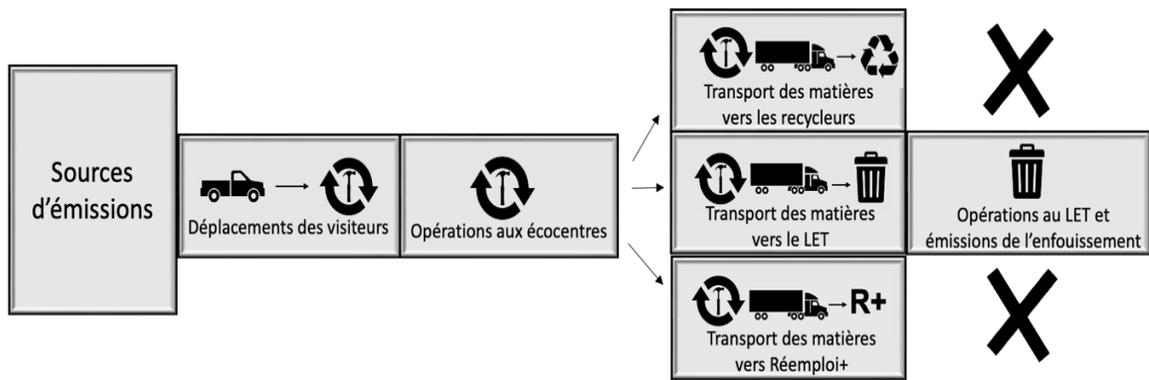
Les principes qui encadrent la gestion des données relatives aux GES sont :

- La transparence : divulguer des informations suffisantes et appropriées relatives aux GES afin de permettre aux utilisateurs cibles de prendre des décisions avec une confiance raisonnable;

- La pertinence : sélectionner les sources, puits et réservoirs de GES ainsi que les données et les méthodologies en fonction des besoins de l'utilisateur cible;
- L'exactitude : réduire les biais et les incertitudes dans la mesure du possible;
- La complétude : inclure toutes les émissions et suppressions de GES pertinentes;
- La cohérence : permettre des comparaisons significatives des informations relatives aux GES.

2.3.2 Périmètre

La figure 5 illustre le périmètre de notre étude. J'ai appliqué la même méthodologie pour les trois scénarios, c'est-à-dire que j'ai calculé les émissions en suivant le flux des matières à partir des utilisateurs des écocentres (visiteurs), en passant par les opérations de manutention et de tri des matières en écocentres, du transport des matières jusqu'aux clients qui en disposent (Recycleurs ou Réemploi+), en plus de prendre en compte les émissions des opérations au LET et les émissions de l'enfouissement des matières sur une période de 100 ans. Dans la figure 5, les « X » indiquent que je n'ai pas tenu compte des émissions des opérations des recycleurs et, par cohérence, des opérations de Réemploi+ (sauf pour le transport des matières des écocentres vers R+).



© Patrick Girard, 2023

Figure 5 Le périmètre des inventaires des émissions de GES

Selon la norme ISO 14064-1, les différentes sources d'émissions de GES ont été catégorisées principalement en trois portées.

Premièrement, les données pour la portée 1, c'est-à-dire les émissions directes de GES des activités sous le contrôle opérationnel de l'organisation. Voici les types de données collectées dans le cadre des inventaires :

- Sources fixes et mobiles de combustion de combustibles : les quantités combustibles consommées (essence, diesel, etc.) par les opérations de la machinerie ;
- Sources d'émissions fugitives : décomposition de déchets lors de l'enfouissement.

Deuxièmement, les données pour la portée 2, c'est-à-dire les émissions indirectes de GES dues à l'énergie importée, provenant donc de la production et consommation d'électricité. La plupart des écocentres n'ont pas de bâtiment ou occupent des locaux accessoires à leurs activités. Ainsi, la consommation d'électricité étant marginale et attribuée aux opérations adjacentes, comme le centre

de transfert pour Alma ou le centre de tri pour Roberval. Cependant, des émissions de consommation d'électricité ont été calculées pour les installations au LET.

Troisièmement, les données pour la portée 3, c'est-à-dire les émissions indirectes qui sont une conséquence des activités de l'organisation, mais qui ne sont pas sous le contrôle opérationnel de l'organisation. Voici les types de données collectées dans le cadre des inventaires :

- Sources de consommation de combustibles fossiles pour le transport des sous-traitants associés à la sortie des matières des écocentres vers les recycleurs, Réemploi+ ou le LET.
- Sources de consommation de combustibles fossiles pour le transport des employés entre la maison et le lieu du travail.
- Sources de consommation de combustibles fossiles pour le transport des visiteurs des écocentres entre leur domicile et l'écocentre utilisé.

2.3.3 Hors périmètre

J'avais également comme objectif de quantifier les émissions évitées par des solutions de prolongement de la durée de vie des matières dirigées vers le réemploi. La Base Empreinte® de l'Agence de la transition écologique (ADEME 2020) renferme des facteurs d'émissions « du berceau à la porte » pour une panoplie de produits et services achetés. La Base Empreinte® comptabilise les émissions liées à l'extraction des matières premières, l'approvisionnement, la mise en forme, l'assemblage et la distribution. À partir de facteurs génériques, j'ai construit un

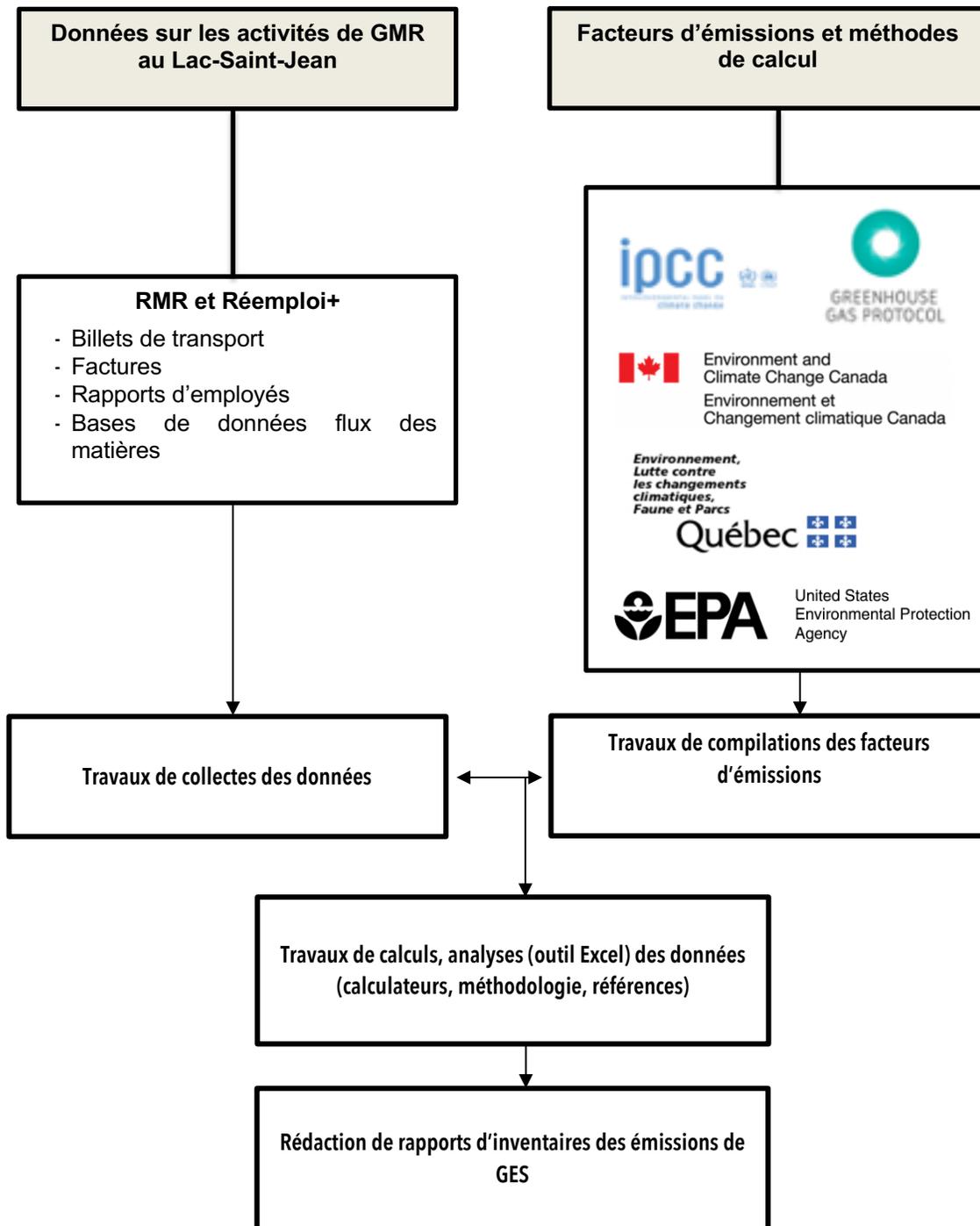
calculateur pour quantifier les émissions évitées par le réemploi des matières détournées de l'enfouissement.

Cependant, les travaux sur cette dimension seront exclus de l'évaluation de des trois scénarios d'émissions de GES. En effet, la méthodologie utilisée pour quantifier ces types d'émissions est inspirée de l'analyse de cycle de vie (ISO 14040) (CAN/CSA-ISO 2006a) et diffère de la méthodologie utilisée pour réaliser les inventaires selon la norme ISO 14064-1 (CAN/CSA-ISO 2020a). Cet objectif et les résultats liés seront donc consignés dans des sections distinctes (2.5 et 3.2).

2.3.4 Méthodologie de quantification des GES

La méthodologie utilisée pour réaliser les inventaires des émissions de GES respecte les spécifications et les lignes directrices de la norme ISO 14064-1. La méthodologie se résume en six étapes (Figure 6), soit :

1. L'identification des sources de GES
2. La sélection et le recueil des données d'activités GES
3. La sélection des méthodologies de quantification
4. La sélection ou la mise au point des facteurs d'émission de GES
5. Le calcul des émissions de GES
6. La déclaration GES



© Patrick Girard, 2023

Figure 6 Étapes d'un inventaire de GES et sources de collecte d'informations

La méthodologie de quantification utilisée pour la plupart des calculs de l'inventaire est fondée sur des données de sources générant des GES multipliées par les facteurs d'émissions de GES. La collecte de données de GES a été réalisée par la RMR et par Réemploi+ à partir de sources d'informations primaires et secondaires, principalement à partir de documents officiels tels que des billets de transport des matières, des factures ou des rapports d'activités provenant des opérations contrôlées ou de fournisseurs mandatés.

Les émissions de GES ont été calculées à l'aide du Guide de quantification des émissions de GES du Québec (MELCCFP 2022a) et du Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère (Gouvernement du Québec 2023c). Les facteurs d'émissions utilisés pour les calculs proviennent de sources gouvernementales (Tableau 2). Pour certains calculs, des facteurs de consommation moyenne de carburant sont utilisés (Tableau 3).

Tableau 2 Facteurs d'émissions (FE) associés aux équipements pour la manutention des matières et aux transports des matières

	FE CO₂	FE CH₄	FE N₂O	Unités	Sources
Systèmes de combustion mobiles					
Essence	2,307	1,40E-04	2,20E-05	kg l ⁻¹	(MELCCFP 2022a)
Diesel	2,681	1,10E-04	1,51E-04	kg l ⁻¹	(MELCCFP 2022a)
Systèmes de combustion fixes					
Diesel	2,663	1,13E-04	4,00E-04	kg l ⁻¹	(Gouvernement du Québec 2023c)
Électricité					
Hydro-Québec	0,002	0	0	Kg kWh ⁻¹	(MELCCFP 2022a)

Tableau 3 Facteurs de consommation de carburant

	Consommation	Unités	Sources
Déplacements			
Automobile (spectre de consommation entre 6 et 10l/100km)	0,080	l km ⁻¹	(Ressources naturelles Canada 2023)
Camion (spectre de consommation entre 11 et 15l/100km)	0,130	l km ⁻¹	(Ressources naturelles Canada 2023)
Camion de transport			
Camion poids lourds (remorque 53 pieds ou roll-off 10-12 roues) CHARGÉ	0,400	l km ⁻¹	(Transport Canada 2020)
Camion poids lourds (remorque 53 pieds ou roll-off 10-12 roues) VIDE	0,300	l km ⁻¹	(Transport Canada 2020)
Camion cube CHARGÉ	0,250	l km ⁻¹	(UHAUL 2023)
Camion cube VIDE	0,200	l km ⁻¹	(UHAUL 2023)

Les GES visés dans le cadre du protocole de Kyoto sont le CO₂, le CH₄, le N₂O, le SF₆, les PFC et les HFC. Chacun de ces gaz possède un potentiel de réchauffement global (PRG) distinct. Il s'agit de la capacité du gaz à retenir la chaleur dans l'atmosphère, en prenant comme référence le CO₂. Les PRG servent donc à rapporter les émissions de l'ensemble des GES à une même unité : le CO₂ équivalent (CO₂éq.). Les valeurs de PRG sont calculées par le GIEC et révisées lors de la publication de leur rapport d'évaluation. Les PRG du 5e rapport ont été utilisés (IPCC 2013) (Tableau 4).

Tableau 4 Potentiel de réchauffement global des principaux GES (IPCC 2013)

Gaz	PRG
Dioxyde de carbone (CO ₂)	1
Méthane (CH ₄)	28
Oxyde nitreux (N ₂ O)	265

Le tableau 5 présente les sources d'émissions et les données qui ont été considérées dans le cadre des démarches d'inventaires.

Tableau 5 Sources d'émissions et données d'activités considérées

Sources	Portée	Type de données	Qualité des données	Inclusion/Exclusion	Autres informations
Machinerie mobile en écocentres	1	Nombre d'heures d'utilisation	Réelles	Inclusion	Nombre de litres à partir d'une consommation moyenne par heure
Machinerie mobile au LET	1	Litres de diesel	Réelles	Inclusion	Nombre de litres
Torchère LET	1	Rapport de déclaration obligatoire	Réelles	Inclusion	Efficacité du système
Broyage en écocentres	1	Nombre d'heures d'utilisation	Réelles	Inclusion	Nombre de litres à partir d'une consommation moyenne par heure
Enfouissement des déchets	1	Rapport de déclaration obligatoire	Réelles	Inclusion	Émissions de l'année
		Tonnage enfoui	Estimées		Émissions sur 100 ans méthode DPO
Consommation d'électricité	2	Relevés de comptes	Réelles	Inclusion	Nombre de kilowattheures
Transport des matières	3	Nombre de voyages	Réelles	Inclusion	Consommation moyenne de carburant selon les distances estimées
		Distances parcourues			
Déplacements domicile-travail	3	Lieu de résidence et nombre de jours travaillés	Réelles	Inclusion	Consommation moyenne de carburant selon distances estimées
Déplacements visiteurs des écocentres	3	Nombre et provenance des visiteurs	Réelles	Inclusion	Consommation moyenne de carburant selon les distances estimées
Opérations et traitement des matières chez les recycleurs et chez Réemploi+	3	n/a	n/a	Exclusion	Hors périmètre et données non disponibles
Fuites de gaz réfrigérants	1	R134a	Estimées	Exclusion	Données non disponibles et marginales

Concernant les exclusions, pour les matières traitées en écocentres, la RMR transige avec une vingtaine d'entreprises expertes en recyclage des matières résiduelles, par exemple pour des métaux ou des électroménagers contenant un gaz réfrigérant (Tableau 5). Les émissions des opérations de ces recycleurs n'étant pas accessibles, elles ont été exclues du périmètre de l'étude. Par souci de cohérence pour mon étude, j'ai également exclu les émissions des opérations de Réemploi+. Cependant, les émissions du transport des matières du réseau des écocentres de la RMR vers les recycleurs et vers Réemploi+ ont été considérées, telles qu'illustrées à la figure 5. De cette façon, les périmètres de quantification des émissions de GES sont les mêmes pour le transport des matières vers les recycleurs et vers Réemploi+. Enfin, je n'avais pas de données sur la quantité de gaz réfrigérants utilisés (bâtiments et véhicules) et j'ai estimé que les émissions des fuites de ces gaz étaient de toute façon marginales de sorte qu'elles ont été exclues de mes calculs.

2.3.5 Méthodes de calcul des émissions attribuables aux systèmes de combustion mobiles

Le tableau 6 regroupe les principales informations ayant permis de calculer les émissions attribuables aux systèmes de combustion mobiles. Le nombre de litres consommés par la machinerie utilisée pour le tri et la manutention des matières dans les écocentres a été estimé à partir de données obtenues de la RMR sur le nombre d'heures d'utilisation des équipements. Une consommation horaire moyenne de la machinerie a été estimée à partir de données d'équipements similaires et de fiches techniques des constructeurs. Pour la machinerie utilisée au LET, la RMR a transmis le nombre de litres de diesel consommés par équipement.

Tableau 6 Sources d'émissions attribuables aux systèmes de combustion mobiles

Source	Type de données disponibles	Informations	Données d'activité utiles aux calculs
Machinerie mobile en écocentres	Nombre d'heures d'utilisation	Quantité estimée de litres consommés selon une consommation moyenne par heure	Nombre de litres consommés
Machinerie mobile au LET	Litres de diesel	Quantité de litres consommés	Nombre de litres consommés
Transport des matières – sorties des matières des écocentres	Nombre de voyages et distances parcourues	Distance parcourue multipliée par un facteur de consommation de carburant	Nombre de kilomètres parcourus
Déplacements domicile-travail des employés des écocentres et du LET	Nombre de jours travaillés et lieu de résidence	Distance parcourue multipliée par un facteur de consommation de carburant	Nombre de kilomètres parcourus
Déplacements des visiteurs des écocentres	Nombre et provenance des visiteurs	Distance parcourue multipliée par un facteur de consommation de carburant	Nombre de kilomètres parcourus

Concernant la disposition des matières traitées dans les écocentres vers les recycleurs, le LET ou Réemploi+, la RMR et Réemploi+ ont transmis des données (type de véhicule utilisé, nombre de voyages, distances entre les écocentres et les lieux de disposition, etc.) ayant permis d'estimer le nombre de kilomètres parcourus pour disposer des matières. Un facteur de consommation moyenne de carburant pour les différents véhicules utilisés a été pris en compte. Lorsque l'information était disponible, des facteurs de consommation moyenne de carburant différents ont été utilisés pour des transports « à chargement vide » versus « à chargement plein ». Cependant, pour le scénario 1 – qui est un scénario hypothétique dans lequel tout le tonnage traité en écocentres en 2022 est dirigé vers le LET –, pour calculer les émissions du transport des matières, j'ai considéré l'utilisation d'un camion-remorque 53 pieds (16,15 mètres) avec un chargement moyen de 30 tonnes de matières afin de déterminer le nombre de voyages nécessaires et donc la distance totale parcourue. Et j'ai utilisé le facteur de consommation de carburant inscrit au *Tableau 3*.

Pour les déplacements domicile-travail des employés des écocentres et du LET, la RMR a transmis les coordonnées du lieu de résidence et le nombre de jours de travail – en prenant soin d'exclure le nombre de jours en télétravail – pour chacun des employés. Un facteur de consommation moyenne pour une voiture de type intermédiaire (Toyota Camry) ou petit véhicule utilitaire (Ford Escape) a été utilisé (Withmore et Pineau 2024).

Enfin, pour les déplacements des visiteurs des écocentres de leurs lieux de résidence à l'écocentre, la RMR collecte l'information sur la municipalité de

provenance de chaque visiteur et ces informations m'ont été transmises. Considérant que les utilisateurs des écocentres transportent des résidus de CRD ou des matières qui n'entrent pas dans un bac roulant de déchets, j'ai considéré pour ces déplacements un facteur de consommation moyenne d'un camion léger de type F-150 (Ressources naturelles Canada 2023).

Pour effectuer les calculs d'émissions de GES en tonne équivalent CO₂ (t CO₂éq.), j'ai appliqué une méthode en deux étapes. D'abord, pour chacun des gaz (CO₂, CH₄ et N₂O) j'ai multiplié les données d'activités par le facteur d'émission. Ensuite, afin de convertir en tonne équivalent CO₂, j'ai multiplié chaque résultat de chaque gaz par son potentiel de réchauffement global (PRG) et divisé la somme des résultats par 1 000 (conversion de kg en t, car le facteur d'émission était en kg).

Équation 1 Émissions attribuables à l'utilisation d'équipements mobiles, par GES

**ECO₂ = quantité de combustibles i consommée x Facteur d'émission i
pour le CO₂**

**ECH₄ = quantité de combustibles i consommée x Facteur d'émission i
pour le CH₄**

**EN₂O = quantité de combustibles i consommée x Facteur d'émission i
pour le N₂O**

Où :

ECO₂ = émissions de CO₂ en kilogrammes

ECH₄ = émissions de CH₄ en kilogrammes

EN₂O = émissions de N₂O en kilogrammes

Quantité de combustibles i consommée = Litres de diesel ou d'essence consommés

*Facteur d'émission i = Facteur d'émission du carburant, selon le GES, kilogrammes
litres⁻¹*

Équation 2 Émissions attribuables à l'utilisation d'équipements mobiles, en tonne CO₂ équivalent

$$\text{Émissions mobiles en t CO}_2\text{éq.} = \frac{(\text{ECO}_2 \times \text{PRGCO}_2) + (\text{ECH}_4 \times \text{PRGCH}_4) + (\text{EN}_2\text{O} \times \text{PRGN}_2\text{O})}{1\ 000}$$

Où :

ECO₂ = émissions de CO₂ en kilogrammes

ECH₄ = émissions de CH₄ en kilogrammes

EN₂O = émissions de N₂O en kilogrammes

PRG = potentiel de réchauffement global, par gaz

1 000 = facteur de conversion de kilogrammes à tonnes

Lorsque les données disponibles sont en kilométrage parcouru, pour obtenir la quantité de carburant dans l'équation 1, il faut multiplier le nombre de kilomètres par le facteur de consommation moyenne de carburant du véhicule (l km⁻¹).

Équation 3 Calcul de la quantité de carburant à partir de kilométrage parcouru

$$\text{Quantité de combustibles } i \text{ consommée} = \text{Distance parcourue} \times \text{Facteur de consommation } v$$

Où :

Quantité de combustibles *i* consommée = litres de diesel ou d'essence consommés

Distance parcourue = nombre de kilomètres parcourus

Facteur de consommation *v* = moyenne de litres de carburant consommés, selon le type de véhicule utilisé, l km⁻¹

2.3.6 Méthodes de calcul des émissions attribuables aux systèmes de combustion fixes

Le tableau 7 regroupe les principales informations ayant permis de calculer les émissions attribuables aux systèmes de combustion fixes.

Tableau 7 Sources d'émissions attribuables aux systèmes de combustion fixes

Sources	Type de données disponibles	Informations	Donnée d'activité utile aux calculs
Machinerie fixe broyage du bois	Nombre d'heures d'utilisation	Quantité estimée de litres consommés selon une consommation moyenne par heure	Nombre de litres consommés
Torchère au LET	GES émis	Données provenant directement du rapport de déclaration obligatoire	Tonnes de CO ₂ , CH ₄ et de N ₂ O

Pour le broyeur, la RMR a transmis le nombre d'heures d'utilisation. La consommation moyenne de carburant à l'heure a été établie à 50 litres en fonction du type de broyeur utilisé (Vermeer 2021). Les équations 1 et 2 sont utilisées pour le calcul des émissions de combustion fixes.

Au lieu d'enfouissement technique (LET) d'Hébertville-Station, le méthane dans les gaz d'enfouissement est détruit (s'oxyde en CO₂) par torchage. Pour l'inventaire des émissions au LET de la RMR, j'ai repris les données du *Rapport de déclaration obligatoire* que la RMR doit produire annuellement – en vertu du Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère (Gouvernement du Québec 2023c) – et qui contient notamment les émissions

attribuables aux systèmes de combustion fixes de la torchère. Cependant, considérant qu'en 2022 le LET d'Hébertville-Station traitait les matières résiduelles de l'ensemble de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean, soit les matières provenant des trois MRC du Lac-Saint-Jean ainsi que celles de Ville Saguenay et de la MRC Le Fjord-du-Saguenay, j'ai considéré dans l'inventaire la proportion (39,1%) qui représente celle de la population des trois MRC du Lac-Saint-Jean et de la communauté de Mashteuiatsh (ISQ 2022), en référence au périmètre de l'étude.

2.3.7 Méthodes de calcul des émissions fugitives d'enfouissement des matières résiduelles pour une année donnée

Selon Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) (2023a), les émissions provenant de l'élimination des déchets au Canada sont estimées à l'aide de la méthode de décomposition de premier ordre (DPO) des *Lignes directrices 2006 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour les inventaires nationaux de GES* (GIEC 2006) avec les paramètres de *Révision 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (IPCC 2019).

Le modèle DPO utilisé pour estimer les émissions d'enfouissement considère que les déchets éliminés au cours d'une année donnée se décomposent sur plusieurs décennies à un taux initial élevé, qui diminue au fil du temps (ECCC 2023b). Même si la majorité du CH₄ et du CO₂ est émise durant les 20 années suivant l'enfouissement, les émissions peuvent se poursuivre pendant un siècle ou plus (Levelton 1991).

Dans un site d'enfouissement, plusieurs facteurs contribuent à la production de gaz. Un des facteurs les plus importants est la composition des déchets introduits dans le site d'enfouissement. Comme pour les habitudes des consommateurs et les pratiques de gestion des déchets, les types de déchets éliminés dans les sites d'enfouissement de déchets solides municipaux (DSM) évoluent. Un autre facteur important qui influe sur la production d'émissions de CH₄ dans un site d'enfouissement est la teneur en humidité. L'humidité est considérée comme un facteur limitant la production de CH₄ et est prise en compte en fonction de la région climatique (humide ou sèche) (ECCC 2023a). Le Québec est considéré comme « Boréal / tempéré humide » (ECCC 2023b). Bien qu'un certain nombre d'autres facteurs influent sur la production de CH₄ dans les sites d'enfouissement, comme le pH et la disponibilité des éléments nutritifs, ils ne sont pas représentés dans le modèle.

Les pratiques de captage, de torchage et d'utilisation des gaz d'enfouissement sont de plus en plus courantes dans les sites d'enfouissement au Canada. Le CH₄ des gaz de sites d'enfouissement captés par les installations est soustrait du total des gaz produits afin de déterminer la quantité rejetée annuellement par les déchets en décomposition. Une petite quantité (0,3 %) du CH₄ brûlé par torchage est incluse dans les estimations d'émissions liées aux déchets, alors que les émissions associées à l'utilisation des gaz de sites d'enfouissement sont déclarées dans le secteur de l'Énergie. Pour le site d'enfouissement à l'étude, c'est-à-dire celui situé à Hébertville-Station, la RMR brûle par torchage le CH₄ (ECCC 2023a).

La quantité de CH₄ qui demeure non captée et qui est émise par un site d'enfouissement à travers sa couverture est réduite davantage par l'oxydation d'une partie du CH₄ en CO₂ par des bactéries méthanotrophes présentes dans le matériau de couverture (ECCC 2023a).

Ainsi, le CH₄ produit dans un site d'enfouissement ne sera pas entièrement rejeté dans l'atmosphère. Pour déterminer la quantité de CH₄ rejetée, la quantité captée par une technologie de captage des gaz d'enfouissement ainsi que la quantité de la proportion de CH₄ oxydé dans les couvertures de sites d'enfouissement sont prises en compte (ECCC 2023a).

Selon Environnement et Changement climatique Canada (ECCC 2023b) il est difficile et coûteux de réaliser des études sur la caractérisation des déchets ayant une portée suffisante pour décrire la composition des déchets dans l'ensemble des régions du Canada. Par conséquent, elles ne sont pas réalisées souvent. Dans le cas de l'étude, je n'avais pas les données de cette caractérisation des déchets enfouis au site d'Hébertville-Station. Ainsi, ECCC propose l'équation ci-bas (ECCC 2023b) pour le calcul des émissions de CH₄ attribuables aux déchets enfouis lorsque la caractérisation par matière n'est pas possible.

Équation 4 Calcul des émissions attribuables à l'enfouissement

$$\text{CH}_4 \text{ émis}_T = (\text{CH}_4 \text{ produit}_T - R_T) \times (1 - \text{OX}) + \text{CH}_4 \text{ brûlé par torchage}_T \times (1 - \text{Eff}_{\text{tor}})$$

Où :

$\text{CH}_4 \text{ émis}_T$ = CH₄ émis par le LET pendant l'année T (en tonnes)

T = année d'inventaire

$\text{CH}_4 \text{ produit}_T$ = CH₄ produit par les déchets enfouis pendant l'année T (en tonnes)

R_T = CH₄ récupéré par le captage des gaz d'enfouissement pendant l'année T (en tonnes)

OX = facteur d'oxydation (fraction) (0,1 par défaut)

$\text{CH}_4 \text{ brûlé par torchage}_T$ = quantité de CH₄ brûlé par torchage pendant l'année T (en tonnes)

Eff_{tor} = efficacité du torchage (en fraction) (0,997 par défaut)

Pour la partie *Lieu d'enfouissement technique* du rapport d'inventaire des émissions de GES de la RMR pour l'année 2022, je n'avais pas toutes les informations pour appliquer cette équation. Cependant, j'ai repris les données du *Rapport de déclaration obligatoire* que la RMR doit produire annuellement - en vertu du Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère (Gouvernement du Québec 2023c). Ce rapport contient notamment les émissions attribuables à l'enfouissement des matières résiduelles, pour l'année 2022. Tout comme pour les émissions attribuables aux systèmes de combustion fixes de la torchère, j'ai considéré que la portion des émissions pour le territoire du Lac-Saint-Jean et de la communauté de Mashteuiatsh soit 39,1% des émissions totales.

2.3.8 Méthodes de calcul des émissions liées à la fourniture électrique

Concernant les émissions liées à la consommation d'électricité des bâtiments au LET, en raison du portefeuille énergétique du Québec, composées en grande partie d'hydroélectricité, ces émissions sont généralement très faibles. Le taux d'émission de CO₂ associé aux approvisionnements en électricité en 2022 était de 0,0017 kg CO₂éq./kWh (ECC 2023c). La RMR a fourni la consommation totale en kWh en 2022 et j'ai appliqué l'équation 5 dans notre calculateur.

Équation 5 Calcul des émissions de portée 2 liées à la consommation d'hydroélectricité

$$\underline{EÉHQ = \frac{HQ \text{ consommé} \times FEÉHQ}{1000}}$$

1000

Où :

EÉHQ = émissions de la consommation d'hydroélectricité (en t CO₂éq.)

HQ consommé = quantité d'hydroélectricité consommée (en kWh)

FEÉHQ = facteur d'émission de l'hydroélectricité au Québec (en kg/kWh)

1 000 = facteur de conversion de kilogrammes à tonnes

2.4 ESTIMATIONS DES ÉMISSIONS D'ENFOUISSEMENT SUR 100 ANS

Pour estimer les émissions sur 100 ans d'une tonne de matières résiduelles enfouie en 2022, j'ai utilisé le modèle DPO Landfill Gas Emissions Generation Model (LandGEM) conçu par l'U.S. EPA (Alexander *et al.* 2020). Avec une réaction de premier ordre, le volume du produit est toujours proportionnel au volume de la matière réactive. Seule compte la masse totale de matière en décomposition, actuellement sur le site. Ceci signifie également que lorsqu'on connaît le volume de matière en décomposition dans le LET en début d'année, chaque année peut être

considérée comme l'année n° 1 dans la méthode d'estimation (GIEC 2006). J'ai inscrit le tonnage total enfoui au LET d'Hébertville-Station en 2022, information provenant de la RMR, avec les paramètres par défaut dans la version la plus récente de LandGEM (v3.03) (MELCCFP 2022a). Puis, j'ai additionné les émissions de CH₄ et de CO₂ générées par LandGEM pour la période de 2022 à 2122. En tenant notamment compte du potentiel de réchauffement global (PRG) de chacun des gaz, j'ai converti ces sommes en tonnes équivalent CO₂ émises pour une tonne de déchet enfouie.

Les facteurs par défaut de LandGEM ont été utilisés pour les calculs. Il s'agit des paramètres pour un site d'enfouissement conventionnel dans lequel des déchets mélangés provenant des secteurs résidentiel, commercial et de l'industrie de la construction sont enfouis. La constante du taux de décomposition (k) représente la vitesse à laquelle le CH₄ est produit lors de la réaction de DPO après que les déchets ont été enfouis. La valeur de k peut varier, entre autres, en fonction de la teneur en humidité, la disponibilité des éléments nutritifs, la température et le pH. Les constantes du taux de décomposition indiquées dans les *Lignes directrices 2006 du GIEC* pour les zones climatiques boréales tempérées humides et sèches sont utilisées (GIEC 2006). La constante k par défaut de la version LandGEM utilisée est 0,05. La capacité potentielle de production de méthane (Lo) décrit la quantité de méthane potentiellement produite par une tonne de déchets lors de sa décomposition. LandGEM définit Lo sur une valeur par défaut de 170 m³/t pour représenter un site d'enfouissement conventionnel. Concernant la fraction de CH₄ par décomposition anaérobie dans le site d'enfouissement, par volume, le GIEC

recommande d'utiliser pour toutes les périodes et les régions la valeur par défaut de 0,5 (GIEC 2006). C'est cette valeur par défaut qu'utilise LandGEM.

L'équation, les facteurs par défaut ainsi que les données générées par LandGEM sont présentés à l'annexe 2.

2.5 INVENTAIRES DES ÉMISSIONS ÉVITÉES PAR DES SOLUTIONS DE PROLONGEMENT DE LA DURÉE DE VIE DES MATIÈRES ET OBJETS

J'ai créé un calculateur Excel spécifique pour estimer les émissions de GES évitées par le réemploi de matières et objets détournés du réseau des écocentres de la RMR vers les clients des quincailleries R+. Pour ce faire, j'ai utilisé la Base Empreinte® de l'Agence de transition écologique (ADEME 2020). Cet outil en ligne renferme des facteurs d'émissions « du berceau à la porte » pour une panoplie de produits et services achetés et il comptabilise les émissions de GES liées à l'extraction des matières premières, à l'approvisionnement, à la mise en forme (procédé industriel), à l'assemblage (fabrication) et à la distribution (transport). Il s'agit d'une méthodologie inspirée de l'analyse de cycle de vie (ACV) qui permet d'évaluer l'ensemble des impacts environnementaux d'un produit et d'un processus tout au long de son cycle de vie (ISO 2006).

Considérant l'utilisation d'une méthodologie de quantification distincte pour ces inventaires – l'approche ACV –, les résultats n'ont pas été considérés dans l'évaluation des trois scénarios de sorte qu'ils seront présentés distinctement dans la section 3.3.

3 RÉSULTATS

3.1 ÉVALUER L'IMPACT DU RÉEMPLOI DES MATIÈRES SUR LES ÉMISSIONS DE GES DES OPÉRATIONS DE LA RMR

3.1.1 Émissions totales des 3 scénarios à l'étude

Le tableau 8 présente de manière générale les émissions totales des trois scénarios. Ces résultats sont détaillés aux sous-sections suivantes.

Tableau 8 Résultats des trois scénarios à l'étude

Émissions en t CO₂éq.	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
<i>Transport visiteurs écocentres</i>	847	847	847
<i>Opérations aux écocentres</i>	192	192	192
<i>Transport matières vers LET</i>	53	-	-
<i>Transport matières vers LET et vers Recycleurs</i>	-	195	195
<i>Opérations au LET</i>	612	612	612
<i>Émissions de l'enfouissement</i>	88 757	47 485	47 485
<i>Émissions évitées du transport vers LET et vers Recycleurs</i>	-	-	-2
<i>Émissions évitées de l'enfouissement</i>	-	-	-487
<i>Transport matières vers Réemploi+</i>	-	-	11
Émissions totales (t CO₂éq.)	90 461	49 331	48 853

3.1.2 Résultats du scénario 1 : 100% du tonnage des écocentres au LET

Dans le scénario 1, j'ai voulu estimer les émissions de GES dans le cas où aucune alternative autre que l'élimination des matières réceptionnées dans le réseau des écocentres s'offrirait à la RMR – donc aucune matière recueillie par les écocentres n'est dirigée vers les recycleurs et aucune matière n'est dirigée vers le réemploi. Ce scénario est illustré à la figure 7.

Scénario 1 : 100% du tonnage des écocentres au LET				
Sources d'émissions	 Déplacements des visiteurs	 Opérations aux écocentres	 Transport des matières vers le LET	 Opérations au LET et émissions de l'enfouissement
Émissions de GES (tCO ₂ éq.)	847	192	53	89 369

© Patrick Girard, 2023

Figure 7 Flux des matières pour le scénario 1

En 2022, la RMR a accueilli 173 287 visiteurs (Girard et Dessureault 2023) dans son réseau d'écocentres au Lac-Saint-Jean et leurs déplacements aller-retour de leur domicile à l'écocentre – émissions attribuables aux systèmes de combustion mobiles – ont généré 847 t CO₂éq. Les émissions des opérations aux écocentres ont été de 192 t CO₂éq. Il s'agit principalement d'émissions attribuables aux systèmes de combustion mobiles de la machinerie pour le tri et la manutention des matières, mais aussi aux systèmes de combustion fixes pour le broyage du bois. Ces deux résultats seront également utiles pour évaluer les scénarios 2 et 3.

Dans le scénario 1 où tout le tonnage des matières réceptionnées en 2022 aux écocentres aurait être dirigé vers le LET, les émissions attribuables aux systèmes

de combustion mobiles pour le transport des 25 532 tonnes sont estimées à 53 t CO₂éq.

J'ai estimé les émissions de l'enfouissement sur une période de 100 ans d'une tonne enfouie avec la méthode DPO et les paramètres par défaut dans LandGEM à 3,5 t CO₂éq. Ainsi, dans le scénario 1 j'ai estimé que tout le tonnage (25 532 t) enfoui au LET générera 88 757 t CO₂éq. Il faut ajouter les émissions des opérations aux LET (612 tCO₂éq.) pour obtenir un total de 89 369 t CO₂éq. pour les émissions attribuables au LET (opérations et enfouissement). Ainsi, le scénario 1 émettrait 90 461 t CO₂éq.

3.1.3 Résultats du scénario 2 : fonctionnement 2022 des écocentres sans Réemploi+

Dans le scénario 2, j'ai estimé les émissions de GES des opérations des écocentres en 2022 en suivant le flux des matières jusqu'à leur disposition auprès des recycleurs ou à l'élimination au LET. Comme pour le scénario 1, j'ai considéré les émissions attribuables aux systèmes de combustion mobiles pour les déplacements des utilisateurs (visiteurs) des écocentres (847 tCO₂éq.) ainsi que pour l'utilisation de la machinerie dans les opérations des écocentres (192 t CO₂éq.). Ce scénario est illustré à la figure 8.

Sources d'émissions	 Déplacements des visiteurs	 Opérations aux écocentres	 Transport des matières vers les recycleurs	 Transport des matières vers le LET	 Opérations au LET et émissions de l'enf.
Émissions de GES (tCO ₂ éq.)	847	192	195		48 097

© Patrick Girard, 2023

Figure 8 Flux des matières pour le scénario 2

Des 25 532 tonnes de matières traitées dans les écocentres en 2022, 13 660 tonnes (53,5%) ont été transportées vers le LET pour soit servir de matériaux de recouvrement ou être simplement enfouies et 11 872 tonnes (46,5%) ont été transportées vers un recycleur.

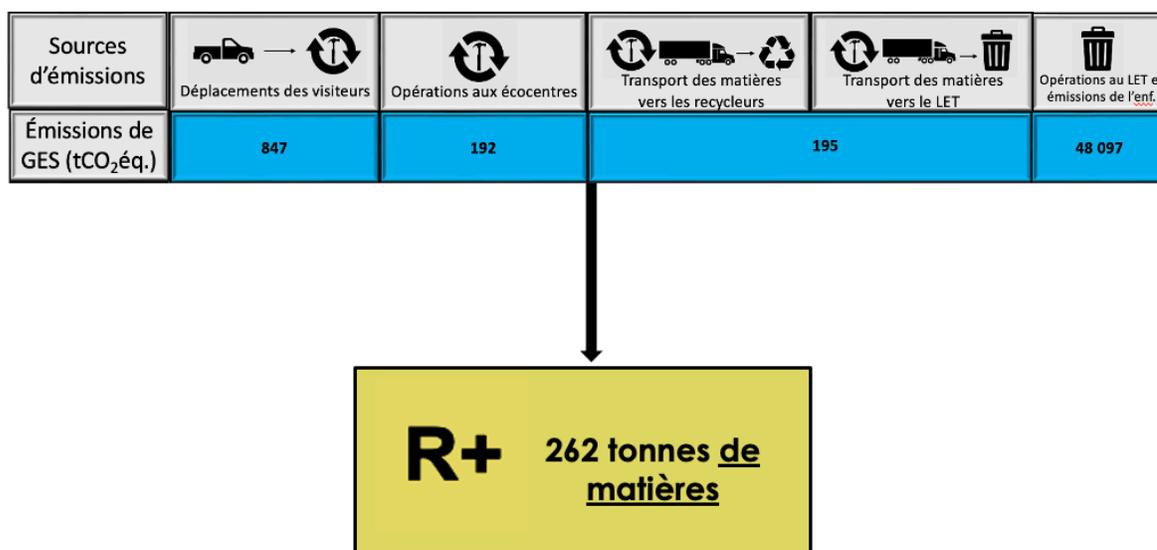
Les émissions attribuables aux systèmes de combustion mobiles des transporteurs pour les sorties des matières sont estimées à 195 t CO₂éq. pour l'année 2022. Tel qu'illustré à la figure 5, le périmètre à l'étude ne prend pas en considération les émissions des opérations des recycleurs.

Pour les opérations du LET en 2022, les émissions sont estimées à 612 t CO₂éq. et sont principalement attribuables aux systèmes de combustion mobiles de la machinerie utilisée sur le site. Concernant les émissions de l'enfouissement, pour les 13 660 tonnes dirigées vers le LET elles sont estimées à 47 485 t CO₂éq. sur une période de 100 ans.

Le scénario 2, qui est le scénario de référence qui permettra d'évaluer l'impact du réemploi des matières sur les émissions de GES des opérations des écocentres de la RMR, a émis un total de 49 331 t CO₂éq. (Tableau 8).

3.1.4 Résultats du scénario 3 : fonctionnement 2022 des écocentres avec Réemploi+

Dans le scénario 3 (Figure 9 et Figure 10), j'ai estimé les émissions de GES des opérations des écocentres en 2022 en suivant le flux des matières jusqu'à leur disposition auprès des recycleurs ou à l'élimination, mais cette fois en considérant le détournement de matières vers Réemploi+. Sur une période de 12 mois, soit du 1er juillet 2022 au 30 juin 2023, Réemploi+ a opéré son écosystème de réemploi principalement autour de sa quincaillerie située à Alma. Au total, ce sont 262 tonnes de matières qui ont été détournées des écocentres afin de leur donner une seconde vie auprès des clients des quincailleries R+.

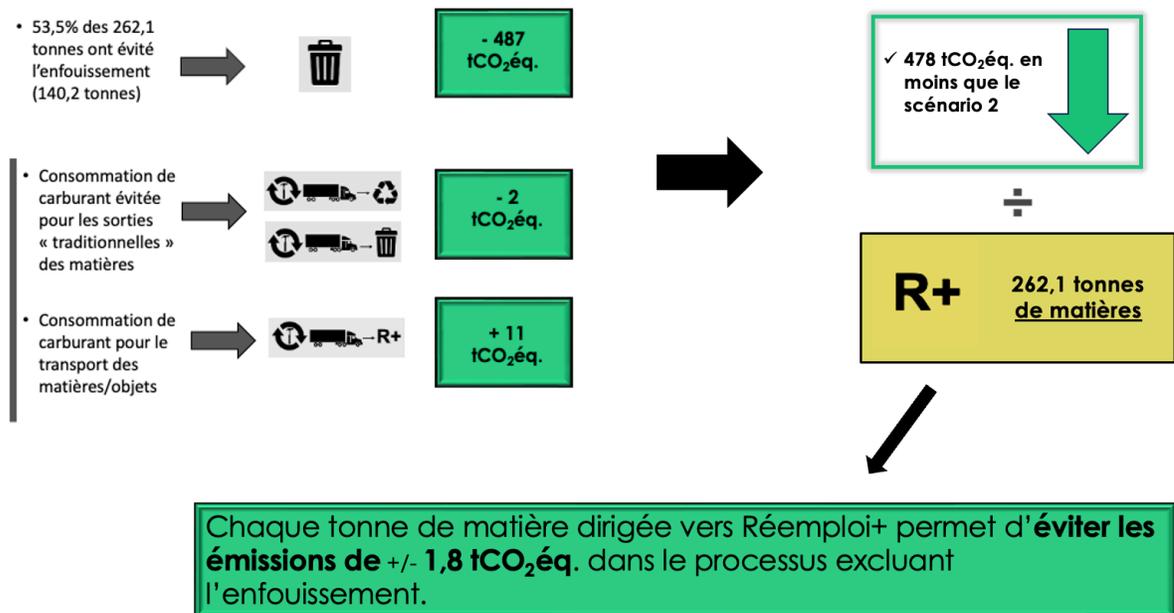


© Patrick Girard, 2023

Figure 9: Tonnage de matières détourné du réseau des écocentres de la RMR vers Réemploi+

Pour évaluer l'impact sur les émissions de GES des opérations des écocentres, Réemploi+ a fourni les données sur le transport des matières vers ses entrepôts ou ses magasins opérés durant cette période. Réemploi+ a également

fourni des données sur le type et les quantités de matières ou objets vendus, mais ces informations seront utilisées pour les résultats concernant les émissions évitées par des solutions de prolongement de leurs durées de vie, résultats présentés à la section 3.2 du présent mémoire.



© Patrick Girard, 2023

Figure 10 L'impact du réemploi sur les émissions de GES des écocentres

Donc, dans le scénario 3 Réemploi+ extrait des écocentres 262 tonnes de matières. En fonction du scénario de référence (scénario 2), 53,5% de ce tonnage, soit 140 tonnes, ont évité l'enfouissement (487 t CO₂éq. évitées). Des émissions attribuables aux systèmes de combustion mobiles des transporteurs pour les sorties de matières ont été évitées (2 t CO₂éq.) pour les 262 tonnes de matières qui n'ont pas eu besoin de se faire transporter selon le fonctionnement du scénario de référence (référence scénario 2). Cependant, les émissions attribuables aux systèmes de combustion mobiles des transporteurs vers Réemploi+ ont émis

11 t CO₂éq. Devoir manutentionner et transporter avec précaution les matières et objets pour conserver leur potentiel de réemploi offre une partie de l'explication de l'écart entre 2 t CO₂éq. et 11 t CO₂éq. pour le même tonnage. De plus, approvisionner un magasin du réemploi pose des défis opérationnels différents que d'expédier des matières vers l'enfouissement.

Ainsi, en faisant l'addition des émissions évitées et celles émises par le transport des matières et objets vers Réemploi+, pour 262 tonnes de matières, le scénario 3 révèle des émissions évitées estimées de 478 t CO₂éq. En divisant 478 t CO₂éq. par 262 tonnes de matières et objets, on obtient le résultat que chaque tonne détournée du réseau des écocentres vers Réemploi+ permet d'éviter les émissions de 1,8 t CO₂éq. dans le processus, en excluant l'enfouissement.

3.2 ÉMISSIONS ÉVITÉES PAR DES SOLUTIONS DE PROLONGEMENT DE LA DURÉE DE VIE DES MATIÈRES ET OBJETS DIRIGÉS VERS LE RÉEMPLOI

La Base Empreinte® est la base de données publique et générique de facteurs d'émissions et de jeux de données d'inventaire nécessaires à la réalisation d'exercices de comptabilité carbone et de calculs d'empreinte environnementale. Elle est administrée par l'Agence de la transition écologique (ADEME 2020), mais sa gouvernance est multi-acteurs et les contributions sont ouvertes.

Avec la Base Empreinte®, j'ai été en mesure de trouver un facteur d'émission pour près de 60% des articles vendus à la quincaillerie R+ (68 466 articles sur les 115 869 articles vendus) pour la période à l'étude dans la catégorie *Émissions indirectes associées aux produits achetés/Achats de matières et de biens*. Les

facteurs d'émissions sont proposés soit en kg CO₂.éq/unité ou kg CO₂.éq/kg de sorte que j'ai parfois dû estimer à l'aide de références la matière ou l'objet vendu en fonction de son poids en kilogramme (ADEME 2020).

J'ai estimé que le prolongement de la durée de vie de 68 466 matières et objets vendus par Réemploi+ durant la période étudiée a permis d'éviter les émissions de 482 t CO₂éq. Avec respectivement 32% et 27% des unités vendues sur une période de 12 mois, les catégories *Matériaux* (bois, contre-plaqué, porte, couvre-plancher, etc.) et *Quincaillerie* (ferronnerie de construction, support et ancrage, etc.) sont les plus prisées par les clients de Réemploi+. Les rayons des *Quincailleries R+* offrent également ces catégories d'articles : *Plomberie, Décoration, Outil et électronique, Peinture et Saisonnier*.

4 DISCUSSION

4.1 DÉTERMINER DES PISTES DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GES

J'avais comme deuxième objectif de l'étude de déterminer des pistes de réduction de GES basées sur les résultats des inventaires et des solutions de prolongement de la durée de vie des matières et objets dirigés vers Réemploi+.

Considérant que l'enfouissement des matières émet principalement du méthane (CH_4), un puissant GES dont le potentiel de réchauffement est 28 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone (CO_2) sur 100 ans (IPCC 2013), et que les émissions peuvent se poursuivre pendant un siècle ou plus (Levelton 1991), toute initiative permettant de réduire l'enfouissement de matières résiduelles doit être considérée par la RMR comme une piste de réduction des émissions de GES. Les calculs effectués avec la méthode DPO et les paramètres par défaut de LandGEM révèlent d'ailleurs que chaque tonne de matières résiduelles enfouie émettra 3,5 tonnes de CO_2 équivalent sur 100 ans.

La RMR évalue l'opportunité d'investir dans une usine de gaz naturel renouvelable (GNR) au LET et selon le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP 2022a) lorsque la valorisation des biogaz est prévue au lieu du brûlage à la torchère, les réductions d'émissions de GES que le projet engendre peuvent être quantifiées et pourraient permettre de réduire les émissions d'utilisateurs externes au projet qui remplaceraient des combustibles fossiles par le GNR.

L'évaluation du scénario 3 démontre également que le réemploi de matières et objets est une piste de réduction d'émissions de GES pour la RMR. J'ai estimé que chaque tonne détournée vers Réemploi+ permet d'éviter environ 1,8 tonne de CO₂ équivalent.

Une gestion efficace des flottes de véhicules, l'optimisation des itinéraires de collectes de matières résiduelles et l'adoption d'un code de conduite écoresponsable sont des mesures qui pourraient contribuer à réduire les émissions de GES. L'électrification d'une partie des transports des matières pourrait également représenter pour la RMR une opportunité de plus en plus accessible puisque les offres sur le marché se développent. Dans l'État du Minnesota, Nuss Truck & Equipment est reconnu pour son expertise en véhicules électriques et assiste les clients qui achètent le véhicule à ordures Mack LR Electric (Heavy Duty Trucking Bobit 2023a). D'ailleurs Mack commercialise également un camion électrique en mesure de tirer une remorque de 53 pieds (Heavy Duty Trucking Bobit 2023b) telle qu'utilisée pour le transport de certaines matières de la RMR. Au Québec, Lion Électrique commercialise aussi des camions de classe 5 à 8 avec des capacités de charge et d'autonomie variables (Lion Électrique 2023). Location Brossard, une entreprise de location de véhicules lourds située à Dorval, offre en location 5 camions électriques Freightliner eCascadia de classe 8 (La Presse 2023). Depuis quelques mois, un partenaire de la RMR, le Groupe Coderr, teste d'ailleurs une benne à ordures 100% électrique qui pourrait permettre de réduire de 80% les coûts d'énergie (Le Journal de Québec inc. 2023). Le très faible niveau d'émissions de

l'électricité au Québec permettrait des gains substantiels dans la réduction des émissions de GES des opérations de la RMR.

L'utilisation d'équipements (machinerie) offrant les meilleurs rendements énergétiques, voire l'électrification de certains équipements, pourrait également être étudiée. Par exemple, au LET le compacteur à déchets consomme une grande quantité de diesel.

4.2 L'INCERTITUDE DANS LA MESURE D'ÉMISSIONS DE GES

S'il existe des appareils et techniques permettant de mesurer directement dans l'air les émissions de GES, cette approche n'est évidemment pas viable pour mesurer rapidement et efficacement les émissions induites par les activités des entreprises. Afin d'inciter les organisations à réduire leurs émissions, des standards de calcul sont proposés afin de rendre plus accessible l'estimation de la quantité de GES qu'elles émettent (GIEC 2006). C'est ainsi que sont nées les différentes méthodologies d'établissement de bilan de GES.

L'inventaire des émissions de GES d'une entreprise est le résultat de différentes collectes de données, elles-mêmes mesurées, et d'opérations (multiplications, sommes, extrapolations, etc.) faites sur ces données. Par sa nature même, le calcul des émissions de GES est une estimation qui comporte donc une part d'incertitude (WBCSD et WRI 2004).

Les raisons de l'incertitude portée par les données d'activité et les facteurs d'émissions sont multiples :

- Manque d'exhaustivité : la quantité de données sources influe sur la précision.
- Manque de fiabilité : la qualité de la mesure ou le niveau d'estimation.
- Manque de représentativité temporelle : la « fraîcheur » des données dont la dernière mise à jour peut dater.
- Manque de représentativité géographique : la correspondance d'une donnée utilisée pour estimer la réalité du terrain.

Lors de la réalisation d'un inventaire des émissions de GES, l'incertitude se situe principalement à deux endroits : au niveau des données d'activité récoltées et au niveau des facteurs d'émissions (FE) choisis. Les incertitudes sont alors reliées aux biais systémiques, par exemple, dues à l'absence de données. Comme la valeur exacte est inconnue, il existe systématiquement un biais relié à l'estimation (WBCSD et WRI 2004).

Ainsi, le calcul des émissions de GES repose sur des analyses de données qui amènent différents niveaux d'incertitudes, le résultat final des émissions totales de GES émises porte donc également un niveau d'incertitude. On parle dans ce cas d'agrégation de l'incertitude. C'est pourquoi il est également important de toujours considérer un inventaire des émissions de GES comme un ordre de grandeur et non comme une valeur exacte.

Un classement ordonné semi-quantitatif des incertitudes est proposé par le GHG Protocol (WBCSD et WRI 2004). Bien que subjectives, ce sont des valeurs typiques que j'ai utilisées pour l'inventaire des émissions des opérations des écocentres de la RMR :

- Niveau faible d'incertitude +/- 5%
- Niveau moyen d'incertitude +/- 15%
- Niveau élevé d'incertitude +/- 30%

Il est aussi possible d'estimer une incertitude globale en utilisant l'équation 7 (Pipatti *et al.* 2006):

Équation 6 Calcul de l'incertitude globale

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 * x_1)^2 + (U_2 * x_2)^2 + \dots + (U_n * x_n)^2}}{x_1 + x_2 + \dots + x_n}$$

Où :

U_{total} =	Incertitude totale (en %)
x_i =	Émissions de GES (tCO ₂ éq) découlant du paramètre
U_i =	Incertitude associée à la quantité x_i

Lorsque l'élément présente plus d'une incertitude, l'incertitude la plus élevée est utilisée pour l'estimation. Par exemple, les émissions de GES découlant de la consommation de carburant ont été quantifiées en multipliant les données de consommation, présentant une incertitude de 15%, par le facteur d'émission du carburant correspondant, ayant une incertitude de 5%. Ainsi, l'incertitude de 15% a été utilisée pour le calcul de l'incertitude associée à ces émissions de GES.

4.3 L'INCERTITUDE DES CALCULS PERTINENTS À NOTRE ÉTUDE

Dans le cadre de mes travaux, j'ai calculé l'incertitude globale pour l'inventaire des émissions des opérations de la collecte et de la gestion des matières résiduelles au Lac-Saint-Jean en 2022 (réf. voir Annexe 1). Cependant, ce sont les données d'inventaire des émissions de GES des opérations des écocentres qui ont été utiles

à l'étude et l'incertitude pour ces calculs est estimée à +/- 15%. Cette incertitude concerne les calculs des émissions de GES pour les déplacements des utilisateurs des écocentres et des employés de la RMR, pour l'utilisation de la machinerie aux écocentres et au LET ainsi que pour le transport des matières. En revanche, pour les calculs concernant les émissions de l'enfouissement, j'en discute au point suivant.

4.3.1 L'incertitude des résultats d'émissions de l'enfouissement

Les modèles DPO constituent la méthode privilégiée pour estimer les émissions de GES des sites d'enfouissement, principalement la production de CH₄ (MELCCFP 2022a). Le Canada se sert de ce modèle pour établir les estimations qui figurent dans le Rapport d'inventaire national (RIN 1990-2021) (ECCC 2023a). Selon le GIEC, la méthode DPO est un simple modèle appartenant à un système complexe et l'incertitude découle des sources suivantes (Pipatti *et al.* 2006) :

- La décomposition de composés de carbone en CH₄ implique une série de réactions chimiques complexes et les vitesses de réaction varieront en fonction des conditions du LET (humidité, variations locales dans les populations de bactéries) ;
- Les conditions telles que la température, l'humidité, la composition et le compactage des déchets varient considérablement même à l'intérieur d'un même LET, encore plus entre les différents LET au Canada ;
- L'utilisation de la méthode DPO ajoute une incertitude associée aux taux de décomposition et aux volumes historiques de déchets enfouis.

Dans le RIN 1990-2021, ECCC estime le niveau d'incertitude associé aux émissions de CH₄ provenant de l'enfouissement des déchets à +/-76% en fonction des valeurs par défaut disponibles dans les *Lignes directrices 2006 du GIEC* (GIEC 2006). Cependant, le GIEC avance qu'il est fort probable que la principale source d'incertitude réside, non pas dans la méthodologie du modèle, mais plutôt dans la sélection de valeurs pour les paramètres du modèle (Pipatti *et al.* 2006). Par exemple, la constante du taux de décomposition (paramètre k dans LandGEM) et la capacité potentielle de production de méthane (paramètre Lo dans LandGEM) peuvent varier en fonction de la caractérisation des matières enfouies. Environnement et Changement Climatique Canada (RIN 1990-2021), conformément aux *Lignes directrices 2006 du GIEC*, propose une équation pour calculer le CH₄ émis par les sites d'enfouissement et cette équation s'appuie notamment sur une caractérisation des types de déchets enfouis. Malgré cette caractérisation des déchets enfouis, ECCC indique qu'il est difficile et coûteux de réaliser des études sur la caractérisation des déchets ayant une portée suffisante pour décrire la composition des déchets enfouis dans l'ensemble du Canada (ECCC 2023b). Le niveau de détail et la classification des matières semblent varier selon les études de caractérisation, notamment en fonction des régions. Ainsi, dans le RIN 1990-2021 Partie 2, ECCC note un manque d'uniformité dans les caractérisations utilisées, puisqu'un type de déchets est parfois caractérisé séparément dans une étude, mais pas dans les suivantes (ECCC 2023b). En revanche, il est également mentionné que les possibilités d'obtenir des données améliorées sur les quantités et les types de déchets enfouis sont actuellement à l'étude et pourraient être incorporées

directement dans le modèle sur les déchets ou utilisées pour vérifier les estimations actuelles.

Pour la présente étude, je n'avais pas d'information concernant la caractérisation des déchets enfouis au LET de la RMR à Hébertville-Station de sorte que, comme indiqué précédemment dans la section *Matériel et méthodes*, j'ai utilisé les paramètres par défaut de LandGEM pour un site d'enfouissement conventionnel traitant des déchets mélangés. De plus, le *Guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre* (MELCCFP 2022a) n'indique pas de valeurs de constantes k et Lo à utiliser pour le Québec. Faute d'avoir des instructions précises pour le Québec, l'utilisation des facteurs par défaut de LandGEM est justifiée.

4.3.2 Carbone organique dégradable qui se décompose

Selon le guide d'utilisation de LandGEM (Alexander *et al.* 2020), l'EPA a déterminé que les valeurs appropriées pour Lo vont de 56,6 à 198,2 m³ par tonne métrique (U.S EPA 1995). Sauf dans les climats secs où le manque d'humidité peut limiter la production de méthane, la valeur de Lo dépend presque entièrement du type de déchets présents dans la décharge. Plus la teneur en matières organiques des déchets est élevée, plus la valeur de Lo est élevée. Dans le cadre de notre étude, environ la moitié des déchets provenant des écocentres est considérée comme inerte. C'est le cas par exemple du verre, des métaux, de l'asphalte, le béton ou les plastiques. Cependant, l'autre moitié – composée principalement de bois et dans une moindre mesure de carton, de feuilles, de branches – a une teneur en matières organiques. Considérant que les matières provenant des écocentres qui

se retrouvent à l'enfouissement sont mélangées avec d'autres matières, notamment des matières organiques, et considérant que je tente d'estimer les émissions d'enfouissement sur 100 ans et que, dans ce contexte, les conditions de décomposition de même que les connaissances sur l'utilisation des paramètres peuvent évoluer, l'utilisation des paramètres par défaut de LandGEM pour mes calculs des émissions d'enfouissement sur 100 ans est une solution valable.

Il est cependant à propos de mentionner qu'à la suite de la mise à jour de paramètres de matières servant au modèle de DPO pour l'estimation des émissions d'enfouissement, ECCC a procédé à des recalculs dans son RIN 1990-2021 :

Les recalculs ont entraîné une diminution des émissions pour toutes les années, à divers degrés selon les régions et au fil du temps – le changement réel dépend de la composition des matériaux et de l'historique du dépôt des déchets. En général, les estimations d'émissions attribuables aux sites d'enfouissement de déchets solides municipaux ont diminué de 3,5 Mt (18 %) en 1990, de 4,7 Mt (21 %) en 2005 et de 5,0 Mt (23 %) en 2020. (ECCC RIN 1990-2021 Partie 1, 2023, p. 239)

4.3.3 L'impact du captage du méthane

Le captage des gaz d'enfouissement dans les sites d'enfouissement est de plus en plus populaire au Canada et obligatoire au Québec (Gouvernement du Québec 2023d). L'équation utilisée par le GIEC et par ECCC pour calculer la quantité de CH₄ émise par les sites d'enfouissement soustrait la quantité (en tonnes) de CH₄ récupérée par le captage des gaz d'enfouissement. Dans le cadre de mon étude, je n'avais pas l'information sur la quantité de CH₄ récupérée par la torchère installée au LET d'Hébertville-Station et j'ai utilisé les paramètres par défaut dans LandGEM pour calculer les émissions d'enfouissement sur 100 ans. Dans ce

contexte, mes calculs ne prennent pas en considération le méthane récupéré et brûlé à la torche.

Au Chapitre 3 du Volume 5 des Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de GES (Pipatti *et al.* 2006), il est question du rendement de récupération des torchères :

Lorsque la récupération de CH₄ est estimée sur la base du nombre de LET, l'estimation par défaut du rendement de l'opération de récupération serait de 20%. Ce chiffre est avancé en raison des nombreuses incertitudes entourant l'utilisation de cette méthodologie. L'on dispose de quelques calculs de rendements dans certains projets de récupération de gaz et les chiffres varient entre 10 et 85%. (Oonk et Boom 1995) ont mesuré les rendements dans des sites d'enfouissement fermés et non étanches et ont conclu à des chiffres entre 10 et 80%, la moyenne sur 11 décharges étant de 37%. Plus récemment (Scharff *et al.* 2003) ont mesuré les rendements de quatre sites d'enfouissement à 9%, 50%, 55% et 33%. (Spokas *et al.* 2006) et (Diot *et al.* 2001) ont mesuré le rendement à plus de 90%. En général, des taux élevés de récupération peuvent être liés aux sites fermés, avec des effluents gazeux moindres, un système de récupération bien conçu et fonctionnel et des couvertures plus épaisses et moins perméables. Les faibles rendements sont souvent relevés dans les sites dont de grandes parties sont encore en exploitation et ayant des couvertures temporaires de sable. Des valeurs propres au pays peuvent être utilisées, mais il faut de grands efforts de recherche pour apprécier l'impact des paramètres suivants sur la récupération : type de couvert, pourcentage de sites couverts par des projets de récupération, présence d'un revêtement, statut 'ouvert' ou 'fermé' du site d'enfouissement et bien d'autres facteurs. (Pipatti *et al.*, 2006, p. 20-21)

Dans le Rapport d'inventaire québécois 1990-2020 (MELCCFP 2022c), il est mentionné que la baisse de 28% des émissions du secteur des matières résiduelles résulterait principalement du captage des biogaz dans plusieurs sites d'enfouissement municipaux.

Selon ces informations, est-ce qu'il aurait été prudent de considérer une réduction de 20% à 30% des émissions de méthane dans les calculs des émissions

d'enfouissement sur 100 ans ? À titre d'exemple, en faisant l'hypothèse que les installations de torchage des gaz d'enfouissement au LET d'Hébertville-Station permettent de réduire de 25% les émissions de méthane, les résultats du scénario 3 auraient été que chaque tonne détournée du réseau des écocentres vers Réemploi+ permet d'éviter les émissions non pas de 1,8 t CO₂éq. dans le processus en excluant l'enfouissement, mais plutôt de 1,4 t CO₂éq.

4.4 LA PERSPECTIVE DES ORGANISMES PARTENAIRES ET LES RÉSULTATS EXCLUANT L'ENFOUISSEMENT

La RMR et Réemploi+ visent à détourner chaque année 1 500 tonnes de matières du réseau des écocentres vers le marché du réemploi. À partir des résultats obtenus dans le cadre de l'étude, ils peuvent ainsi espérer réduire chaque année d'environ 2 700 t CO₂éq. les émissions des opérations des écocentres. De plus, la RMR souhaitait atteindre la carboneutralité de ses opérations en écocentres grâce à ce partenariat avec Réemploi+. En isolant seulement les émissions de GES des opérations en écocentres (192 t CO₂éq.) et le transport pour la sortie des matières vers les recycleurs ou le LET (195 t CO₂éq.) dans du scénario de référence (scénario 2), il faudrait que la RMR détourne 215 tonnes de matières par année vers Réemploi+ pour atteindre cet objectif.

J'obtiens ces estimations en m'appuyant sur les résultats issus du scénario 3, c'est-à-dire que chaque tonne détournée du réseau des écocentres vers Réemploi+ permet d'éviter les émissions de 1,8 t CO₂éq. dans le processus, en excluant l'enfouissement. Je ne suis pas en mesure de prévoir la durée de vie utile des

matières ou objets réutilisés par les clients de Réemploi+. Une planche de bois réutilisé pour construire une galerie pourrait, par exemple, avoir une durée de vie utile d'environ 10 années ? Une pelle de jardinage pourrait, quant à elle, être utile encore 5 ou 6 ans ? Les paramètres et les données aux fins du calcul des émissions d'enfouissement vont-ils évoluer au cours des prochaines années ? Ces incertitudes devraient être gardées en mémoire lorsque viendra le temps de communiquer les résultats, de manière à relativiser l'affirmation de carboneutralité associée au réemploi des matières.

CONCLUSION

J'ai évalué 3 scénarios d'émissions de GES pour les écocentres de la RMR du Lac-Saint-Jean. Un premier scénario hypothétique a permis d'estimer les émissions de GES des opérations des écocentres avec tout le tonnage traité dirigé vers l'enfouissement. Un deuxième scénario – le scénario de référence – a permis d'estimer les émissions de GES des opérations des écocentres telles qu'elles étaient en 2022, sans Réemploi+. Et un troisième scénario a permis d'estimer les émissions de GES des opérations des écocentres avec Réemploi+. Les résultats valident l'hypothèse que le scénario 1 est celui qui émet le plus de GES, suivi du scénario 2 et du scénario 3. Donc, favoriser le réemploi des matières des écocentres permet de réduire les émissions de GES des opérations des écocentres de la RMR. En effet, chaque tonne détournée du réseau des écocentres vers Réemploi+ permet d'éviter les émissions de 1,8 t CO₂éq. dans le processus, en évitant l'enfouissement. Cette quantité pourrait être moins élevée si on considérait le torchage du méthane au LET d'Hébertville-Station dont l'efficacité n'est pas connue.

À partir de méthodes généralement utilisées, j'ai obtenu des résultats valides. Cependant, il existe des incertitudes et pour certaines données l'incertitude est élevée. D'une part, la recherche dans le secteur des émissions de GES et, plus spécifiquement, dans le secteur de la gestion des matières résiduelles devrait continuer et les outils pourraient être peaufinés. Peu de données existent sur les émissions des opérations de manutention et de transport des matières résiduelles. Les données sur les quantités et les types de matières traitées dans les différents sites de traitement doivent être améliorées (ECCC 2023b). D'autre part, très peu de

connaissances existent sur les impacts du réemploi de matières résiduelles comme moyen de réduction de l'élimination et des émissions de GES.

Les organismes partenaires ont généreusement partagé des données permettant d'estimer les émissions de GES de certaines activités utiles à l'étude. Toutefois, certaines informations et données manquantes, concernant notamment la caractérisation des matières enfouies et le torchage des gaz au LET, représentent des limites. L'enjeu de la lutte contre les changements climatiques pose le défi d'obtenir un engagement de tous les acteurs dans l'atteinte d'une neutralité carbone à l'échelle mondiale. Parmi les actions à entreprendre, il est impératif de connaître son bilan carbone pour pouvoir agir sur la réduction de ses émissions et, plus largement, contribuer à l'atteinte de la neutralité carbone mondiale. Dans cet esprit, plus tôt que tard, adopter des pratiques permettant de collecter des informations stratégiques et des données utiles améliorera la précision des inventaires d'émissions de GES. Ainsi, en générant davantage de connaissances, l'intérêt pour des projets de réduction des émissions de GES risque d'augmenter et le mouvement vers la neutralité carbone mondiale s'accélérer. Et ce mouvement ne pourra prendre forme sans la contribution et la collaboration de tous les acteurs, à l'échelle locale des organisations, comme à l'échelle des nations.

LISTE DE RÉFÉRENCES

Agence de la transition écologique (ADEME). 2020 (mis à jour le 11 janvier 2022). Base Empreinte. Consulté le Septembre 2023, <https://base-empreinte.ademe.fr>

Alexander A, Burklin C et Singleton A. 2020. Landfill gas emissions model (LANDGEM) version 3.03 User's Guide. U.S. Environmental Protection Agency.

Blunden J et Boyer T. 2022. State of the Climate in 2021. Bulletin of the American Meteorological Society, 103.

Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE). 2022. Les faits saillants - Rapport d'enquête et d'audience publique #364. L'état des lieux et la gestion des résidus ultimes. Janvier 2022. p. 696.

CAN/CSA-ISO. 2006a. CAN/CSA-ISO 14040-06 (c2016). Management environnemental - analyse du cycle de vie - principes et cadre (norme ISO 14040:2006 adoptée, deuxième édition, 2006-07-01). Canadian Standards Association and International Organization for Standardization, Canada.

CAN/CSA-ISO. 2006b. CAN/CSA-ISO 14044-06 (c2016). Management environnemental - analyse du cycle de vie - exigences et lignes directrices (norme ISO 14044:2006 adoptée, première édition, 2006-07-01). Canadian Standards Association and International Organization for Standardization, Canada.

CAN/CSA-ISO. 2020a. CAN/CSA-ISO 14064-1:20. Gaz à effet de serre - partie 1: Spécifications et lignes directrices, au niveau des organismes, pour la quantification et la déclaration des émissions et des suppressions des gaz à effet de serre (ISO 14064- 1:2018, IDT).

CAN/CSA-ISO. 2020b. CAN/CSA-ISO 14064-2:20. Gaz à effet de serre - partie 2: Spécifications et lignes directrices, au niveau des projets, pour la quantification, la surveillance et la déclaration des réductions d'émissions ou d'accroissements de suppressions des gaz à effet de serre (ISO 14064-2:2019, IDT).

Cherubini F, Bargigli S et Ulgiati S. 2009. Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration. Energy, 34 : 2116-2123.

Diot M, Bogner J, Chanton J, Guerbois M, Hébé I, Moreau-le-Golvan Y, Spokas K et Tregourès A. 2001. LFG mass balance: a key to optimize LFG recovery, in Processings of the eighth international waste management and landfill symposium Sardinia 2001, S. Margherita di Pula (Cagliari, Italia), October 1-5, 2001.

Environnement et Changement climatique Canada. 2022. Rapport d'inventaire national: sources et puits de gaz à effet de serre au Canada. Sommaire 2022.

Environnement et Changement climatique Canada. 2023a. Rapport d'inventaire national 1990-2021: Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada. Partie 1. 296 p.

Environnement et Changement climatique Canada. 2023b. Rapport d'inventaire national 1990-2021: Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada. Partie 2. 372 p.

Environnement et Changement climatique Canada. 2023c. Rapport d'inventaire national 1990-2021: Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada. Partie 3. 83 p.

Environnement et Changement climatique Canada. 2023d. Rapport d'inventaire national 1990-2021: sources et puits de gaz à effet de serre au Canada. Sommaire., 17 p.

Faubert P, Bouchard S, Morin Chassé Rm, Côté Hln, Dessureault P-L et Villeneuve C. 2020. Achieving Carbon Neutrality for A Future Large Greenhouse Gas Emitter in Quebec, Canada: A Case Study. Atmosphere, 11 : 810.

Friedlingstein P, O'Sullivan M, Jones M, Andrew R, Gregor L, Hauck J, Le Quéré C, Lujikx I, Olsen A, Peters G et al. 2022. Global Carbon Budget 2022. 22 p.

Girard P et Dessureault P-L. 2023. Rapport d'inventaire des émissions de GES. Régie des matières résiduelles Lac-Saint-Jean. 49 p.

Gouvernement du Québec. 2019. Politique québécoise de gestion des matières résiduelles. Plan d'action 2019-2024. Gouvernement du Québec.
<https://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/pgmr/index.htm> 21 p.

Gouvernement du Québec. 2023a. Engagement du Québec pour le climat.
<https://www.quebec.ca/gouvernement/politiques-orientations/plan-economie-verte/actions-lutter-contre-changements-climatiques/comprendre-changements-climatiques/engagements-quebec#:~:text=C'est%20pourquoi%20le%20gouvernement,pour%20une%20%C3%A9conomie%20verte%202030.>

Gouvernement du Québec. 2023b. Loi sur la qualité de l'environnement (LQE). p. 178.

Gouvernement du Québec. 2023c. Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère (RLRQ CQ-2, R15).
<https://www.canlii.org/fr/qc/legis/regl/rlrq-c-q-2-r-15/derniere/rlrq-c-q-2-r-15.html>

Gouvernement du Québec. 2023d. Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles (q-2 r.19). Article 32.

<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/q-2,%20r.%2019>.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Programme du GIEC pour les inventaires nationaux de GES.

Heavy Duty Trucking Bobit. 2023a. Truckinginfo Nuss Truck becomes certified EV dealer,. Consulté le 28 septembre 2022,

https://www.truckinginfo.com/10182102/nuss-truck-becomes-certified-ev-dealer?utm_source=website&utm_medium=contentoffers&utm_campaign=080823

Heavy Duty Trucking Bobit. 2023b. Truckinginfo Mack begins taking MD electric truck orders. [https://www.truckinginfo.com/10201531/mack-begins-taking-md-electric-truck-](https://www.truckinginfo.com/10201531/mack-begins-taking-md-electric-truck-orders#:~:text=Mack%20Trucks%20is%20now%20taking,is%20now%20available%20for%20order.&text=Mack%20designed%20the%20MD%20Electric,model%20sibling%2C%20the%20company%20said)

[orders#:~:text=Mack%20Trucks%20is%20now%20taking,is%20now%20available%20for%20order.&text=Mack%20designed%20the%20MD%20Electric,model%20sibling%2C%20the%20company%20said](https://www.truckinginfo.com/10201531/mack-begins-taking-md-electric-truck-orders#:~:text=Mack%20Trucks%20is%20now%20taking,is%20now%20available%20for%20order.&text=Mack%20designed%20the%20MD%20Electric,model%20sibling%2C%20the%20company%20said).

Höhne N, den Elzen M, Rogelj J, Metz B, Fransen T, Kuramochi T, Olhoff A, Alcamo J, Winkler H, Fu S, Schaeffer M, Schaeffer R, Peters GP, Maxwell S et NK. D. 2020. Emissions: World has four times the work or one-third of the time. Nature 579:25-28.

Institut de la statistique du Québec. 2022. Panorama des régions du Québec. Éditions 2022, 264 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. Good practice guidance and Uncertainty management greenhouse gas inventories.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Groupe I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernment Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2021. Climate change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the IPCC. p. 2409.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2022. Climate change 2022, Mitigation of Climate Change. Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel On Climate Change.

International Organization for Standardization. 2006. ISO 14066. Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Exigences et lignes directrices, Organisation international de normalisation. 24 p.

La Presse. 2023. Premiers poids lourds électriques chez Location Brossard. Consulté le 9 octobre 2023, <https://www.lapresse.ca/affaires/pme/2023-10-09/univers-pme/premiers-poids-lourds-electriques-chez-location-brossard.php>

Le Journal de Québec inc. 2023. Un camion avec une benne à ordures 100% électrique en essai. Consulté le 4 février 2023, <https://www.journaldequebec.com/2023/02/04/un-camion-avec-une-benne-a-ordures-100--electrique-en-essai-1>

Levelton & Associates Ltd. 1991. Inventory of methane emissions form landfills in Canada. Rapport préparé pour H. El Rayes, Environnement Canada. 173 p.

Lion Électrique. 2023. Spécifications techniques camions classe 5 à 8. Consulté le 23 décembre 2023, <https://thelionelectric.com/documents/fr/LionTruck-SpecSheet-202305-SCREEN-FRQC.pdf>

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). 2021a. Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2019 et leur évolution depuis 1990. Gouvernement du Québec, Québec, Qc, Canada.

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). 2021b. Données d'élimination des matières résiduelles au Québec. Gouvernement du Québec.

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). 2022a. Guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre. 114 p.

Ministère de l'environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). 2022b. Guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre. p. 114.

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). 2022c. GES 1990-2020 Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en 2020 et leur évolution depuis 1990. Québec, 56 p.

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). 2023. GES 1990-2021. Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2021 et leur évolution depuis 1990. Québec, 60 p.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2011. Politique québécoise de la gestion des matières résiduelles. 34 p.

Oonk H et Boom T. 1995. Landfill gas formation, recovery and emissions, TNO-report R95-203, TNO. Appeldoorn, The Netherlands.

Organisation météorologique mondiale (OMM). 2022. Aggravation des impacts du changement climatique dans le contexte des huit années les plus chaudes jamais enregistrées. Consulté le 6 novembre 2022, <https://public.wmo.int/fr/medias/communiqu%C3%A9s-de-presse/aggravation-des-impacts-du-changement-climatique-dans-le-contexte-des>

Pipatti R, Svardal P, Alves J, Gao Q, López Cabrera C, Mareckova K, Oonk H, Scheehle E, Sharman C, Smith A et Yamada M. 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de GES. Volume 5 Déchets. Chapitre 3 Élimination des déchets solides., 44 p.

Programme des Nations Unies pour le développement (UNEP). 2022. Rapport 2022 sur l'écart entre les besoins et les perspectives en matière de réduction des émissions. Une fenêtre d'opportunité se referme – la crise climatique exige une transformation rapide des sociétés – Résumé exécutif. Nairobi.

Radio-Canada. (mis à jour le 28 janvier 2021). Québec vise à réduire de moitié les déchets enfouis d'ici 5 ans. Consulté le 2 octobre 2023, <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1766475/plan-reduction-enfouissement-dechets-quebec>

Réemploi+. 2021a. Plan d'affaires sommaire. Alma, 16 p.

Réemploi+. 2021b. Communiqué de presse. Alma, 10 novembre : Vers le développement d'une économie circulaire et durable!

Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean (RMR). 2022. Données sur les opérations des écocentres en 2022.

Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean (RMR). 2023. Projet de plan conjoint de gestion des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean 2024-2031. 196 p.

Ressources naturelles Canada. 2023. Guide de consommation de carburant 2023. 45 p.

Scharff H, Martha A, van Rijn DMM, Hensen A, v. d. Bulk WCM, Flechard C, Oonk H, Vroon R, de Visscher A et Boeckx P. 2003. A comparison of measurement methods to determine landfill methane emissions, report bu Afvalzorg Deponie B.V., Haarlem, the Netherlands.

Spokas K, Bogner J, Chanton J, Morcet M, Aran C, Graff C, Moreau-le-Golvan Y et Hebe I. 2006. Methane mass balance a three landfill sites: What is the efficiency of capture by gas collection systems? *Waste Management*, 26:516-525.

Transport Canada. 2014 (mis à jour le 25 septembre 2020). Camions porteurs, tracteurs semi-remorques et fourgons à marchandise. Consulté le 20 novembre 2023, <https://tc.canada.ca/fr/services-generaux/politiques/annuel-2014-camions-porteurs-tracteurs-semi-remorques-fourgons-marchandise>

UHAUL. 2023. Location de camion de déménagement de 20 pieds. Consulté le 20 décembre 2023, <https://fr.uhaul.com/Truck-Rentals/20ft-Moving-Truck/#:~:text=Litres%20par%20100%20km%20%3A%2023,ou%2010%20mi%2Fgal%20É>

UNEP. 2023. Emissions Gap Report 2023: Broken Record - Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again). Nairobi, United Nations Environment Programme. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/43922>; <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2023>. 108 p.

United Nations Environment Programme. 2022. Emissions Gap Report 2022: The Closing Window — Climate crisis calls for rapid transformation of societies. Nairobi.

United Nations Environment Programme (UNEP). 2017. The emissions gap report 2017. Nairobi, Kenya, p. 92.

United Nations Environment Programme (UNEP). 2021. Emission gap report 2021. Nairobi, Kenya, p. 112.

United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). 1995. Émissions atmosphériques provenant des sites d'enfouissement des déchets solides municipaux - Renseignements généraux sur les normes et les lignes directrices.

Vermeer. 2021. HG6000TX Spec Sheet. Consulté le 20 décembre 2023, <https://www.vermeer.com/getmedia/2ed7cc3a-d5b0-4b00-b2cf-3a4d38242955/hg6000tx-horizontal-grinder-spec-sheet?ext=.pdf>

Villeneuve C, Grégoire V, Dessureault P-L et Villeneuve C. 2008. La réduction à la source. Quelle source ? Chaire éco-conseil de l'Université du Québec à Chicoutimi. http://ecoconseil.uqac.ca/wp-content/uploads/2021/05/REDUCTION_SOURCE_QUELSOURCE_CHAIRE_ECO.pdf.

Withmore J et Pineau P-O. 2024. État de l'énergie au Québec en 2024, Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC Montréal, préparé pour le gouvernement du Québec. 69 p.

World Business Council for Sustainable Development and World resources institute. 2004. The greenhouse gas protocol. A corporate accounting and reporting standard (revised edition). 116 p.

ANNEXE 1 RAPPORT D'INVENTAIRE RMR 2022

**RAPPORT D'INVENTAIRE DES ÉMISSIONS DE GES DES OPÉRATIONS DE
COLLECTES ET DE GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES
AU LAC-SAIN-JEAN EN 2022**

© Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean, 2023 (Reproduit avec autorisation)

Note aux lecteurs

Le contenu du rapport a été reproduit tel quel. Cependant, par souci de cohérence avec le mémoire, le format et la mise en page ont été modifiés (figure, tableau, marges, etc.).



PRÉAMBULE

Afin d'éviter que la planète se réchauffe au-delà de 1,5 °C, le GIEC estime qu'il faut limiter à 350 parties par million (ppm) la concentration de CO₂ dans l'atmosphère (IPCC 2022). En 2022, cette concentration a atteint, en moyenne, 417.2 ppm (Friedlingstein *et al.* 2022). Un tel niveau n'avait pas été atteint depuis au moins 800 000 ans (Blunden et Boyer 2022).

L'organisation météorologique mondiale indique que la planète s'est réchauffée de 1,15 °C depuis l'ère préindustrielle (OMM 2022). Les engagements des gouvernements pris jusqu'à présent dans leurs plans nationaux en faveur du climat laissent présager une hausse des températures de 2,8 °C d'ici la fin du siècle et sont donc loin de permettre l'atteinte de l'objectif de l'Accord de Paris, qui est de limiter le réchauffement de la planète bien en dessous de 2°C, de préférence à 1,5°C (UNEP 2022).

Le rapport du groupe 3 du GIEC étudie les scénarios de réduction des GES pour limiter les changements climatiques, autrement dit, les moyens d'action (IPCC 2022). Parmi les solutions : changer nos habitudes et adopter un mode de vie plus sobre pour réduire nos émissions de 40% à 70% d'ici 2050; opérer une transition entre les énergies fossiles et les énergies de sources renouvelables et à faible émission de GES tout en développant les puits de carbone, tant technologiques que naturels; adopter de nouvelles réglementations fortes en faveur du climat tant au chapitre des politiques que des finances.

Il peut être intimidant pour quiconque de prendre conscience des défis à relever pour lutter contre les changements climatiques. Mais l'inaction risque de nous figer dans la peur. C'est pourquoi des initiatives sont menées partout dans le monde pour lutter contre les changements climatiques. Tous les acteurs ont un rôle à jouer pour engager et accélérer cette transformation, notamment en levant les obstacles susceptibles de ralentir les progrès. Séparément, aucune des différentes mesures n'entraînera sans doute de changement suffisamment significatif, mais ensemble, elles peuvent susciter un changement systémique de plus grande envergure et plus durable (UNEP 2022).

En voulant savoir la quantité de GES qu'émettent ses activités, la Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean (RMR) fait le choix de développer davantage de connaissances et crée des conditions favorables pour agir en faveur d'une économie plus sobre en carbone.

SOMMAIRE

La Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean (RMR) est un organisme intermunicipal qui gère les matières résiduelles des 36 municipalités du Lac-Saint-Jean et de la communauté de Mashteuiatsh. La RMR est responsable de la collecte des matières résiduelles ainsi que des opérations des sites où elles sont acheminées. Elle compte parmi ses installations : deux lieux d'enfouissement technique (LET), trois centres de transfert, un centre de tri, près d'une dizaine d'écocentres, un site de traitement des boues usées et deux sites de traitement des matières compostables. La RMR, c'est près de 30M\$ de volume d'affaires, 110 emplois directs et autant indirects. La présente démarche vise à réaliser l'inventaire des émissions de GES des activités de collecte et de gestion des matières résiduelles sur tout le territoire du Lac-Saint-Jean pour la période du 1^{er} janvier 2022 au 31 décembre 2022.

Les émissions de vingt-et-une (21) installations ou services ont été inventoriées. Ci-bas, une illustration du périmètre organisationnel du présent inventaire. Les couleurs regroupent les installations/services en neuf (9) domaines d'activités.

Installations et services

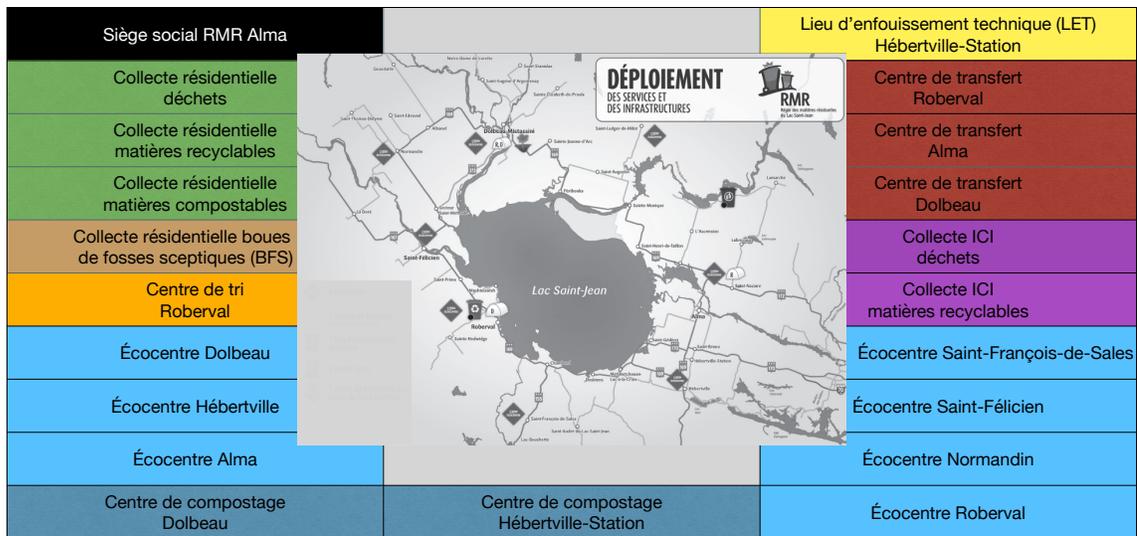


Figure I – Périmètre organisationnel

Le présent rapport se veut conforme à la norme ISO-14064-1:2018 et la compilation des gaz à effet de serre a été réalisée selon les principes directeurs du *Greenhouse Gas Protocol GHG Corporate Accounting and Reporting Standard* (2015), établi par le *World Business Council for Sustainable Development* et le *World Resources Institute*.

Catégories d'émissions

Portée 1 - Directes - Contrôlées	- Émissions directement rejetées par vos installations ou étant sous votre contrôle opérationnel (consommation de combustibles fossiles pour le transport ou par vos équipements).	 
Portée 2 - Indirectes - Énergies	- Attribuables à la consommation d'énergie produite par un tiers, mais consommée dans le cadre de vos opérations (consommation d'électricité, de chaleur, de chaleur importée, de froid et d'air comprimé).	 
Portée 3 - Indirectes - Non-contrôlées	- Les autres émissions indirectes, soit celles qui sont une conséquence de vos activités, mais qui proviennent de sources appartenant et/ou contrôlées par une tiers partie.	 

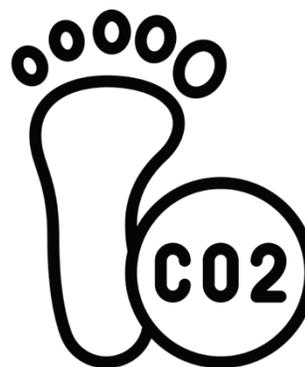
Figure II – Catégories d'émissions de GES

Tableau I – Émissions totales de GES en 2022 par catégorie d'émissions

Catégories d'émissions	Total par portée tCO ₂ éq.
Portée 1 - Émissions directes pour lesquelles la RMR exerce un contrôle opérationnel - transport de matières, manutention de matières, broyage du bois, équipements, etc.	9 132,81
Portée 2 - Émissions de GES de l'énergie indirecte - consommation d'hydroélectricité	5,29
Portée 3 - Autres émissions indirectes résultantes des activités, mais qui proviennent de sources qui sont sous le contrôle opérationnel d'individus ou d'autres organisations - collectes résidentielles et commerciales, déplacements des employés vers le lieu de travail	4 883,96
Émissions totales	14 022,06

Tableau II – Émissions de GES par domaine d'activités

Domaines d'activités	t CO ₂ éq.
Siège social	33,89
LET	8 769,50
Centres de compostage	85,58
Centre de tri	255,85
Centres de transfert	263,26
Écocentres	1 234,70
Collectes résidentielles	2 325,91
Collectes ICI	850,65
Collecte BFS	202,73



Parmi les domaines, c'est *LET* qui a émis le plus de GES (62,5% des émissions totales), suivi par *Collectes résidentielles* – bacs de déchets, de matières recyclables et de matières compostables – (16,6%) et *Écocentres* (8,8%).

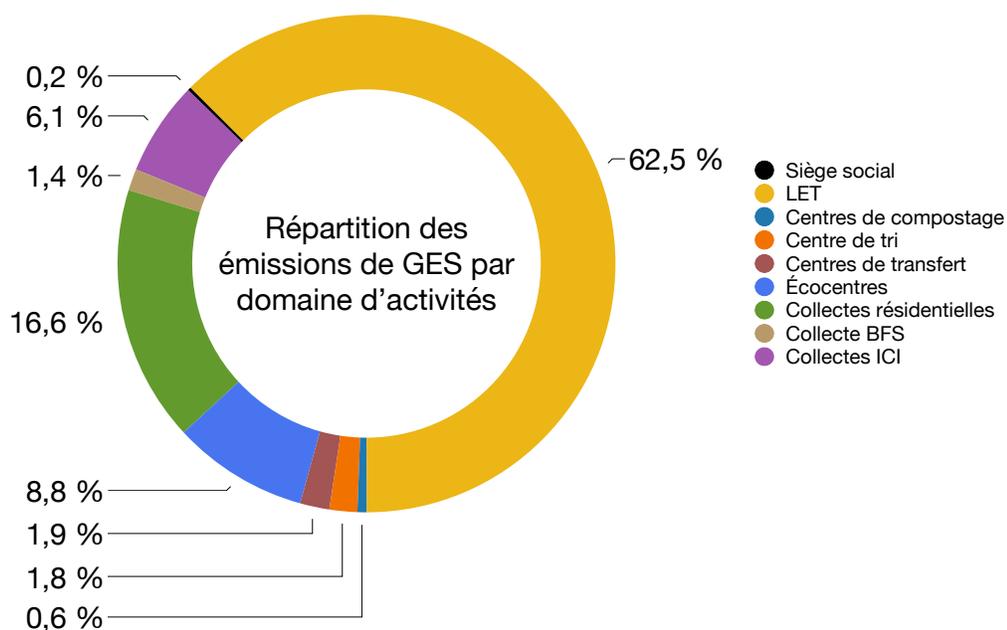


Figure III – Répartition (%) des émissions de GES par domaine d'activités

Introduction

La présente démarche vise à réaliser l'inventaire des émissions de GES des activités de collecte et de gestion des matières résiduelles sur tout le territoire du Lac-Saint-Jean pour la période du 1^{er} janvier 2022 au 31 décembre 2022. À l'exception des résidus de construction, rénovation et démolition du secteur commercial et industriel, toutes les autres activités font l'objet de cet inventaire.

C'est la Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean (RMR) qui a la responsabilité de la gestion des matières résiduelles des 36 municipalités du Lac-Saint-Jean et de la communauté de Mashteuiatsh. Les données et informations ayant permis de réaliser l'inventaire des émissions de GES des activités de gestion des matières résiduelles (GMR) au Lac-Saint-Jean proviennent donc de la RMR, à l'exception des données de collectes auprès des industries, commerces et institutions (ICI) qui proviennent d'un partenaire de la RMR.

Présentation du client, de ses installations et services

La RMR c'est près de 30M\$ de volume d'affaires, 110 emplois directs et autant indirects. Elle compte parmi ses installations : deux lieux d'enfouissement technique, trois centres de transfert, un centre de tri, près d'une dizaine d'écocentres, un site de traitement des boues usées et deux sites de traitement des matières compostables. Ce qui en fait l'une des seules régies à posséder l'ensemble des infrastructures et du gisement des matières résiduelles au Québec. Ce modèle crée ainsi des conditions favorables au développement de projets de valorisation des matières et fait de cette organisation un joueur clé dans l'économie jeannoise. Le *Plan de gestion des matières résiduelles* (PGMR) de la RMR vise à n'éliminer que les matières pour lesquelles il n'existe pas de moyen de les valoriser. Ainsi le principe reconnu des 3RV-E est une mesure de performance pour la RMR.

La RMR mandate des entreprises de transport pour les collectes du secteur résidentiel et les matières sont acheminées dans des installations sous le contrôle opérationnel de la RMR. Concernant les collectes de déchets et de matières recyclables du secteur des institutions, commerces et industries (ICI), la RMR n'a pas d'implication, mais gère les matières acheminées dans ses installations (LET et centre de tri). Pour les résidus de construction, rénovation et démolition (CRD), les citoyens du Lac-Saint-Jean peuvent disposer de ce type de résidus en les transportant vers un des écocentres de la RMR. Cependant, les CRD générés par le secteur des ICI n'entrent pas dans l'écosystème de la RMR et les activités liées sont donc exclues de cet inventaire.

Objectifs de la gestion des gaz à effet de serre

Ce rapport d'inventaire servira à valider les données recueillies par la RMR concernant les émissions de GES pour les activités de GMR sur le territoire du Lac-Saint-Jean. La RMR pourra ainsi, si elle le souhaite, assurer un suivi annuel des émissions de GES et s'inspirer des constats tirés de l'inventaire pour guider sa prise de décision en vue d'améliorer sa performance énergétique et réduire son empreinte carbone. De manière plus spécifique, cet inventaire vise à :

- Réaliser un portrait le plus complet possible des émissions de GES engendrées par les activités de transport, de manutention et de conditionnement des matières résiduelles au Lac-Saint-Jean et en faire un suivi ;

- Raffiner ses méthodes de collecte et d'analyse de données pour l'inventaire des GES;
- Identifier les sources d'émissions et les secteurs d'activités les plus émetteurs;
- Cibler les secteurs prioritaires pour la réduction des émissions ;
- Aider à la prise de décision ;
- Anticiper les exigences gouvernementales en développant de la connaissance sur ses émissions de GES actuelles ;
- Répondre aux préoccupations environnementales de plus en plus fortes chez la population jeannoise ;
- Communiquer les résultats à l'interne autant qu'à l'externe.

Stratégie de gestion des ges

La RMR n'a aucune politique en vigueur quant à la gestion de ses émissions de GES. L'actuel *Plan stratégique* de l'organisation n'y fait pas non plus mention.

La RMR est reconnue comme un leader innovant dans le secteur de la gestion des matières résiduelles au Québec et ses dirigeants souhaitent poursuivre en ce sens. Anticipant les exigences gouvernementales en matière de réduction des émissions de GES pour le secteur de la gestion des matières résiduelles, les dirigeants de la RMR souhaitent développer dès maintenant de la connaissance et agir dans le but d'améliorer le bilan carbone de l'organisation. Depuis 2019, la RMR a entamé une réflexion concernant ses émissions de GES et collecte des données sur ses opérations. La direction mise notamment sur un important projet de réemploi des matières provenant de son réseau d'écocentres afin de réduire ses émissions, et vise même l'atteinte de la carboneutralité pour les opérations des écocentres.

Par l'octroi de ce mandat d'inventaire, la RMR démontre qu'elle est ouverte à définir des cibles de réduction et se montre intéressée à connaître ses forces et ses faiblesses en matière d'émissions de gaz à effet de serre. Après avoir pris connaissance du rapport d'inventaire, l'administration pourra, si elle le souhaite, définir sa stratégie et ajuster ses cibles en matière de réduction.

Rapport d'inventaire

Conformité à ISO-14064-1

Conformément à la norme ISO 14064-1, les principes qui encadrent la gestion des données relatives aux gaz à effet de serre sont la transparence, la pertinence, l'exactitude, la complétude et la cohérence.

→ La transparence : divulguer des informations suffisantes et appropriées relatives aux GES afin de permettre aux utilisateurs cibles de prendre des décisions avec une confiance raisonnable.

→ La pertinence : sélectionner les sources, puits et réservoirs de GES ainsi que les données et les méthodologies en fonction des besoins de l'utilisateur cible.

→ L'exactitude : réduire les biais et les incertitudes dans la mesure du possible.

→ La complétude : inclure toutes les émissions et suppressions de GES pertinentes.

→ La cohérence : permettre des comparaisons significatives des informations relatives aux GES.

Cadre de référence

Le présent rapport se veut conforme à la norme ISO-14064-1:2018 et la compilation des gaz à effet de serre a été réalisée selon les principes directeurs du Greenhouse Gas Protocol GHG Corporate Accounting and Reporting Standard (2015), établi par le World Business Council for Sustainable Development et le World Resources Institute.

Période de déclaration

Le présent document fait l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre générées par les opérations de collecte et de gestion des matières résiduelles sur le territoire du Lac-Saint-Jean entre le 1^{er} janvier 2022 et le 31 décembre 2022. Cet inventaire est le premier réalisé par l'organisation pour ce périmètre et constitue donc l'année de référence.

Équipe responsable de l'inventaire

Patrick Girard est certifié pour les normes CSA ISO 14064-1 et 14064-2 obtenues en avril 2022 dans le cadre du cours *IECC811 - Gestion des gaz à effet de serre* de l'Université du Québec à Chicoutimi. Ce dernier est diplômé en sociologie de l'Université Laval et actuellement inscrit à la maîtrise en ressources renouvelables à l'UQAC. Ce rapport s'inscrit dans les livrables de sa maîtrise, à titre de stage en entreprise. Il est propriétaire de la firme de services-conseils MO Stratégie inc. qui développe actuellement une gamme de services (GESTes) visant à accompagner les organisations intéressées à connaître leur empreinte carbone. Monsieur Pierre-Luc Dessureault, M. Sc. Géographe physique, éco-conseiller diplômé de la Chaire en éco-conseil de l'UQAC, fait également partie de l'équipe de réalisation du mandat.

Description du périmètre organisationnel

Le présent inventaire des émissions de GES consolide les sources, puits et réservoirs de GES provenant des services, des installations, des équipements et des opérations induites par la gestion des matières résiduelles dans les 36 municipalités du Lac-Saint-Jean et dans la communauté de Mashteuiatsh. C'est la Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean, un organisme intermunicipal, qui en a la responsabilité.

À la page suivante, la figure 1 illustre le périmètre organisationnel du présent inventaire. Les émissions de vingt-et-une (21) des installations ou services ont été inventoriées. Les couleurs regroupent les installations/services en neuf (9) domaines d'activités. À l'exception des résidus de construction, rénovation et démolition (CRD) du secteur des ICI pour lesquels la RMR n'est ni impliquée dans le transport ni dans la disposition, toutes les autres activités de GMR sur le territoire du Lac-Saint-Jean font partie du périmètre organisationnel.

Cependant, les émissions qui découlent de la décomposition de matières organiques traitées au site de traitement des boues de fosses septiques et aux deux centres de compostage font l'objet d'une annexe (Annexe I) et n'ont pas été intégrées au présent inventaire. Selon le *Guide de quantification des émissions de GES (MELLCFP 2022a)*, comme les émissions de CO₂ libérées lors du compostage résultent de la décomposition de matières organiques provenant de biomasse, elles sont considérées comme biogéniques, et ces émissions ne sont pas incluses dans l'inventaire des GES au Québec. Par conséquent, les estimations des émissions de GES du compostage comprennent seulement le CH₄ et le N₂O.

Installations et services

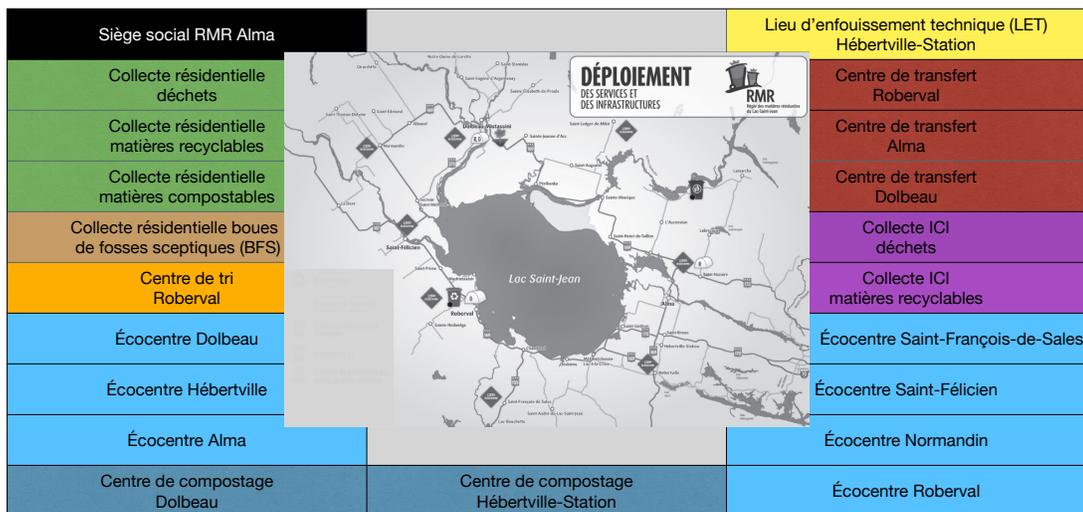


Figure - Périmètre organisationnel

Périmètre opérationnel

Sources, puits, réservoirs sélectionnés (SPR)

Suivant la norme ISO 14064-1, les différentes sources d'émissions de GES ont été catégorisées en trois types (portées).

- Les émissions directes de GES (*Portée 1*), soit celles directement rejetées par les installations appartenant ou étant sous le contrôle opérationnel de la RMR. Dans le cadre de cet inventaire, il s'agit de la consommation de combustibles fossiles par les équipements de broyage et la machinerie, la consommation de combustibles fossiles pour le conditionnement de la matière aux lieux d'enfouissement technique (LET), etc.
- Les émissions de GES d'énergie indirecte (*Portée 2*), soit celles attribuables à la consommation d'énergie produite par un tiers, mais consommée par la RMR. Dans le cadre de cet inventaire, il s'agit de la consommation d'hydroélectricité des bâtiments du siège social.
- Les autres émissions indirectes de GES (*Portée 3*), soit celles qui sont une conséquence des activités de la RMR, mais qui proviennent de sources de GES appartenant à/ou contrôlées par une tierce partie. Dans le cadre de cet inventaire, il s'agit de la consommation de combustibles fossiles pour les collectes résidentielles et commerciales, pour le transport des matières vers des lieux de disposition (réutilisation, recyclage ou enfouissement). Également, de la consommation de combustibles fossiles des véhicules utilisés par les utilisateurs des écocentres de la RMR ou de celle des véhicules des employés pour se déplacer de leur domicile à leur lieu de travail, etc.

Précisions *Portée 1*

Sur la plupart de ses installations, la RMR utilise de la machinerie pour manipuler, classer, conditionner les matières résiduelles. La RMR est en mesure de fournir les quantités de carburant consommées. Pour le LET d'Hébertville-Station, la RMR nous a partagé le rapport *Déclaration annuelle 2022* qui contient les données sur les émissions fugitives (décomposition) et fixes (torchère). Nous avons considéré seulement la portion des émissions attribuables au territoire du Lac-Saint-Jean. À noter que nous avons calculé les émissions de la machinerie à partir des données de consommation de carburant fournies par la RMR. Les déplacements de fonction, c'est-à-dire le kilométrage parcouru par les employés de la RMR dans le cadre de leur fonction, sont considérés de portée 1 dans le présent inventaire. La RMR tient un registre des déplacements effectués par ses employés.

Précisions *Portée 2*

La RMR a fourni la consommation totale en kilowattheure (kWh) pour tous ses bâtiments. Pour le siège social, la RMR est locataire et il a été établi qu'elle occupe 50% de la superficie du bâtiment situé sur la rue Bergeron à Alma.

Précisions *Portée 3*

La RMR octroie les contrats de collectes résidentielles sur les territoires des trois (3) MRC. La RMR n'a pas le contrôle opérationnel des collectes, mais elle a divisé le territoire desservi en deux zones et possède une certaine marge de manœuvre pour exiger certains standards de la part de ses fournisseurs. La RMR exige notamment à ses fournisseurs l'accès aux données sur le kilométrage parcouru et à la quantité de diesel consommée.

En ce qui a trait au secteur des ICI, via son centre de tri à Roberval et son site de traitement des déchets (LET) à Hébertville-Station, la RMR réceptionne et gère les matières résiduelles issues des collectes de déchets et de matières recyclables de ce secteur. La RMR n'a cependant aucune donnée concernant les collectes pour ce type de clientèle puisqu'elles sont offertes en libre marché directement par des entreprises aux ICI du Lac-Saint-Jean. Cependant, la RMR a obtenu la collaboration d'un de ses partenaires qui a accepté de partager des données de transport pour sa clientèle. Il est important de préciser que les données pour ce domaine d'activités concernent spécifiquement les collectes réalisées avec des camions à chargement frontal pour des conteneurs de différentes dimensions. Une partie considérable des matières résiduelles des ICI est intégrée dans les collectes résidentielles (bacs sur roues de 240 ou 360 litres). À partir des données obtenues, nous avons été en mesure d'estimer les émissions pour les collectes ICI des déchets des matières recyclables au Lac-Saint-Jean de type « camion à chargement frontal ».

Les principales infrastructures routières sur le territoire des trois (3) MRC au Lac-Saint-Jean sont disposées tout autour du Lac. La logistique du transport des matières représente un enjeu économique et environnemental pour la RMR. Par exemple, les matières recyclables de la MRC Maria-Chapdelaine transitent du centre de transfert de Dolbeau vers le centre de tri de Roberval. Le transport des matières d'une installation de la RMR à une autre est prescrit par la RMR (billet de transport), mais réalisé par des fournisseurs. Ce type de transport a été catégorisé de portée 3. Tout comme les sorties de matières, par exemple les matières recyclables du centre de tri vendues à un client-recycleur, sont considérées de portée 3.

Concernant le réseau d'écocentres que la RMR opère, elle compile des données de provenance pour la clientèle-utilisatrice de sorte que nous avons été en mesure d'évaluer la quantité de GES émise par les citoyens qui ont visité un des écocentres en 2022.

Le tableau 1 à la page suivante présente toutes les sources qui ont été considérées dans le cadre de notre démarche en indiquant lesquelles ont été incluses dans le présent inventaire ainsi que celles ayant été exclues.

Tableau - Inclusions et exclusions de l'inventaire des GES

Sources	Portée	Combustion / gaz	Qualité des données	Exclusion	Justificatif
Combustion mobile - transport intersites des matières	3	Diesel	Réelles	Aucune	Billets de transport, kilométrage parcouru et facteur de consommation
Combustion mobile - collectes résidentielles	3	Diesel	Réelles	Aucune	Rapports des fournisseurs, quantité de diesel consommée
Combustion mobile - collectes ICI	3	Diesel	Estimées	Aucune	Données d'un fournisseur, portion sur le total des matières réceptionnées aux installations
Combustion mobile - collecte BFS	3	Diesel	Estimées	Aucune	Poids moyen d'une fosse, parcours par secteur (km), facteur de conversion t/km
Combustion mobile - machinerie	1	Diesel	Réelles	Aucune	Quantité de diesel consommée
Enfouissement des déchets	1	N/A	Réelles	Aucune	Déclaration annuelle 2022
Combustion fixe - torchère au LET	1	N/A	Réelles	Aucune	Déclaration annuelle 2022
Consommation d'électricité des bâtiments	2	N/A	Réelles	Aucune	Factures Hydro-Québec
Déplacements des utilisateurs des écocentres	3	Essence	Estimées	Aucune	Provenance des utilisateurs, kilométrage, facteur de consommation
Déplacements domicile-travail des employés	3	Essence	Estimées	Aucune	Distance parcourue (km), prise en compte du télétravail, facteur de consommation
Traitements des matières chez les fournisseurs	3	N/A	N/A	Exclus	Données non-disponibles
CO ₂ biogénique des matières en décomposition au site de traitement BFS et aux centres de compostage	N/A	N/A	Réelles	Exclus	Voir Annexe I - Émissions de GES comprennent seulement le CH ₄ et le N ₂ O
CO ₂ biogénique des matières inertes en écocentre	1	N/A	Tonnage	Exclus	Matière sèche et déplacée relativement rapidement

Méthodologie de quantification (SPR) sélectionnée

La méthodologie utilisée pour réaliser l'inventaire des émissions de GES respecte les spécifications et les lignes directrices de la norme ISO 14064-1. Tous les principes de base de cette norme sont respectés : pertinence, complétude, transparence, cohérence et exactitude. La méthodologie se résume en cinq étapes, soit :

1. L'identification des sources et puits de GES
2. La sélection et le recueil des données d'activités GES
3. La sélection des méthodologies de quantification
4. La sélection ou la mise au point des facteurs d'émissions de GES
5. Le calcul des émissions de GES
6. La déclaration GES

La méthodologie de quantification utilisée pour la plupart des calculs de l'inventaire est fondée sur des données de GES multipliées par les facteurs d'émissions de GES. À l'exception des données sur les collectes du secteur des ICI, la collecte de données a été réalisée par la RMR à partir de sources d'informations primaires et secondaires, principalement à partir de documents officiels tels que des billets de transport des matières, des factures ou des rapports d'activités provenant des opérations contrôlées par la RMR ou de fournisseurs mandatés par la RMR.

Concernant les données sur la collecte auprès des ICI pour les déchets et les matières recyclables, c'est le partenaire de la RMR, le Groupe Coderr, qui a partagé des informations qui ont permis de réaliser des estimations pour l'ensemble du territoire jeannois.

Toutes ces informations ont été rassemblées dans une base de données. À l'exception des données sur la collecte résidentielle des BFS pour laquelle la RMR n'avait des données que pour l'année 2021, les données ont été mises à jour pour les opérations de GMR au Lac-Saint-Jean entre le 1^{er} janvier 2022 et le 31 décembre 2022.

Un calculateur (fichier Excel) associé au rapport d'inventaire présente le détail des facteurs d'émissions qui ont été utilisés pour le calcul des émissions de GES. Ce calculateur présente aussi l'ensemble de la méthodologie utilisée pour le calcul des émissions (voir notamment l'onglet « Références »).

Types de GES

Les GES visés dans le cadre du protocole de Kyoto sont les CO₂, le CH₄, le N₂O, le SF₆, les PFC et les HFC. Chacun de ces gaz possède un potentiel de réchauffement global (PRG) distinct. Il s'agit de la capacité du gaz à retenir la chaleur dans l'atmosphère, en prenant comme référence le CO₂.

Les PRG servent donc à rapporter les émissions de l'ensemble des GES à une même unité : le CO₂ équivalent (CO₂éq). Les valeurs de PRG sont calculées par le *Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* (GIEC) et révisées lors de la publication de leur rapport d'évaluation. Les PRG du rapport 2013 du GIEC ont été utilisés (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2013). Pour les trois principaux GES, soit le CO₂, le CH₄ et le N₂O, le PRG est respectivement de 1, 28 et 265.

Flux des données d'activités de GES et méthodologie de calcul

À la page suivante, la figure 2 présente le déroulement des différentes étapes du processus de réalisation de l'inventaire des GES.

Incertitudes liées aux données et aux facteurs d'émissions de GES

Il existe plusieurs types d'incertitudes reliées aux inventaires des émissions de GES qui varient en fonction de l'accessibilité aux données et au fait d'avoir recours à des estimations à partir des données préexistantes. L'analyse des incertitudes est décrite à l'annexe II qui contient la quantification de l'incertitude.

L'incertitude associée au calcul des émissions de GES contenue dans le présent inventaire est d'ordre systémique, elle se situe principalement à deux endroits : au niveau des données d'activité récoltées et au niveau des facteurs d'émissions (FE) choisis. Les incertitudes sont alors reliées aux biais systémiques, par exemple, dues à l'absence de données spécifiques. Comme la valeur exacte est inconnue, il existe systématiquement un biais relié à l'estimation. Voici l'estimation qualitative des incertitudes pour les principales sources d'émissions du présent inventaire.

Machinerie

À l'exception des écocentres, la RMR a fourni le nombre de litres consommés pour la machinerie utilisée dans ses différentes installations et les facteurs d'émissions des

combustibles proviennent de sources gouvernementales de sorte que l'incertitude globale est donc faible ($\pm 5\%$)

Cependant, pour la machinerie utilisée dans les écocentres, incluant pour le broyage du bois, la RMR a fourni le nombre d'heures de fonctionnement de la machinerie. La consommation horaire moyenne de la machinerie a été estimée à partir de données d'équipements similaires. L'incertitude globale est donc moyenne ($\pm 15\%$)

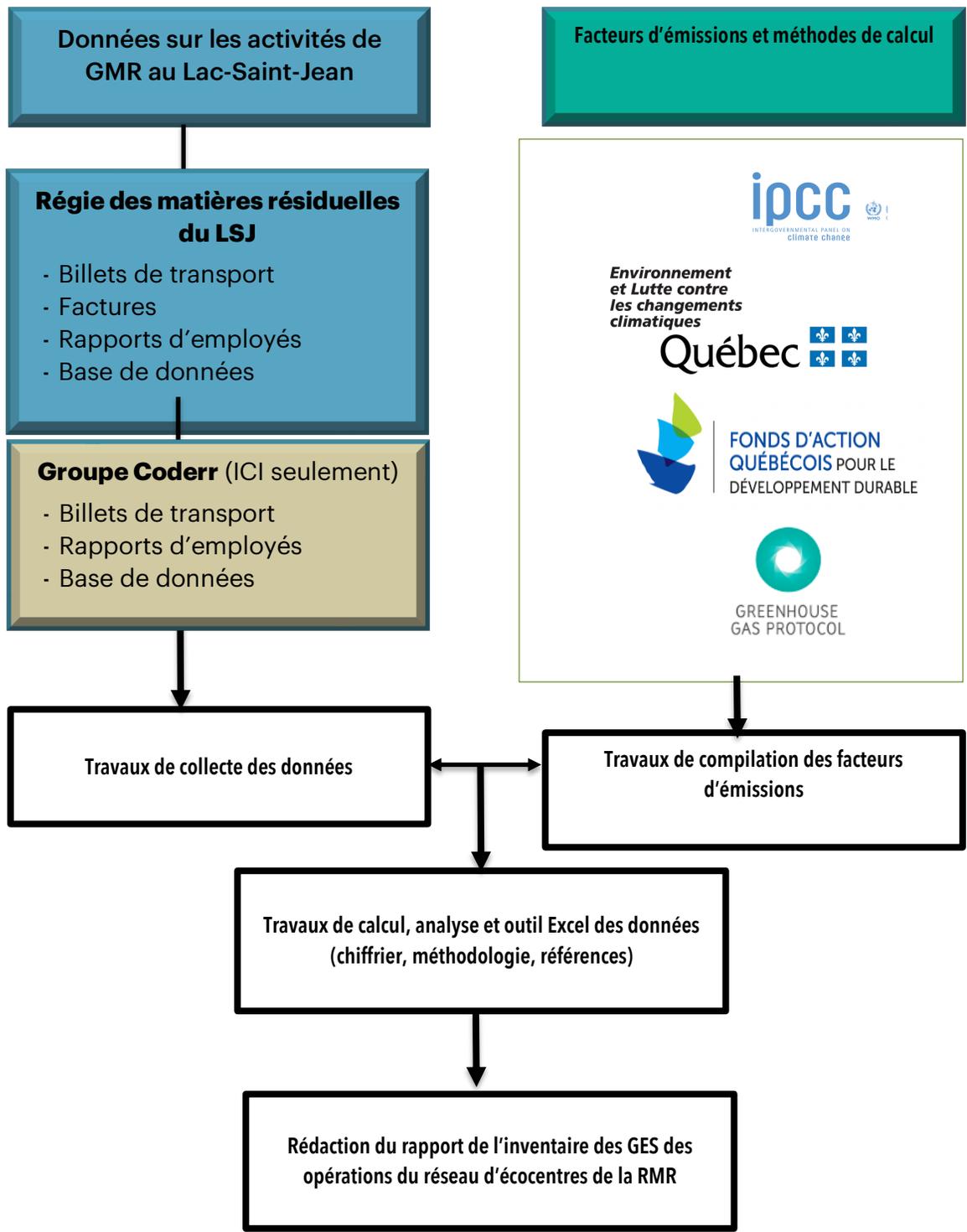


Figure - Étapes et sources de collecte d'information

Transport par camion

Pour le transport des matières, deux scénarios ont permis de réaliser des calculs. Un premier où les données de consommation en litres des combustibles ont été fournies soit par la RMR ou ses fournisseurs. Dans ce cas, et considérant que les facteurs d'émissions des combustibles proviennent de source gouvernementale, l'incertitude globale est faible ($\pm 5\%$). C'est le cas pour les collectes résidentielles. Dans l'autre scénario, la RMR a fourni des données sur des parcours types, le nombre de voyages chargés ou vides. Des calculs permettant d'estimer des distances parcourues et différents facteurs d'émissions et de conversions ont été utilisés. De plus, des incertitudes peuvent être reliées à la variation des types de camions utilisés, de leurs charges, de la façon de conduire du chauffeur et des conditions routières. Pour ces transports, l'incertitude globale est donc jugée moyenne ($\pm 15\%$). C'est le cas notamment pour les centres de transfert et les sorties de matières du centre de tri.

Collecte des ICI

Des données de consommation de diesel (en litres) proviennent d'un fournisseur de la RMR et concernent ses clients ICI sur le territoire de la MRC Lac-Saint-Jean-Est. La RMR a fourni des données sur la proportion de matières réceptionnées dans ses installations provenant de ce fournisseur. À partir des données et en fonction du nombre d'habitants par territoire de MRC, nous avons été en mesure d'estimer la consommation totale de diesel consommée pour les collectes auprès des ICI sur tout le territoire du Lac-Saint-Jean. Cependant, l'incertitude globale est jugée élevée ($\pm 30\%$).

Collecte résidentielle des BFS

La RMR a fourni des données (2021) sur les parcours types, le poids total du parcours, le nombre de voyages et le poids moyen d'une fosse septique. En utilisant un facteur de conversion tonne/km, nous avons été en mesure d'estimer les émissions pour la collecte résidentielle des BFS. Cependant, l'incertitude globale est jugée élevée ($\pm 30\%$).

Lieu d'enfouissement technique (LET)

L'incertitude est faible ($\pm 5\%$) car elle est directement liée à la consommation des machineries (en litres consommés) pour le conditionnement des matières au LET, données provenant de la RMR, et des données sur l'enfouissement issues du rapport de déclaration annuelle réalisé par une firme experte dans le domaine.

Consommation d'électricité

L'incertitude est considérée faible ($\pm 5\%$), vu la matrice hydroélectrique du Québec.

Transport domicile-travail et visiteurs des écocentres

Les distances parcourues sont estimées à partir de la municipalité de provenance des employés ou des visiteurs. Les données proviennent de la RMR. Concernant les déplacements domicile-travail des employés, le nombre de jours travaillés par employé en 2022 a été pris en compte. L'incertitude est plus ou moins considérable en raison de la variation du trafic, du modèle de véhicule utilisé et de la façon de conduire. Nous avons considéré pour les employés l'utilisation d'un véhicule moyen (6 à 10l/100km) et pour les

visiteurs des écocentres un camion (11 à 15l/100km). L'incertitude est jugée moyenne ($\pm 15\%$).

Résultats d'inventaire

On estime les émissions de GES des activités de gestion des matières résiduelles sur le territoire du Lac-Saint-Jean en 2022 à 14 022 tCO₂ éq.

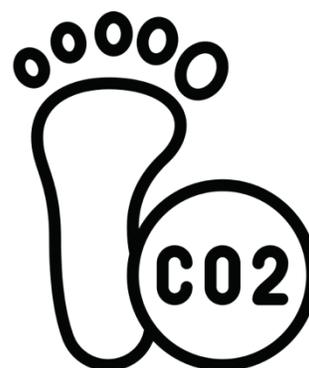
Tableau - Émissions totales en 2022 par catégorie

Catégories d'émissions	Total par portée tCO ₂ éq.
Portée 1 - Émissions directes pour lesquelles la RMR exerce un contrôle opérationnel - transport de matières, manutention de matières, broyage du bois, équipements, etc.	9 132,81
Portée 2 - Émissions de GES de l'énergie indirecte - consommation d'hydroélectricité	5,29
Portée 3 - Autres émissions indirectes résultantes des activités, mais qui proviennent de sources qui sont sous le contrôle opérationnel d'individus ou d'autres organisations - collectes résidentielles et commerciales, déplacements des employés vers le lieu de travail	4 883,96
Émissions totales	14 022,06

Réparties en neuf (9) domaines d'activités, c'est le *LET* qui a émis le plus de GES avec 8 769,50 t CO₂éq. représentant 62,5% des émissions totales émises en 2022. *Collectes résidentielles* suit avec 2 325,91 t CO₂éq. (16,6%) et le domaine d'activités *Écocentres* avec 1 234,70 t CO₂éq. (8,8%) (voir Figure 3 à la page suivante).

Tableau - Répartition des émissions de GES par domaine d'activités

Domaines d'activités	t CO ₂ éq.
Siège social	33,89
LET	8 769,50
Centres de compostage	85,58
Centre de tri	255,85
Centres de transfert	263,26
Écocentres	1 234,70
Collectes résidentielles	2 325,91
Collectes ICI	850,65
Collecte BFS	202,73



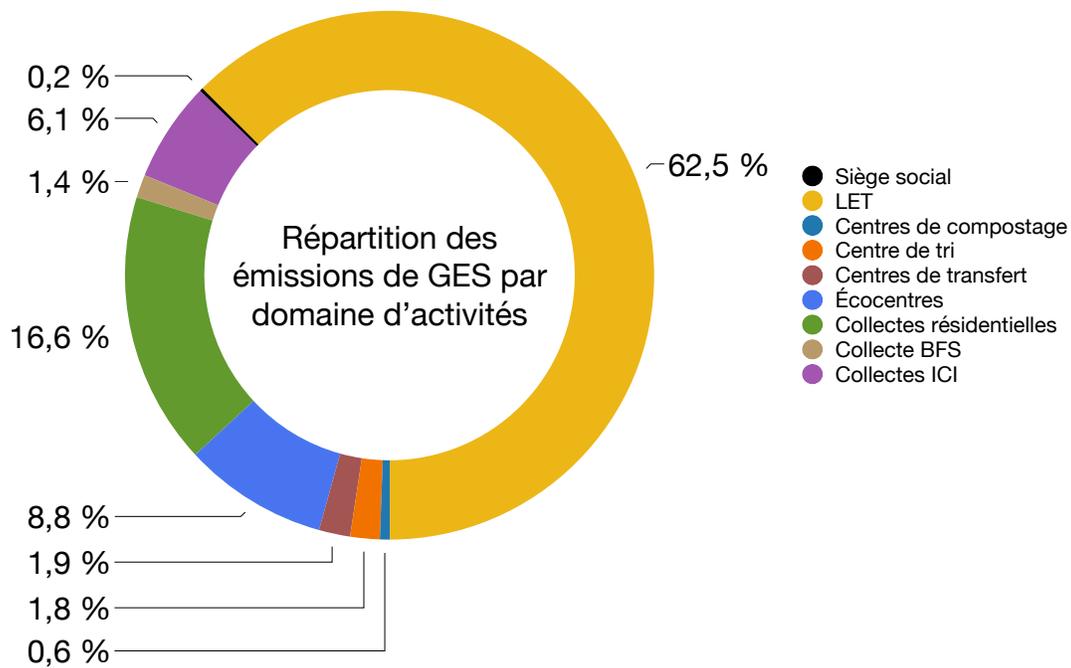


Figure - Répartition des émissions par domaine d'activités

À des fins de présentation, il est intéressant d'isoler les émissions fugitives (décomposition) et fixes (torchère) du LET qui ont un poids important dans les résultats globaux (60,7%) des émissions. Dans ce cas, les autres activités génèrent ensemble 5 510,51 t CO₂éq. et la figure ci-bas expose le poids en % par domaine d'activités, sans les émissions fugitives et fixes du LET.

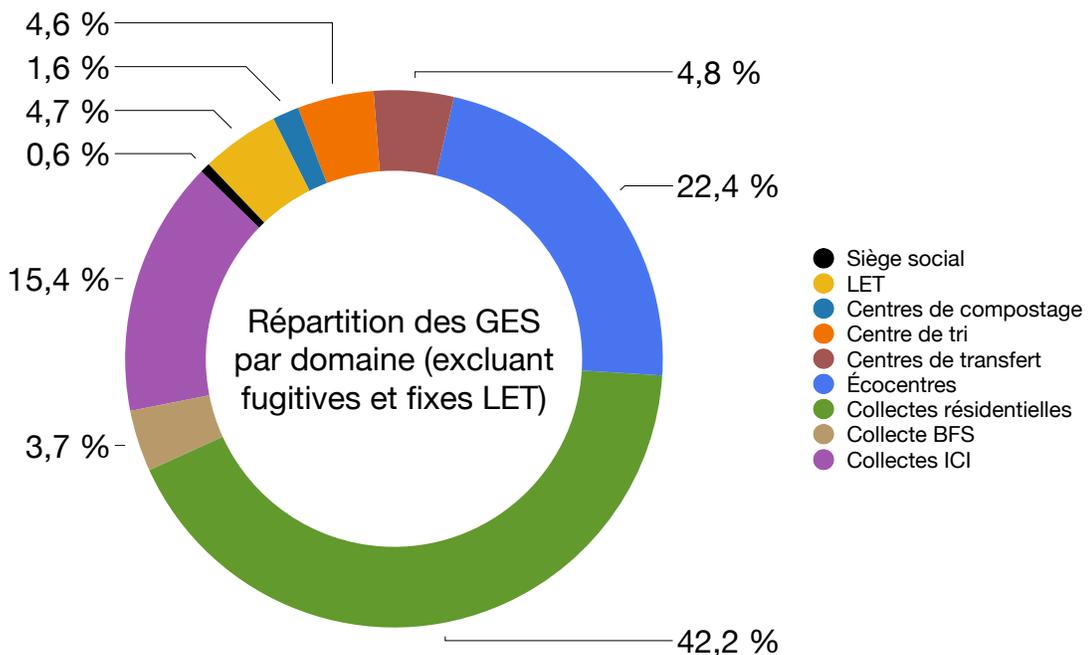


Figure - Répartition par domaine sans les émissions fugitives et fixes du LET

Résultats détaillés

Tableau - Résultats détaillés par type de GES, par source et avec répartition

Source d'émissions	t CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	Total des émissions en t CO ₂ éq.	% des émissions	Incertitude
Portée 1	4 940,56	149,12	0,06	9 132,81		
Émissions de GES Mobiles	610,99	0,03	0,04	621,26	4,4%	
Déplacements de fonction	16,47	0,00	0,00	16,54	0,1%	Faible
Machinerie autres installations	433,53	0,02	0,02	440,50	3,1%	Faible
Machinerie des écocentres	160,99	0,01	0,01	164,22	1,2%	Moyenne
Émissions de GES Fixes	2 251,06	0,14	0,03	2 262,18	16,1%	
Torchère au LET H-S	2 251,06	0,14	0,03	2 262,18	16,1%	Faible
Émissions de GES Fugitives	2 078,51	148,96	0,00	6 249,37	44,6%	
Décomposition matières au LET H-S	2 078,51	148,96	0,00	6 249,37	44,6%	Faible
Portée 2	5,29	0,00	0,00	5,29	0,0%	
Consommation d'énergie	5,29	0,00	0,00	5,29	0,0%	
Consommation d'hydroélectricité	5,29	0,00	0,00	5,29	0,0%	Faible
Portée 3	4 811,73	0,21	0,22	4 883,96	34,8%	
Transport des matières - sorties matières écocentres	192,18	0,01	0,01	195,27	1,4%	Moyenne
Transport des matières - sorties matières CTRI	163,77	0,01	0,01	166,40	1,2%	Moyenne
Transport des matières - centres de transfert	182,70	0,01	0,01	194,56	1,4%	Moyenne
Distribution du compost	1,02	0,00	0,00	1,03	0,0%	Moyenne
Collectes résidentielles - déchets	870,40	0,04	0,05	884,39	6,3%	Faible
Collectes résidentielles - matières recyclables	721,02	0,03	0,04	732,61	5,2%	Faible
Collectes résidentielles - matières organiques	697,70	0,03	0,04	708,91	5,1%	Faible
Collecte résidentielle BFS	202,32	0,00	0,00	202,73	1,4%	Élevée
Déplacements domicile-travail	99,77	0,01	0,00	100,19	0,7%	Moyenne
Déplacements visiteurs écocentres	843,67	0,05	0,01	847,24	6,0%	Moyenne
Collectes auprès des ICI	837,19	0,03	0,05	850,65	6,1%	Élevée
Voyage d'affaires	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0%	Moyenne
Total des émissions	9 757,58	149,33	0,28	14 022,06		

Les émissions directes (*Portée 1*) proviennent majoritairement du LET, soit des émissions fugitives (décomposition de la matière) et de la torchère, de la consommation de combustibles fossiles de la machinerie aux différentes installations de la RMR et des transports pour les déplacements de fonction des employés.

Pour les émissions de l'énergie indirecte (*Portée 2*), il s'agit de la consommation d'hydroélectricité des différents bâtiments servant aux activités de la RMR sur le territoire jeannois.

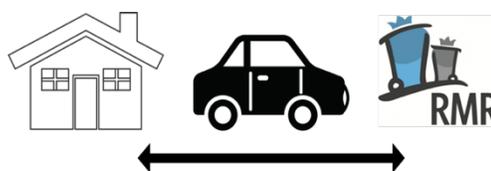
Pour les autres émissions indirectes de GES (*Portée 3*), soit celles qui sont une conséquence des activités de la RMR et qui proviennent de sources de GES appartenant à/ou contrôlées par une tierce partie, elles proviennent de la consommation de combustibles fossiles des collectes résidentielles et commerciales, du transport des matières inter installations autour du Lac-Saint-Jean, du transport des matières vers des lieux de disposition ainsi que des déplacements des employés vers le lieu de travail et des utilisateurs des écocentres.

Siège social

Les déplacements des employés de la RMR dans le cadre de leur fonction ont généré 89 260 kilomètres en 2022. Nous avons considéré l'utilisation d'une voiture standard (6 à 10l/100km) pour estimer les émissions de portée 1 à 16,54 t CO₂éq. Pour les émissions de portée 2, il s'agit de la consommation d'hydroélectricité équivalent à l'occupation de 50% du bâtiment situé sur la rue Bergeron à Alma. Enfin, pour les émissions de portée 3, il s'agit des déplacements domicile-travail des employés pour 2022 (92 127 km). Les jours de télétravail ont été exclus dans le calcul des distances parcourues.

Tableau - Émissions de GES pour le domaine d'activités Siège social

Catégories d'émissions	t CO ₂ éq.
Portée 1	16,54
Portée 2	0,28
Portée 3	17,07
Empreinte carbone	33,89
Postes d'émissions	
Portée 1	
Émissions de GES mobiles	16,54
Émissions de GES fugitives	0,00
Portée 2	
Consommation d'énergie	0,28
Portée 3	
Déplacements Domicile-Travail	17,07
Voyages d'affaires	0,00



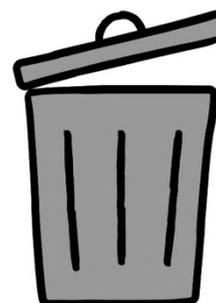
Lieux d'enfouissement technique

Il s'agit essentiellement des émissions provenant du lieu d'enfouissement technique d'Hébertville-Station puisque le LET de l'Ascension n'est plus assujéti à une déclaration obligatoire depuis 2018 et que très peu d'activités s'y déroulent. La consommation d'énergie d'un bâtiment à l'Ascension a été intégrée dans la catégorie portée 2 et ne compte que pour moins d'une (1) tonne de GES équivalent CO₂.

Pour le poste d'émissions *Portée 1 – Émissions de GES mobiles*, il s'agit de la consommation de diesel de la machinerie utilisée pour le conditionnement de la matière au LET. La RMR a fourni les litres de diesel consommés pour chaque machine. Pour les postes *Portée 1 – Émissions de GES fixes* (torchère) et *Émissions de GES fugitives* (décomposition des matières enfouies), les données proviennent du *Rapport de déclaration annuelle 2022* fourni par la RMR. À noter que la RMR traite au LET d'Hébertville-Station les matières résiduelles provenant de toute la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean. La population du territoire du Lac-Saint-Jean représente 39,1% (*Institut de la statistique du Québec 2022*) de la population régionale, de sorte que nous avons considéré pour le présent inventaire 39,1% de toutes les émissions de *Portée 1*.

Tableau - Émissions de GES pour le domaine d'activités LET

Catégories d'émissions	t CO ₂ éq.
Portée 1	8 739,30
Portée 2	3,78
Portée 3	26,42
Empreinte carbone	8 769,50
Postes d'émissions	t CO ₂ éq.
Portée 1	
Émissions de GES mobiles	227,75
Émissions de GES fixes	2 262,18
Émissions de GES fugitives	6 249,37
Portée 2	
Consommation d'énergie	3,78
Portée 3	
Déplacements Domicile-Travail	26,42



Les centres de compostage

La RMR opère deux (2) centres de compostage, dont l'un est situé à Hébertville-Station et l'autre à Dolbeau-Mistassini. Les émissions proviennent de la consommation de diesel de la machinerie (*Portée 1*), des déplacements des employés (*Portée 3*) et du transport du compost vers les lieux de distribution (*Portée 3*) en 2022.

En 2022 (voir *Figure 5* à la page suivante), ce sont les activités au centre de compostage de Dolbeau – avec 66,06 t CO₂ éq. (77%) – qui ont généré le plus d'émissions par rapport à Hébertville-Station (19,51 t CO₂ éq. ; 23%).

Tableau - Émissions de GES pour le domaine d'activités Centres de compostage

Catégories d'émissions		t CO ₂ éq.
Portée 1		84,22
Portée 2		0,00
Portée 3		1,35
Empreinte carbone		85,58
Postes d'émissions		t CO ₂ éq.
Portée 1		
Émissions de GES mobiles		84,22
Émissions de GES fixes		0,00
Émissions de GES fugitives		0,00
Portée 2		
Consommation d'énergie		0,00
Portée 3		
Déplacements Domicile-Travail		1,35

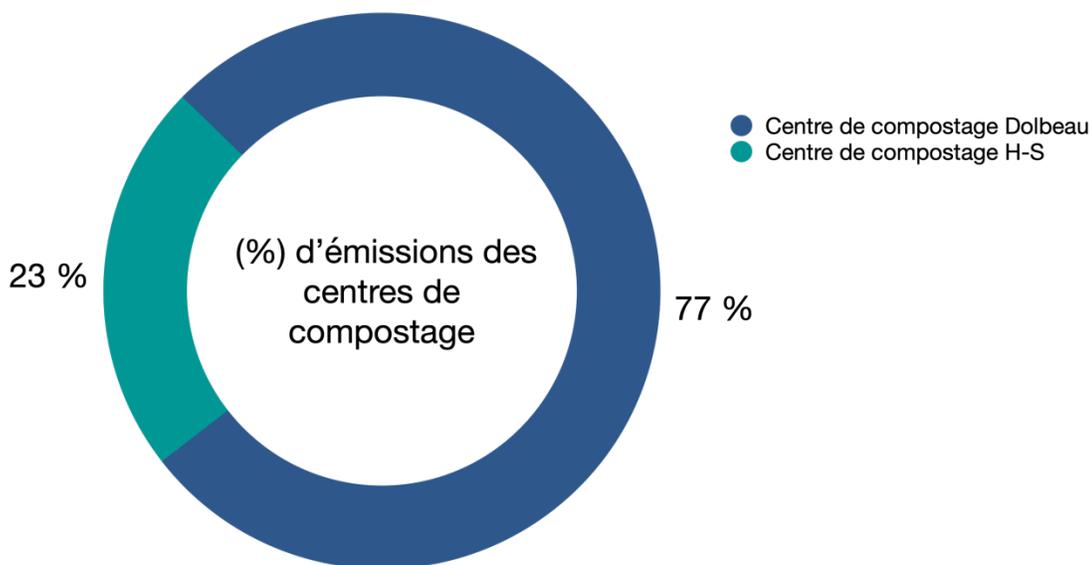
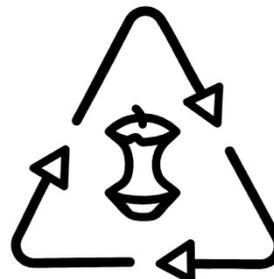


Figure - Répartition des émissions par centre de compostage

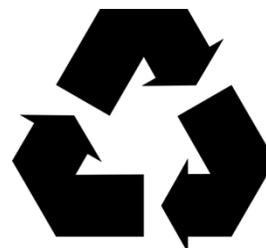
Le centre de tri

Les émissions directes (*Portée 1*) découlent de la consommation de carburant fossile de la machinerie pour la manutention des matières. Pour les émissions de l'énergie indirecte (*Portée 2*), la RMR a fourni la consommation d'hydroélectricité du bâtiment. Une fois triées, certaines matières sont vendues à des recycleurs ou, lorsque la demande pour certaines matières est inexistante, elles sont dirigées vers le LET à Hébertville-Station. C'est la RMR qui prescrit les sorties de matières. Cependant, puisque la majorité des transports est réalisée par des transporteurs externes, les émissions ont été catégorisées comme indirectes (*Portée 3*). Elles prennent en compte la consommation de carburant fossile des transporteurs entre le centre de tri et le lieu de disposition. Des facteurs de consommation distincts ont été considérés pour les transports de type poids lourds (camion-tracteur 53

pieds, train routier, camion-remorque roll-off 10-12 roues) et de type plus léger (camion cube). Les déplacements domicile-travail des employés affectés au centre de tri à Roberval ont également généré des émissions indirectes.

Tableau - Émissions de GES pour le domaine d'activités Centre de tri

Catégories d'émissions	t CO ₂ éq.
Portée 1	63,62
Portée 2	0,70
Portée 3	191,53
Empreinte carbone	255,85
Postes d'émissions	t CO ₂ éq.
Portée 1	
Émissions de GES mobiles	63,62
Émissions de GES fixes	0,00
Émissions de GES fugitives	0,00
Portée 2	
Consommation d'énergie	0,70
Portée 3	
Déplacements Domicile-Travail	25,13
Sorties des matières	191,53



Les centres de transfert

Les principales infrastructures routières sur le territoire des trois (3) MRC au Lac-Saint-Jean sont disposées tout autour du Lac. La logistique du transport des matières représente un enjeu économique et environnemental pour la RMR. Elle opère notamment trois (3) centres de transfert où transitent des matières résiduelles. La majorité des émissions du domaine d'activités *Centres de transfert* proviennent donc du transport des matières. C'est le centre de transfert de Dolbeau qui a une situation géographique plus éloignée des sites de traitement des matières. Celui de Roberval est situé à proximité du centre de tri où se traitent les matières recyclables. Celui d'Alma est le centre de transfert situé le plus près du LET.

Les émissions directes (*Portée 1*) découlent de la consommation de carburant fossile de la machinerie pour la manutention des matières. Pour les émissions de l'énergie indirecte (*Portée 2*), la RMR a fourni la consommation d'hydroélectricité des bâtiments. C'est la RMR qui prescrit les billets de transport, mais ils sont réalisés par des transporteurs externes, c'est pourquoi les émissions ont été catégorisées comme indirectes (*Portée 3*). Elles prennent en compte la consommation de carburant fossile des transporteurs. Nous avons considéré des facteurs de consommation pour des transports de type poids lourds avec chargement et sans chargement puisque les données fournies par la RMR permettaient d'en faire la distinction. Les émissions de GES découlant des déplacements domicile-travail des employés affectés aux différents centres de transfert ont été comptabilisées dans la catégorie *Portée 3*.

Tableau Émissions de GES pour le domaine d'activités Centres de transfert

Catégorie d'émission	t CO ₂ éq.
Portée 1	64,91
Portée 2	0,54
Portée 3	197,81
Empreinte carbone	263,26
Postes d'émission	
Portée 1	
Émissions de GES Mobiles	64,91
Émissions de GES fixes	0,00
Émissions de GES fugitives	0,00
Portée 2	
Consommation d'énergie	0,54
Portée 3	
Déplacements Domicile-Travail	3,25
Transport des MR	194,56



Comme illustré à *Figure 6* (page suivante), les activités du centre de transfert Dolbeau comptent pour 69% de l'empreinte carbone du domaine d'activités et cette tendance est encore plus marquée (92%) lorsqu'on ne considère que le transport des matières.

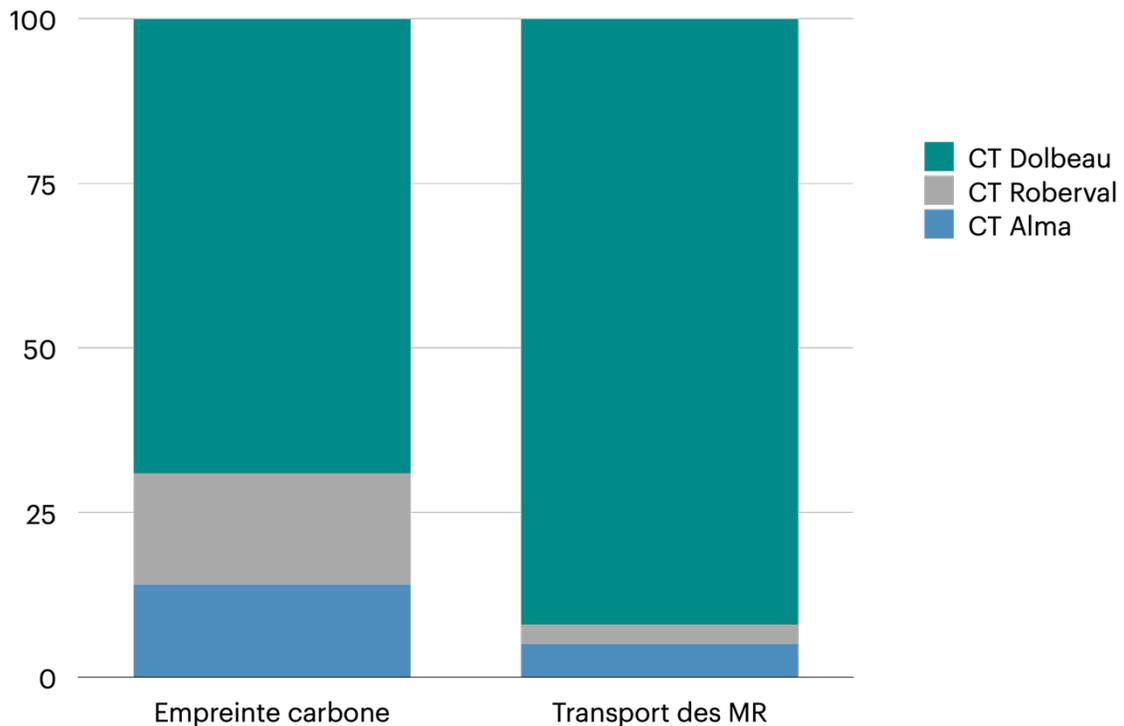


Figure - Répartition (%) des émissions par centre de transfert

Les écocentres

Le réseau des écocentres de la RMR est composé de près d'une dizaine d'écocentres. Cependant, dans le cadre de cet inventaire, la RMR a fourni des données pour ses sept (7) principaux écocentres.

Les émissions directes (*Portée 1*) découlent de la consommation de carburant fossile de la machinerie pour la manutention des matières. Les données sur le nombre d'heures d'utilisation des différentes machines utilisées ont été fournies par la RMR et nous avons utilisé un facteur de consommation moyenne pour estimer les émissions de GES. Considérant que les activités de broyage du bois effectuées dans certains écocentres ont des données de consommation généralement plus élevées, le facteur de consommation pour les heures de broyage est plus élevé que pour les autres machines. Aucune émission de *Portée 2* n'a été comptabilisée pour le domaine d'activités *Écocentres*. Pour les écocentres qui comptent un bâtiment, les émissions de l'énergie indirecte ont été intégrées dans le calcul d'une installation adjacente et partageant le même compte Hydro-Québec. C'est le cas, par exemple, de l'écocentre d'Alma (centre de transfert) et de celui de Roberval (centre de tri).

Pour les autres émissions indirectes (*Portée 3*), il s'agit de la consommation de combustibles fossiles découlant de trois sources : les transports pour les sorties de matières, les déplacements domicile-travail des employés et les déplacements domicile-écocentre des visiteurs (utilisateurs).

Pour les sorties de matières des écocentres, la RMR a fourni des données de parcours (trajets, coordonnées des lieux de disposition, etc.) réalisés par des transporteurs ou directement par des entreprises qui œuvrent dans le réemploi ou le recyclage des matières. Certaines matières sont dirigées vers d'autres installations de la RMR ou vers des lieux de disposition située au Saguenay-Lac-Saint-Jean ou encore vers des recycleurs ailleurs en province. Pour plusieurs de ces matières, l'entreprise qui dessert la RMR réalise en une à trois journées le tour du Lac-Saint-Jean en s'arrêtant à plusieurs écocentres. Dans ce cas, les distances ont été estimées en fonction du premier écocentre desservi (point de départ) jusqu'au retour de l'entreprise à l'adresse où elle opère (lieu de disposition des matières). À noter que les émissions spécifiques au transport des matières faisant l'objet d'un « tour du lac » ont été affectées à *Écocentre Alma*. Pour toutes les sorties de matières des écocentres, le facteur de consommation d'un poids lourd a été utilisé dans le calcul des émissions de GES.

Pour les déplacements domicile-écocentre des 173 287 visiteurs des écocentres en 2022, la RMR a fourni les données sur le nombre et la provenance des visiteurs pour chacun des écocentres. Nous avons créé une matrice de distance pour chaque municipalité de provenance par écocentre afin d'estimer la distance parcourue par les visiteurs d'un écocentre. Considérant que les utilisateurs des écocentres transportent principalement des résidus de construction ou des matières ne pouvant être déposées dans un bac résidentiel, le facteur de consommation utilisé est une voiture de type camion F150.

Dans le cadre du présent inventaire, le domaine d'activités *Écocentres* est le troisième émetteur de GES en importance avec 1 234,70 t CO₂ éq. (voir *Tableau 10* à la page suivante), ce qui représente 8,8% de toutes les émissions des activités de collecte et de gestion des matières résiduelles sur le territoire du Lac-Saint-Jean en 2022.

Tableau - Émissions de GES pour le domaine d'activités Écocentres

Catégories d'émissions	t CO ₂ éq.
Portée 1	164,22
Portée 2	0,00
Portée 3	1 070,48
Empreinte carbone	1 234,70
Postes d'émissions	t CO ₂ éq.
Portée 1	
Émissions de GES mobiles	164,22
Émissions de GES fixes	0,00
Émissions de GES fugitives	0,00
Portée 2	
Consommation d'énergie	0,00
Portée 3	
Déplacements Domicile-Travail	27,98
Sorties de matières	195,27
Visiteurs	847,24



Parmi les écocentres, ce sont les activités dans les écocentres d'Alma et d'Hébertville, situés tous deux sur le territoire de la MRC Lac-Saint-Jean-Est, qui ont émis le plus de GES. À noter cependant que pour Alma, concernant les sorties de matières, on doit considérer que 72,84 des 107,70 t CO₂éq. sont attribuables aux matières faisant l'objet d'un « tour du lac ».

Tableau - Émissions de GES par écocentre

Écocentre	Principaux postes d'émissions par écocentre (t CO ₂ éq.)				Totaux
	Portée 1	Portée 3			
	GES Mobiles	Déplacements D-T	Sorties des matières	Visiteurs	
Alma	29,62	2,17	107,70	251,69	391,18
Dolbeau	31,20	2,77	11,91	110,38	156,26
Hébertville	38,14	7,13	20,05	187,98	253,31
Normandin	10,75	12,66	13,50	57,22	94,13
Roberval	26,20	1,69	23,89	96,78	148,56
Saint-Félicien	21,34	1,43	12,12	110,97	145,85
Saint-François-de-Sales	6,96	0,13	6,09	32,22	45,41
Totaux	164,22	27,98	195,27	847,24	1 234,70

Comme illustré à la *Figure 7*, avec 847,24 tCO₂ éq., les déplacements des visiteurs représentent 69% des émissions de GES du domaine d'activités des écocentres.

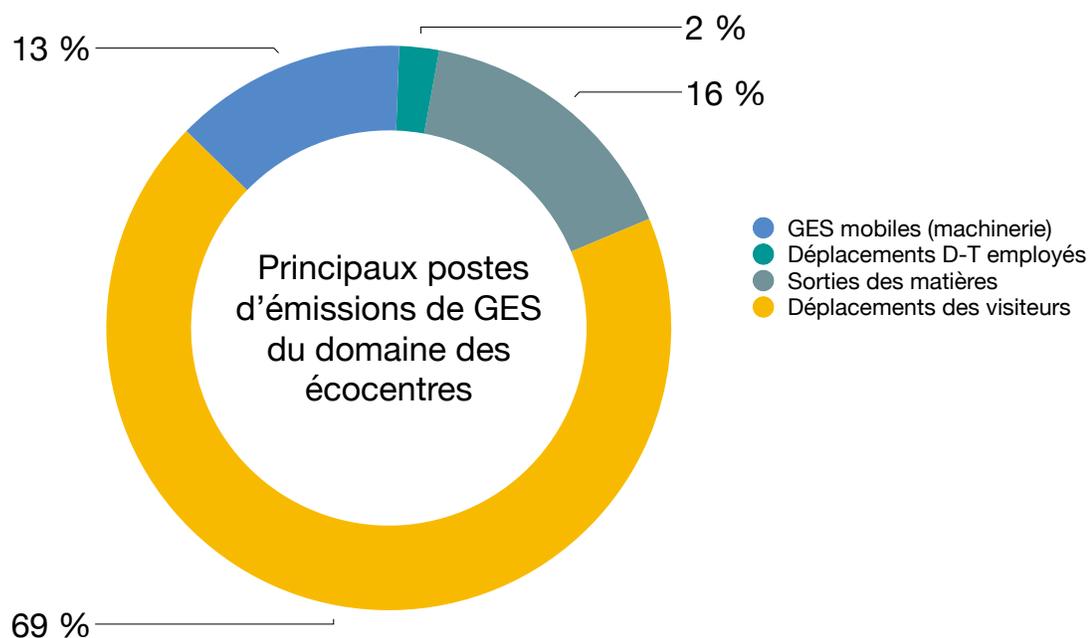


Figure - Répartition (%) des postes d'émissions pour les écocentres

Collectes résidentielles

Le domaine d'activités *Collectes résidentielles* est divisé en trois collectes : déchets, matières recyclables et matières organiques. Nous avons fait de la collecte des boues de fosses septiques un domaine particulier et les données d'émissions de GES seront présentées au point suivant. Pour les collectes résidentielles, il s'agit d'émissions indirectes (*Portée 3*) découlant de la consommation de diesel des camions de collectes des fournisseurs de services de la RMR. Le territoire couvert par la RMR est divisé en deux et les fournisseurs doivent remettre à la RMR les données de consommation hebdomadaire de diesel en litres pour chacune des collectes. Les facteurs de conversion du diesel ont été utilisés pour le calcul des émissions de GES.

Avec 16,7% des émissions totales inventoriées en 2022, les collectes résidentielles représentent le deuxième émetteur en importance parmi les domaines d'activités.

Tableau - Émissions de GES des collectes résidentielles

Catégories d'émissions	t CO ₂ éq.
Portée 1	0,00
Portée 2	0,00
Portée 3	2 325,91
Empreinte carbone	2 325,91
Postes d'émissions	
	t CO₂ éq.
Collecte déchets	884,39
Collecte matières recyclables	732,61
Collecte matières organiques	708,91
Empreinte carbone	2 325,91



C'est la collecte résidentielle des déchets (884,44 t CO₂ éq.) qui émet le plus de GES pour ce domaine d'activités (Collecte des matières recyclables : 732,61 t CO₂ éq.; Collecte des matières organiques : 708,91 tCO₂ éq.).

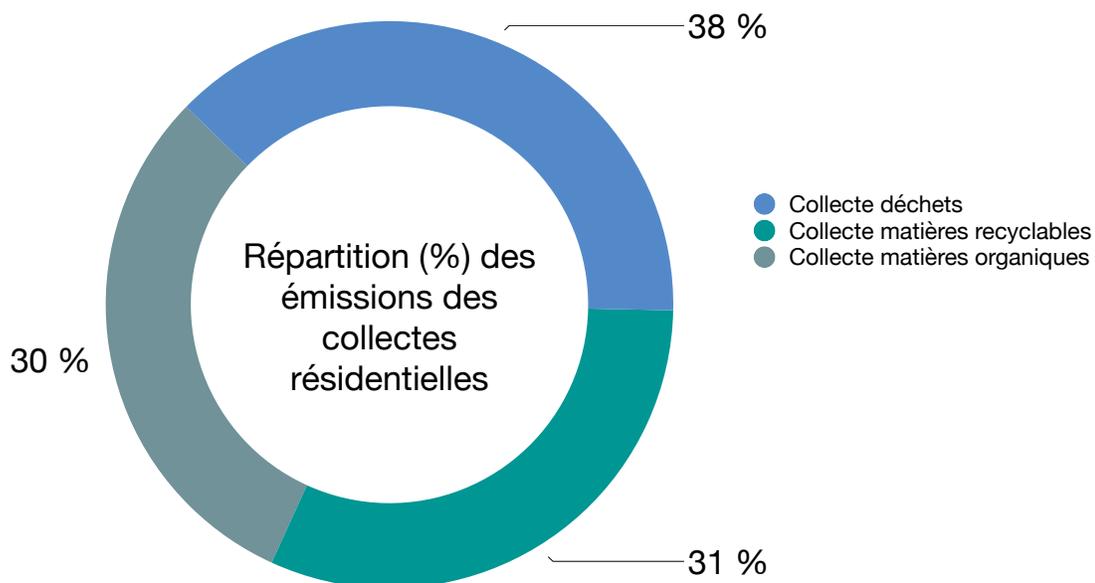


Figure - Répartition (%) des émissions par collecte résidentielle

Collecte des boues de fosses septiques

Pour ces activités, les données disponibles ont présenté quelques défis pour estimer les émissions de GES. La collecte des fosses est programmée pour certaines résidences aux deux (2) ans et pour d'autres aux quatre (4) ans. Nous avons les données disponibles seulement que pour une année, de sorte que nous n'avons pas été en mesure d'évaluer si ces données seront similaires d'une année à l'autre. De plus, en raison d'enjeux avec son fournisseur de services, la RMR n'a pas été en mesure de fournir des données pour l'année 2022. Ce sont donc les données 2021 qui ont permis d'estimer les émissions de GES pour ces activités.

Comme pour les collectes résidentielles, il s'agit d'émissions indirectes (*Portée 3*) découlant de la consommation de diesel des camions de collectes de fournisseurs de services de la RMR.

Les données fournies par la RMR permettaient d'identifier vingt-six (26) parcours types pour la collecte des fosses septiques en 2021. La RMR a fourni le poids moyen d'une vidange de fosse, des informations sur les parcours types et le nombre de voyages effectués en 2021 par parcours type. Avec ces données, nous avons été en mesure d'estimer la distance parcourue et le poids moyen pour les vingt-six (26) parcours types. Nous avons utilisé un facteur d'émission tonne/kilomètre pour estimer que la collecte des BFS a émis 202,73 t CO₂ éq.

Tableau - Émissions de GES de la collecte des BFS

Catégories d'émissions	t CO ₂ éq.
Portée 1	0,00
Portée 2	0,00
Portée 3	202,73
Empreinte carbone	202,73



Malgré qu'ils s'agissent de données 2021, ces émissions GES ont été considérées dans le présent inventaire pour que l'année de référence tienne compte le plus largement possible des activités de collecte et de gestion des matières résiduelles sur le territoire du Lac-Saint-Jean. Cependant, considérant les informations partagées ci-haut pour estimer les émissions de GES du domaine d'activités *Collecte BFS*, le niveau d'incertitude est jugé élevé.

Collectes ICI

Ce domaine d'activités concerne deux collectes distinctes auprès des industries, commerces et institutions (ICI), soit celle pour les déchets et celles pour les matières recyclables. Il est important de préciser que les données pour ce domaine d'activités concernent spécifiquement les collectes réalisées avec des camions à chargement frontal pour des conteneurs de différentes dimensions. Une partie considérable des matières résiduelles des ICI est intégrée dans les collectes résidentielles (bacs sur roues de 240 ou 360 litres). Il s'agit d'émissions indirectes (*Portée 3*) découlant de la consommation de carburant fossile des camions des entreprises qui fournissent ce type de services de collecte auprès des ICI au Lac-Saint-Jean.

Comme indiqué précédemment, la RMR n'a pas d'information concernant les collectes pour cette clientèle puisqu'elles sont offertes en libre marché directement par des entreprises. Cependant, la RMR a obtenu la collaboration d'un de ses partenaires qui a accepté de partager des données de transport pour sa clientèle (quantité de diesel consommée, nombre de clients par collecte) située principalement sur le territoire de la MRC Lac-Saint-Jean-Est. Nous avons pris en compte que la population de cette MRC compte pour 53% de toute la population au Lac-Saint-Jean et que ce fournisseur de services détenait une partie du marché. Il a été possible d'estimer cette partie du marché puisque la RMR, qui traite les matières résiduelles provenant des collectes réalisées auprès des ICI, a fourni des données sur les entrées au centre de tri à Roberval (matières recyclables) et au LET (déchets). À partir de ces données, nous avons été en mesure d'estimer les émissions de type « chargement frontal » pour les collectes ICI des déchets et des matières recyclables au Lac-Saint-Jean.

Tableau - Émissions de GES des collectes des ICI

Catégories d'émissions	t CO ₂ éq.
Portée 1	0,00
Portée 2	0,00
Portée 3	850,65
Empreinte carbone	850,65
Postes d'émissions	t CO ₂ éq.
Collecte déchets	647,70
Collecte matières recyclables	202,95
Empreinte carbone	850,65



Pour les collectes auprès des ICI, considérant que les données obtenues ne concernent qu'une partie du territoire couvert par le présent inventaire, le niveau d'incertitude des estimations pour l'ensemble du territoire est jugé élevé.

Conclusion et recommandations

En regard des sources responsables des quantités d'émissions de GES les plus importantes, il est possible d'émettre certaines recommandations ou pistes de solution qui permettraient à la RMR de réduire l'empreinte carbone des activités de collecte et de gestion des matières résiduelles au Lac-Saint-Jean.

En 2019, la RMR a réalisé l'inventaire des émissions de GES de son réseau d'écocentres et, en 2022, pour toutes les activités de collecte et de gestion des matières résiduelles sur le territoire du Lac-Saint-Jean. La RMR a donc généré suffisamment de connaissances pour planifier un plan de match qui viserait à réduire ses émissions de GES. Ainsi, des cibles, des actions stratégiques et des indicateurs pourraient permettre d'intégrer la réduction des GES dans l'ADN de l'organisation. Déjà, la RMR déploie des initiatives et explore des avenues offrant des potentiels intéressants de réduction des GES, notamment les projets *Réemploi+* aux écocentres et *Usine de GNR* au LET.

En démontrant un leadership en matière de réduction de GES, en communiquant les cibles à atteindre et les mesures prévues à un futur plan d'action, la RMR pourrait influencer d'autres organisations gravitant autour de son écosystème à adopter de meilleures pratiques environnementales et investir dans une économie plus sobre en carbone.

Voici quelques stratégies qui pourraient inspirer un futur plan de réduction des émissions de GES.

Stratégie de réduction des déchets

Les principales sources d'émissions pour cet inventaire découlent de l'enfouissement des déchets. La décomposition biologique des matières organiques putrescibles enfouies en absence d'oxygène mène à la formation de méthane (CH₄). Le CH₄, qui présente un potentiel de réchauffement global (PRG) 28 fois plus élevé que le CO₂, représente 81% des gaz d'enfouissement (MELCC 2021a; Environnement et Changement climatique Canada 2022). De toutes les matières résiduelles enfouies, ce sont les matières organiques composées du papier et carton, des résidus alimentaires, des résidus verts et des résidus ligneux qui sont principalement responsables des gaz d'enfouissement. Avec le bac brun, la RMR offre au secteur résidentiel un moyen de réduire les déchets organiques dirigés vers le LET. Mais des efforts additionnels pourraient être déployés pour augmenter les tonnages de matières organiques dirigées vers les centres de compostage plutôt que vers le LET, notamment auprès des citoyens qui hésitent encore à composter et auprès des ICI dont certains sont de grands générateurs de matières organiques.

La RMR pourrait déployer d'autres initiatives concertées pour identifier des moyens de mieux valoriser certaines matières qui, malgré qu'elles soient initialement détournées vers d'autres voies que celle du déchet (réseau des écocentres, centre de tri), finissent par se retrouver au LET. La RMR pourrait aussi, comme elle l'a fait avec le projet *Réemploi+*, susciter et encourager des initiatives d'économie circulaire.

Stratégie de valorisation énergétique des déchets

Techniquement, la torchère permet d'éliminer en partie le méthane (CH₄) au LET. Mais le méthane peut être capturé et utilisé comme source d'énergie renouvelable. La RMR évalue d'ailleurs un projet d'usine de gaz naturel renouvelable (GNR) qui offre une valeur ajoutée au chapitre économique, mais aussi au niveau de la réduction des GES, notamment parce que ce « biométhane » vient remplacer le gaz naturel de source fossile. La RMR pourrait tout mettre en œuvre pour accélérer le déploiement de ce projet.

Stratégie d'optimisation des collectes

Une gestion efficace des flottes de véhicules, l'utilisation de véhicules propres et économes en carburant, voir même de véhicule électrique, l'optimisation des itinéraires de collectes, l'adoption d'un code de conduire écoresponsable, sont des mesures qui pourraient contribuer à réduire les émissions de GES.

Stratégie crédit carbone

La RMR pourrait quantifier et qualifier ses éventuelles réductions de GES pour les convertir en crédits carbones tout comme elle pourrait compenser ses émissions incompressibles en soutenant des projets bénéfiques pour l'environnement.

Recommandations sur le système de gestion des GES

Dans le but de réduire l'incertitude qu'elle peut contrôler, la RMR peut mettre en place des systèmes de gestion permettant d'assurer et d'améliorer la qualité de l'inventaire GES, dont la principale composante est un *Manuel de gestion des GES*. Le manuel de gestion des GES permet notamment de garantir une conformité au fil du temps. Il contient les politiques, les stratégies et les cibles en matière de GES, ainsi que les démarches à suivre concernant la quantification des GES, le système de gestion des renseignements sur les GES et la vérification des GES, si cela est applicable.

Enfin, certaines opportunités d'amélioration de la qualité des données recueillies pourraient permettre de diminuer l'incertitude telles que mettre en place une méthode de calcul du carburant consommé pour la machinerie dans les éco-centres, obtenir des fournisseurs et clients les distances parcourues et leurs consommations de carburant.

Remerciements

Nous tenons à remercier la Chaire en éco-conseil de l'UQAC pour avoir accepté de collaborer à la réalisation de ce mandat. Sans la collaboration de l'équipe de la RMR, notamment messieurs Guy Ouellet et Carl Gaudreault, respectivement directeur général et directeur des finances, ainsi que madame Émilie Hébert, contrôleur, il n'aurait pas été possible de réaliser ce rapport. Merci aussi à madame Noémie Simard, éco-conseillère, et monsieur Alexandre Coudé, contrôleur, du *Groupe Coderr* pour le partage des données de collectes pour le secteur des ICI.

ANNEXES DU RAPPORT D'INVENTAIRE GES DE LA RMR

Annexe I – Émissions biogéniques du traitement du compost et des BFS

Selon le *Guide de quantification des émissions de GES* (MELCCFP 2022b), le compostage est une mesure de réduction des matières organiques et des émissions de GES. Il s'agit d'un procédé de traitement biologique des matières organiques qui favorise l'aération. Le compostage génère surtout du CO₂ et de faibles quantités de CH₄ et de N₂O.

Toutefois, comme les émissions de CO₂ libérées lors du compostage résultent de la décomposition de matières organiques provenant de biomasse, elles sont considérées comme biogéniques, et ces émissions ne sont pas incluses dans l'inventaire des GES du Québec. Par conséquent, les estimations des émissions de GES du compostage comprennent seulement le CH₄ et le N₂O.

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

$$E_{CH_4} = FE_{CH_4} \times Qt_{MRO} \times 0,001$$

$$E_{N_2O} = FE_{N_2O} \times Qt_{MRO} \times 0,001$$

En 2022, le RMR a traité 3 120 tonnes de matières compostables à Dolbeau et 5 562 tonnes à Hébertville-Station, pour un total en 2022 de 8 682 tonnes de matières compostables. Selon la RMR, les boues de fosses septiques traitées à Dobleau sont composées à 95% d'eau et à 5% de matière organique. Nous avons considéré le tonnage de matière à la sortie du site de traitement en 2022, soit 747 tonnes de matières organiques (déchets solides municipaux). Le tableau ci-haut indique les facteurs d'émissions utilisées et les tonnages fournis par la RMR. Les facteurs de potentiel de réchauffement global (PRG) du CH₄ (28) et du N₂O (265) ont été appliqués pour ramener le tout en tonne équivalent CO₂. Ainsi, les émissions biogéniques pour le compost et les boues de fosses septiques en 2022 **sont de 583,7 tonnes équivalent CO₂**.

Type de matière	FECH ₄ Kg CH ₄ /t _{MRO}	N ₂ O Kg N ₂ O/t _{MRO}	Tonnage 2022	CH ₄	N ₂ O	tCO ₂ éq.
Mélange des déchets susmentionnés cocompostés	1,09	0,11	8 682 t (Centres de compostage)	9,46	0,96	517,6
Déchets solides municipaux	1,51	0,18	747 t (Site traitement BFS)	1,13	0,13	66,1

Annexe II – Les incertitudes

S'il existe des appareils et techniques permettant de mesurer directement dans l'air les émissions de gaz à effet de serre, cette approche n'est évidemment pas viable pour mesurer rapidement et efficacement les émissions induites par les activités des entreprises, même des plus petites. Afin d'inciter les organisations à réduire leurs émissions, il est impératif de proposer des standards de calcul afin de rendre plus accessible l'estimation de la quantité de GES qu'elles émettent. C'est ainsi que sont nées les différentes méthodologies d'établissement de bilan de gaz à effet de serre.

Réaliser l'inventaire de ses émissions de GES ne doit pas viser à comparer le résultat obtenu avec d'autres acteurs, ce qui donnerait lieu à des débats sans fin sur les méthodes de calcul, mais bien de permettre d'identifier des leviers visant à réduire ses émissions de GES et de répéter l'exercice dans le temps afin de constater la pertinence et l'efficacité des efforts de décarbonation déployés par son organisation.

Ce que l'on appelle couramment l'empreinte carbone d'une entreprise est donc le résultat de différentes collectes de données, elles-mêmes mesurées, et d'opérations (multiplications, sommes, extrapolations, etc.) opérées sur ces données. Par sa nature même, le calcul d'une empreinte carbone est une estimation qui comporte donc une part d'incertitude.

Les raisons de l'incertitude portée par les données d'activité et les facteurs d'émissions sont multiples :

- Manque d'exhaustivité : la quantité de données sources influe sur la précision.
- Manque de fiabilité : la qualité de la mesure ou le niveau d'estimation.
- Manque de représentativité temporelle : la "fraîcheur" des données dont la dernière mise à jour peut dater.
- Manque de représentativité géographique : la correspondance d'une donnée utilisée pour estimer la réalité du terrain.

Ainsi, la comptabilité GES repose sur des analyses de données qui amènent différents niveaux d'incertitudes, le résultat final de quantité totale de GES émis obtenu porte donc également un niveau d'incertitude. On parle dans ce cas d'agrégation de l'incertitude. C'est pourquoi il est également important de toujours considérer un inventaire des émissions de GES comme un ordre de grandeur et non comme une valeur exacte.

Lors de la réalisation d'un inventaire des émissions de GES, l'incertitude se situe donc principalement à deux endroits : au niveau des données d'activité récoltées et au niveau des facteurs d'émissions (FE) choisis. Les incertitudes sont alors reliées aux biais systémiques, par exemple, dues à l'absence de données. Comme la valeur exacte est inconnue, il existe systématiquement un biais relié à l'estimation. Elles sont reliées, d'une part aux facteurs d'émissions de GES et, d'autre part, aux données. C'est au niveau des

données d'activités récoltées que les organisations peuvent apporter une amélioration dans la gestion de la qualité de leur inventaire de GES.

Le tableau suivant présente la façon dont sont quantifiées les incertitudes systémiques pour cet inventaire. Bien que subjectives, ce sont des valeurs typiques proposées dans le *GHG Protocol*.

Quantification des incertitudes systémiques	
Faible	+/- 5%
Moyenne	+/- 15%
Forte	+/- 30%

Une incertitude globale a pu être estimée en utilisant l'équation ci-dessous (GIEC, 2006) :

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 * x_1)^2 + (U_2 * x_2)^2 + \dots + (U_n * x_n)^2}}{x_1 + x_2 + \dots + x_n}$$

Où :

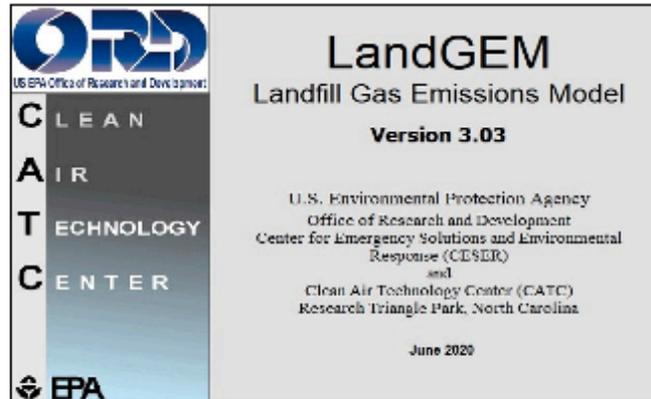
- U_{total} = Incertitude totale (en %)
- x_i = Émissions de GES (tCO₂éq) découlant du paramètre
- U_i = Incertitude associée à la quantité x_i

Lorsque l'élément présente plus d'une incertitude, l'incertitude la plus élevée est utilisée pour l'estimation. Par exemple, les émissions de GES découlant de la consommation de carburant ont été quantifiées en multipliant les données de consommation, présentant une incertitude de 5%, par le facteur d'émission du carburant correspondant, ayant une incertitude de 5%. Ainsi, l'incertitude de 5% a été utilisée pour le calcul de l'incertitude associée à ces émissions de GES.

Le tableau suivant présente l'estimation quantitative des incertitudes pour les principales sources du présent inventaire.

Sources d'émissions	Total des émissions en t CO₂éq.	+ ou - en %
Déplacements de fonction	16,54	5%
Machinerie autres installations	440,50	5%
Machinerie des écocentres	164,22	15%
Torchère au LET H-S	2 262,18	5%
Décomposition matières au LET H-S	6 249,37	5%
Consommation d'hydroélectricité	5,29	5%
Transport des matières - sorties matières écocentres	195,27	15%
Transport des matières - sorties matières CTRI	166,40	15%
Transport des matières - centres de transfert	194,56	15%
Distribution du compost	1,03	15%
Collectes résidentielles - déchets	884,39	5%
Collectes résidentielles - matières recyclables	732,61	5%
Collectes résidentielles - matières organiques	708,91	5%
Collecte résidentielle BFS	202,73	30%
Déplacements domicile-travail	100,19	15%
Déplacements visiteurs écocentres	847,24	15%
Collecte s auprès des ICI	850,65	30%
Voyage d'affaires	0,00	15%
Totaux	14 022,06	3%
Incertitude globale (GIEC 2006)	+ ou - 449 t CO₂éq.	

ANNEXE 2 RAPPORT LANDGEM



Summary Report

Landfill Name or Identifier:

Date: mardi 26 décembre 2023

Description/Comments:

About LandGEM:

First-Order Decomposition Rate Equation:

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 kL_o \left(\frac{M_i}{10} \right) e^{-kt_{i,j}}$$

Where,

Q_{CH_4} = annual methane generation in the year of the calculation ($m^3/year$)

i = 1-year time increment

n = (year of the calculation) - (initial year of waste acceptance)

j = 0.1-year time increment

k = methane generation rate ($year^{-1}$)

L_o = potential methane generation capacity (m^3/Ma)

M_i = mass of waste accepted in the i^{th} year (Ma)

$t_{i,j}$ = age of the j^{th} section of waste mass M_i accepted in the i^{th} year (decimal years . e.g. 3.2 years)

LandGEM is based on a first-order decomposition rate equation for quantifying emissions from the decomposition of landfilled waste in municipal solid waste (MSW) landfills. The software provides a relatively simple approach to estimating landfill gas emissions. Model defaults are based on empirical data from U.S. landfills. Field test data can also be used in place of model defaults when available. Further guidance on EPA test methods, Clean Air Act (CAA) regulations, and other guidance regarding landfill gas emissions and control technology requirements can be found at <http://www.epa.gov/natw01/landfill/landfillpg.html>.

LandGEM is considered a screening tool — the better the input data, the better the estimates. Often, there are limitations with the available data regarding waste quantity and composition, variation in design and operating practices over time, and changes occurring over time that impact the emissions potential. Changes to landfill operation, such as operating under wet conditions through leachate recirculation or other liquid additions, will result in generating more gas at a faster rate. Defaults for estimating emissions for this type of operation are being developed to include in LandGEM along with defaults for conventional landfills (no leachate or liquid additions) for developing emission inventories and determining CAA applicability. Refer to the Web site identified above for future updates.

Input Review

LANDFILL CHARACTERISTICS

Landfill Open Year	2022	
Landfill Closure Year (with 80-year limit)	2022	
Actual Closure Year (without limit)	2022	
Have Model Calculate Closure Year?	No	
Waste Design Capacity		<i>megagrams</i>

MODEL PARAMETERS

Methane Generation Rate, k	0,050	<i>year⁻¹</i>
Potential Methane Generation Capacity, L ₀	170	<i>m³/Mg</i>
NMOC Concentration	600	<i>ppmv as hexane</i>
Methane Content	50	<i>% by volume</i>

GASES / POLLUTANTS SELECTED

Gas / Pollutant #1:	Total landfill gas
Gas / Pollutant #2:	Methane
Gas / Pollutant #3:	Carbon dioxide
Gas / Pollutant #4:	NMOC

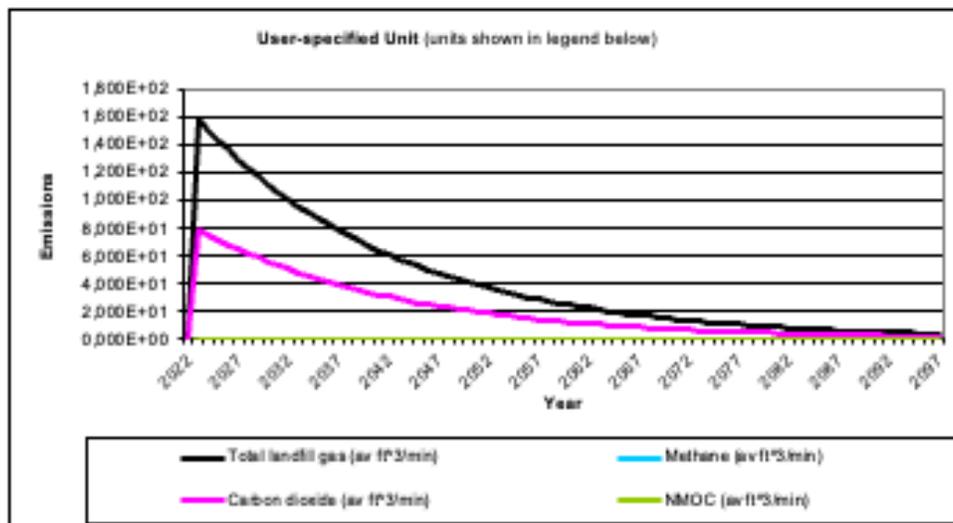
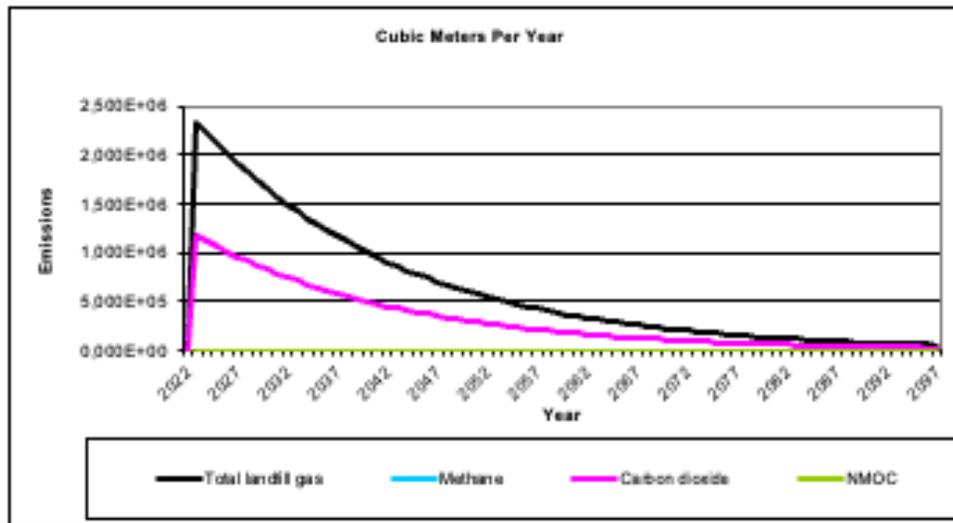
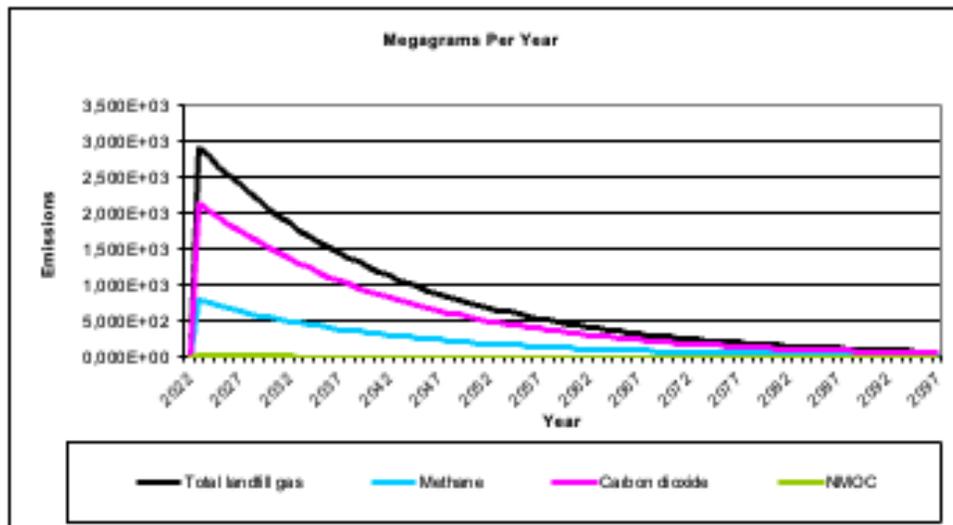
WASTE ACCEPTANCE RATES

Year	Waste Accepted		Waste-In-Place	
	(Mg/year)	(short tons/year)	(Mg)	(short tons)
2022	141 195	155 315	0	0
2023	0	0	141 195	155 315
2024	0	0	141 195	155 315
2025	0	0	141 195	155 315
2026	0	0	141 195	155 315
2027	0	0	141 195	155 315
2028	0	0	141 195	155 315
2029	0	0	141 195	155 315
2030	0	0	141 195	155 315
2031	0	0	141 195	155 315
2032	0	0	141 195	155 315
2033	0	0	141 195	155 315
2034	0	0	141 195	155 315
2035	0	0	141 195	155 315
2036	0	0	141 195	155 315
2037	0	0	141 195	155 315
2038	0	0	141 195	155 315
2039	0	0	141 195	155 315
2040	0	0	141 195	155 315
2041	0	0	141 195	155 315
2042	0	0	141 195	155 315
2043	0	0	141 195	155 315
2044	0	0	141 195	155 315
2045	0	0	141 195	155 315
2046	0	0	141 195	155 315
2047	0	0	141 195	155 315
2048	0	0	141 195	155 315
2049	0	0	141 195	155 315
2050	0	0	141 195	155 315
2051	0	0	141 195	155 315
2052	0	0	141 195	155 315
2053	0	0	141 195	155 315
2054	0	0	141 195	155 315
2055	0	0	141 195	155 315
2056	0	0	141 195	155 315
2057	0	0	141 195	155 315
2058	0	0	141 195	155 315

Pollutant Parameters

	Gas / Pollutant Default Parameters:		User-specified Pollutant Parameters:		
	Compound	Concentration (ppmv)	Molecular Weight	Concentration (ppmv)	Molecular Weight
Gases	Total landfill gas		0.00		
	Methane		16.04		
	Carbon dioxide		44.01		
	NMOC	4.000	86.18		
Pollutants	1,1,1-Trichloroethane (methyl chloroform) - HAP	0.48	133.41		
	1,1,2,2-Tetrachloroethane - HAP/VOC	1.1	167.85		
	1,1-Dichloroethane (ethylene dichloride) - HAP/VOC	2.4	98.97		
	1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride) - HAP/VOC	0.20	96.94		
	1,2-Dichloroethane (ethylene dichloride) - HAP/VOC	0.41	98.96		
	1,2-Dichloropropane (propylene dichloride) - HAP/VOC	0.18	112.99		
	2-Propanol (isopropyl alcohol) - VOC	50	60.11		
	Acetone	7.0	58.08		
	Acrylonitrile - HAP/VOC	6.3	53.06		
	Benzene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	1.9	78.11		
	Benzene - Co-disposal - HAP/VOC	11	78.11		
	Bromodichloromethane - VOC	3.1	163.83		
	Butane - VOC	5.0	58.12		
	Carbon disulfide - HAP/VOC	0.58	76.13		
	Carbon monoxide	140	28.01		
	Carbon tetrachloride - HAP/VOC	4.0E-03	153.84		
	Carbonyl sulfide - HAP/VOC	0.49	60.07		
	Chlorobenzene - HAP/VOC	0.25	112.56		
	Chlorodifluoromethane	1.3	86.47		
	Chloroethane (ethyl chloride) - HAP/VOC	1.3	64.52		
	Chloroform - HAP/VOC	0.03	119.39		
	Chloromethane - VOC	1.2	50.49		
	Dichlorobenzene - (HAP for para isomer/VOC)	0.21	147		
	Dichlorodifluoromethane	16	120.91		
	Dichlorofluoromethane - VOC	2.6	102.92		
	Dichloromethane (methylene chloride) - HAP	14	84.94		
	Dimethyl sulfide (methyl sulfide) - VOC	7.8	62.13		
	Ethane	890	30.07		
	Ethanol - VOC	27	46.08		

Graphs



Results

Year	Total landfill gas			Methane		
	(Mg/year)	(m ³ /year)	(av ft ³ /min)	(Mg/year)	(m ³ /year)	(av ft ³ /min)
2022	0	0	0	0	0	0
2023	2.91E+03	2.947E+06	1.577E+02	7.629E+02	1.174E+06	7.885E+01
2024	2.788E+03	2.233E+06	1.500E+02	7.448E+02	1.116E+06	7.501E+01
2025	2.652E+03	2.124E+06	1.427E+02	7.084E+02	1.062E+06	7.135E+01
2026	2.523E+03	2.020E+06	1.357E+02	6.739E+02	1.010E+06	6.787E+01
2027	2.400E+03	1.922E+06	1.291E+02	6.410E+02	9.608E+05	6.456E+01
2028	2.283E+03	1.828E+06	1.228E+02	6.098E+02	9.140E+05	6.141E+01
2029	2.171E+03	1.739E+06	1.168E+02	5.800E+02	8.694E+05	5.842E+01
2030	2.066E+03	1.654E+06	1.111E+02	5.517E+02	8.270E+05	5.557E+01
2031	1.965E+03	1.573E+06	1.057E+02	5.248E+02	7.867E+05	5.296E+01
2032	1.869E+03	1.497E+06	1.006E+02	4.992E+02	7.483E+05	5.028E+01
2033	1.778E+03	1.424E+06	9.565E+01	4.748E+02	7.118E+05	4.783E+01
2034	1.691E+03	1.354E+06	9.099E+01	4.517E+02	6.771E+05	4.549E+01
2035	1.609E+03	1.288E+06	8.655E+01	4.297E+02	6.441E+05	4.328E+01
2036	1.530E+03	1.225E+06	8.233E+01	4.087E+02	6.127E+05	4.116E+01
2037	1.456E+03	1.166E+06	7.831E+01	3.888E+02	5.828E+05	3.916E+01
2038	1.385E+03	1.109E+06	7.449E+01	3.698E+02	5.544E+05	3.725E+01
2039	1.317E+03	1.055E+06	7.088E+01	3.518E+02	5.273E+05	3.543E+01
2040	1.253E+03	1.003E+06	6.741E+01	3.346E+02	5.016E+05	3.370E+01
2041	1.192E+03	9.543E+05	6.412E+01	3.183E+02	4.771E+05	3.206E+01
2042	1.134E+03	9.077E+05	6.099E+01	3.028E+02	4.539E+05	3.050E+01
2043	1.079E+03	8.633E+05	5.802E+01	2.880E+02	4.317E+05	2.901E+01
2044	1.026E+03	8.214E+05	5.519E+01	2.740E+02	4.107E+05	2.759E+01
2045	9.757E+02	7.813E+05	5.250E+01	2.608E+02	3.906E+05	2.625E+01
2046	9.281E+02	7.432E+05	4.984E+01	2.479E+02	3.716E+05	2.497E+01
2047	8.829E+02	7.069E+05	4.750E+01	2.358E+02	3.535E+05	2.375E+01
2048	8.398E+02	6.725E+05	4.518E+01	2.243E+02	3.362E+05	2.259E+01
2049	7.988E+02	6.397E+05	4.298E+01	2.134E+02	3.198E+05	2.149E+01
2050	7.598E+02	6.085E+05	4.088E+01	2.030E+02	3.042E+05	2.044E+01
2051	7.228E+02	5.788E+05	3.889E+01	1.931E+02	2.894E+05	1.944E+01
2052	6.876E+02	5.506E+05	3.699E+01	1.837E+02	2.753E+05	1.850E+01
2053	6.540E+02	5.237E+05	3.519E+01	1.747E+02	2.619E+05	1.759E+01
2054	6.221E+02	4.982E+05	3.347E+01	1.662E+02	2.491E+05	1.674E+01
2055	5.918E+02	4.739E+05	3.184E+01	1.581E+02	2.369E+05	1.592E+01
2056	5.629E+02	4.508E+05	3.029E+01	1.504E+02	2.254E+05	1.514E+01
2057	5.355E+02	4.288E+05	2.881E+01	1.430E+02	2.144E+05	1.441E+01
2058	5.094E+02	4.079E+05	2.741E+01	1.361E+02	2.039E+05	1.370E+01
2059	4.845E+02	3.880E+05	2.607E+01	1.294E+02	1.940E+05	1.303E+01
2060	4.608E+02	3.691E+05	2.480E+01	1.231E+02	1.845E+05	1.240E+01
2061	4.384E+02	3.511E+05	2.359E+01	1.171E+02	1.755E+05	1.179E+01
2062	4.170E+02	3.339E+05	2.244E+01	1.114E+02	1.670E+05	1.122E+01
2063	3.967E+02	3.177E+05	2.134E+01	1.060E+02	1.589E+05	1.067E+01
2064	3.773E+02	3.022E+05	2.030E+01	1.008E+02	1.511E+05	1.015E+01
2065	3.589E+02	2.874E+05	1.931E+01	9.588E+01	1.437E+05	9.656E+00
2066	3.414E+02	2.734E+05	1.837E+01	9.120E+01	1.367E+05	9.185E+00
2067	3.248E+02	2.601E+05	1.747E+01	8.675E+01	1.300E+05	8.737E+00
2068	3.089E+02	2.474E+05	1.662E+01	8.252E+01	1.237E+05	8.311E+00
2069	2.938E+02	2.353E+05	1.581E+01	7.850E+01	1.177E+05	7.906E+00
2070	2.795E+02	2.238E+05	1.504E+01	7.467E+01	1.119E+05	7.520E+00
2071	2.659E+02	2.129E+05	1.431E+01	7.103E+01	1.065E+05	7.153E+00

Results (Continued)

Year	Total landfill gas			Methane		
	(Mg/year)	(m ³ /year)	(av ft ³ /min)	(Mg/year)	(m ³ /year)	(av ft ³ /min)
2072	2.529E+02	2.025E+05	1.361E+01	6.756E+01	1.013E+05	6.804E+00
2073	2.406E+02	1.927E+05	1.295E+01	6.427E+01	9.633E+04	6.473E+00
2074	2.289E+02	1.833E+05	1.231E+01	6.113E+01	9.163E+04	6.157E+00
2075	2.177E+02	1.743E+05	1.171E+01	5.815E+01	8.717E+04	5.857E+00
2076	2.071E+02	1.658E+05	1.114E+01	5.532E+01	8.291E+04	5.571E+00
2077	1.970E+02	1.577E+05	1.060E+01	5.262E+01	7.887E+04	5.299E+00
2078	1.874E+02	1.500E+05	1.008E+01	5.005E+01	7.502E+04	5.041E+00
2079	1.782E+02	1.427E+05	9.590E+00	4.761E+01	7.137E+04	4.795E+00
2080	1.696E+02	1.358E+05	9.122E+00	4.529E+01	6.788E+04	4.561E+00
2081	1.613E+02	1.291E+05	8.677E+00	4.308E+01	6.457E+04	4.339E+00
2082	1.534E+02	1.228E+05	8.254E+00	4.098E+01	6.142E+04	4.127E+00
2083	1.459E+02	1.169E+05	7.852E+00	3.898E+01	5.843E+04	3.926E+00
2084	1.388E+02	1.112E+05	7.469E+00	3.708E+01	5.558E+04	3.734E+00
2085	1.320E+02	1.057E+05	7.104E+00	3.527E+01	5.287E+04	3.552E+00
2086	1.256E+02	1.006E+05	6.759E+00	3.355E+01	5.029E+04	3.379E+00
2087	1.195E+02	9.568E+04	6.428E+00	3.191E+01	4.784E+04	3.214E+00
2088	1.137E+02	9.101E+04	6.115E+00	3.036E+01	4.550E+04	3.057E+00
2089	1.081E+02	8.657E+04	5.817E+00	2.888E+01	4.328E+04	2.908E+00
2090	1.028E+02	8.235E+04	5.533E+00	2.747E+01	4.117E+04	2.766E+00
2091	9.782E+01	7.833E+04	5.263E+00	2.613E+01	3.917E+04	2.632E+00
2092	9.305E+01	7.451E+04	5.006E+00	2.486E+01	3.726E+04	2.503E+00
2093	8.851E+01	7.088E+04	4.762E+00	2.364E+01	3.544E+04	2.381E+00
2094	8.420E+01	6.742E+04	4.530E+00	2.249E+01	3.371E+04	2.265E+00
2095	8.009E+01	6.413E+04	4.309E+00	2.139E+01	3.207E+04	2.155E+00
2096	7.618E+01	6.101E+04	4.090E+00	2.033E+01	3.050E+04	2.049E+00
2097	7.247E+01	5.803E+04	3.893E+00	1.930E+01	2.901E+04	1.950E+00
2098	6.893E+01	5.520E+04	3.709E+00	1.841E+01	2.760E+04	1.854E+00
2099	6.557E+01	5.251E+04	3.528E+00	1.752E+01	2.625E+04	1.764E+00
2100	6.237E+01	4.995E+04	3.356E+00	1.666E+01	2.497E+04	1.678E+00
2101	5.933E+01	4.751E+04	3.192E+00	1.585E+01	2.376E+04	1.596E+00
2102	5.644E+01	4.519E+04	3.037E+00	1.508E+01	2.260E+04	1.518E+00
2103	5.369E+01	4.299E+04	2.889E+00	1.434E+01	2.149E+04	1.444E+00
2104	5.107E+01	4.089E+04	2.748E+00	1.364E+01	2.045E+04	1.374E+00
2105	4.858E+01	3.890E+04	2.614E+00	1.298E+01	1.945E+04	1.307E+00
2106	4.621E+01	3.700E+04	2.486E+00	1.234E+01	1.850E+04	1.243E+00
2107	4.395E+01	3.520E+04	2.365E+00	1.174E+01	1.760E+04	1.182E+00
2108	4.181E+01	3.348E+04	2.250E+00	1.117E+01	1.674E+04	1.125E+00
2109	3.977E+01	3.185E+04	2.140E+00	1.062E+01	1.592E+04	1.070E+00
2110	3.783E+01	3.029E+04	2.035E+00	1.011E+01	1.515E+04	1.018E+00
2111	3.599E+01	2.882E+04	1.936E+00	9.613E+00	1.441E+04	9.681E-01
2112	3.423E+01	2.741E+04	1.842E+00	9.144E+00	1.371E+04	9.209E-01
2113	3.256E+01	2.607E+04	1.752E+00	8.698E+00	1.304E+04	8.760E-01
2114	3.097E+01	2.480E+04	1.667E+00	8.274E+00	1.240E+04	8.333E-01
2115	2.946E+01	2.359E+04	1.585E+00	7.870E+00	1.180E+04	7.925E-01
2116	2.803E+01	2.244E+04	1.508E+00	7.486E+00	1.122E+04	7.540E-01
2117	2.668E+01	2.135E+04	1.434E+00	7.121E+00	1.067E+04	7.172E-01
2118	2.536E+01	2.031E+04	1.364E+00	6.774E+00	1.015E+04	6.822E-01
2119	2.412E+01	1.932E+04	1.298E+00	6.443E+00	9.658E+03	6.489E-01
2120	2.295E+01	1.837E+04	1.235E+00	6.129E+00	9.187E+03	6.173E-01
2121	2.183E+01	1.748E+04	1.174E+00	5.830E+00	8.739E+03	5.872E-01
2122	2.076E+01	1.663E+04	1.117E+00	5.546E+00	8.313E+03	5.585E-01