

**MÉTHODOLOGIE DE QUANTIFICATION DE SOURCES ET DE PUIITS DE GAZ
À EFFET DE SERRE DE L'ARRONDISSEMENT LE SUD-OUEST POUR L'ANNÉE
2019 DANS UN OBJECTIF DE RÉDUCTION**

par

Odile GAUTHIER-PLAMONDON

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
COMME EXIGENCE PARTIELLE À L'OBTENTION DE LA MAÎTRISE
AVEC MÉMOIRE EN GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT
M. Sc. A.**

MONTRÉAL, LE 17 DÉCEMBRE 2024

**ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC**

©Tous droits réservés

Cette licence signifie qu'il est interdit de reproduire, d'enregistrer ou de diffuser en tout ou en partie, le présent document. Le lecteur qui désire imprimer ou conserver sur un autre media une partie importante de ce document, doit obligatoirement en demander l'autorisation à l'auteur.

PRÉSENTATION DU JURY
CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ
PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

Mme Annie Levasseur, directrice de mémoire
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Éric Lachance-Tremblay, président du jury
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Mathieu Lapointe, membre du jury
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

IL A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC

LE 9 DÉCEMBRE 2024

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

REMERCIEMENTS

Je remercie sincèrement la professeure Annie Levasseur, directrice de ce projet de recherche, pour son encadrement constant et le dévouement dont elle a fait preuve tout au long de cette étape de mon parcours. La professeure Levasseur est une experte de son domaine et c'est un grand honneur d'avoir pu apprendre à ses côtés.

Je remercie chaleureusement Marie-Joëlle Fluet et Thibaut Temmerman de l'Arrondissement Le Sud-Ouest de Montréal qui m'ont dirigé vers les bonnes ressources à tout coup. Ils ont aussi été des mentors tout au long de la réalisation du projet.

Je remercie grandement les membres du personnel de l'ÉTS qui ont contribué à ma réussite en passant par les professionnels des services à la vie étudiante, les responsables des clubs étudiants et l'équipe du Centre sportif.

Je remercie mes collègues du Centre de réparation et d'ajustements de bicyclettes de l'ÉTS (CRABE) avec qui j'ai pu travailler sur de nombreuses initiatives afin de mobiliser la communauté de l'ÉTS concernant les enjeux de la mobilité active.

Je remercie mon ami et fidèle collègue d'écriture de mémoire, Mathieu Lévesque, toujours présent pour des séances de rédaction hebdomadaire. Merci de ta constance et de ta détermination, il s'agit d'un parcours du combattant traversé en synchronicité.

Je remercie mes parents, Chantal, Michel, et mon frère, Louis, pour leur soutien tout au long de mon cheminement scolaire. Pour les nombreux services rendus, l'écoute et la compassion, vous avez toute ma reconnaissance.

À mes amis, un très grand merci pour les moments de rigolade, d'aventure, de détente, je suis très choyée d'être aussi bien entourée. Une fois reposée, je pouvais mieux me concentrer sur mon projet de recherche.

Méthodologie de quantification de sources et puits d'émissions de gaz à effet de serre de l'Arrondissement Le Sud-Ouest pour l'année 2019 dans un objectif de réduction

Odile GAUTHIER-PLAMONDON

RÉSUMÉ

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) anthropiques sont à l'origine de changements climatiques globaux. Afin de maintenir l'équilibre climatique et de permettre l'adaptation aux changements à venir, une réduction des émissions ainsi que l'augmentation de la séquestration du carbone atmosphérique sont de mise. L'Arrondissement le Sud-Ouest de la Ville de Montréal envisage la mise en place d'action de réduction d'émissions dans le but d'optimiser la circularité des flux de GES et d'assurer la neutralité carbone du territoire. L'atteinte de cet objectif doit être précédé d'un portrait annuel des émissions. Les méthodologies existantes appliquées à des petits territoires ignorent encore la majorité des émissions indirectes issues de la consommation des habitants et le potentiel de séquestration des arbres urbains. Cette étude vise à combler ces lacunes méthodologiques et à adapter les outils méthodologiques conçus pour des territoires de grandes échelles à l'échelle du Sud-Ouest. La méthode développée au travers de cette recherche est appliquée pour l'année 2019. Elle est basée sur le Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions Inventories et le protocole des partenaires dans la protection du climat. Un questionnaire d'enquête a été transmis à des répondants volontaires parmi les ménages du Sud-Ouest pour recueillir des données de consommation. Des équations basées sur les indices de canopée permettent de connaître la quantité annuelle de carbone séquestré par les arbres urbains. Une méthodologie de quantification à l'échelle locale permet de prendre en considération des particularités de quartier, permettant d'optimiser les ressources déployées lors de la mise en place d'actions de réduction. La canopée urbaine ne permet pas de compenser les émissions de GES anthropiques à l'échelle du Sud-Ouest. L'impact des émissions intrinsèques des ménages est supérieur à celui des émissions directes. Ces émissions devraient systématiquement être intégrées dans le travail de quantification. Un plan d'action de réduction des émissions doit être élaboré.

Mots-clés : gaz à effet de serre, émissions, inventaire, arrondissement, méthodologie, échelle locale

Methodology for Quantifying Sources and Sinks of Greenhouse Gas Emissions in Le Sud-Ouest Borough for the Year 2019 with a Reduction Objective

Odile GAUTHIER-PLAMONDON

ABSTRACT

Anthropogenic greenhouse gas (GHG) emissions are the primary drivers of global climate change. To maintain climate balance and enable adaptation to future changes, reducing emissions and increasing the sequestration of atmospheric carbon are essential. The Sud-Ouest Borough of Montreal is considering implementing emission reduction measures to optimize the circularity of GHG flows and ensure carbon neutrality within its territory. Achieving this objective requires the development of an annual emissions inventory. Existing methodologies applied to small territories often overlook most indirect emissions from residents' consumption and the carbon sequestration potential of urban trees. This study aims to address these methodological gaps and adapt tools designed for large-scale territories to the scale of the Sud-Ouest Borough. The method developed through this research is applied to the year 2019. It is based on the Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions Inventories and the Partners for Climate Protection Protocol. A survey questionnaire was distributed to volunteer respondents among households in the Sud-Ouest to collect consumption data. Equations based on canopy indices were used to estimate the annual amount of carbon sequestered by urban trees. A localized quantification methodology was developed to account for neighborhood-specific characteristics, optimizing resource deployment for emission reduction measures. The urban canopy cannot offset anthropogenic GHG emissions at the scale of the Sud-Ouest. The impact of household intrinsic emissions surpasses that of direct emissions. These emissions should systematically be included in quantification efforts. An emission reduction action plan must therefore be developed.

Keywords : green house gas, emissions, inventory, borough, methodology, local scale

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE ET PROBLÉMATIQUE	5
1.1 Enjeux généraux des gaz à effet de serre et objectifs de réduction	5
1.2 Rôle des municipalités dans la lutte contre les changements climatiques	6
1.3 Inventaire de GES comme étape préliminaire de la mise en place de politiques	14
1.3.1 Inventaires nationaux - Contexte canadien	14
1.3.2 Inventaires provinciaux et municipaux - Contexte québécois	16
1.4 Cadre conceptuel des méthodes de quantifications des villes et municipalités	30
1.4.1 Définitions des champs d'émissions	30
1.4.2 Méthodes théoriques de quantification	31
1.4.3 Mise en application : méthode basée sur les facteurs d'émissions	34
1.4.4 Global Protocol for Cities (GPC) : définition, forces et limites	35
1.4.5 Particularités d'un petit territoire	38
1.5 Défis de quantification pour les territoires de petite échelle comme les villes, municipalités et arrondissements	38
1.5.1 Défi de frontières	39
1.5.2 Défi de comparaison entre territoires/organisations	39
1.5.3 Défi interurbain de double comptage	40
1.5.4 Défi de collecte de données	40
1.5.5 Défi d'échelle	41
CHAPITRE 2 MÉTHODOLOGIE	43
2.1 Synthèse de la problématique et objectifs du mémoire	43
2.2 Choix des secteurs d'inventaire	44
2.3 Facteurs d'émissions	45
2.4 Collecte de données	48
2.5 Inventaire des activités municipales	49
2.5.1 Flotte de véhicules	49
2.5.2 Bâtiments	50
2.5.3 Déchets solides	50
2.5.4 Traitement de l'eau potable	52
2.6 Inventaire des activités de la collectivité	52
2.6.1 Population de la collectivité	52
2.6.2 Énergie stationnaire	53
2.6.3 Transport	56
2.6.4 Matières résiduelles	63
2.7 Processus industriels et utilisation de produits (PIUP) et Agriculture, foresterie et autres affectations des terres (AFAAT)	67
2.8 Calculs d'incertitude d'inventaire	67
2.9 Séquestration du carbone	73

2.10	Sondage au ménage	75
2.10.1	Généralités	75
2.10.2	Énergie résidentielle.....	76
2.10.3	Transport routier	78
2.10.4	Alimentation	80
2.10.5	Enfouissement des déchets solides et traitement des matières organiques	81
2.10.6	Appareils électroniques.....	82
2.11	Méthode de mise à l'échelle de l'inventaire de l'Arrondissement	83
CHAPITRE 3	PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.....	85
3.1	Inventaires des activités municipales.....	85
3.2	Inventaire des activités de la collectivité	89
3.2.1	Sommaire de l'inventaire collectif.....	90
3.2.2	Énergie stationnaire	92
3.2.3	Transport.....	102
3.2.4	Matières résiduelles	112
3.2.5	Perspectives.....	117
3.2.6	Incertitudes	120
3.2.7	Limites générales d'inventaire	121
3.3	Séquestration du carbone	124
3.4	Sondage aux ménages	127
3.4.1	Aspects sociodémographiques	128
3.4.2	Ménages et inventaire collectif	131
3.4.3	Aspect consommation	133
3.5	Mise à l'échelle de l'inventaire de la Ville de Montréal.....	139
CHAPITRE 4	RECOMMANDATIONS ET TRAVAUX FUTURS.....	141
4.1	Recommandations et pistes d'actions	141
4.1.1	Rénovations et efficacité énergétique des bâtiments	141
4.1.2	Véhicules lourds et le transport urbain	143
4.1.3	Tri, collecte et éducation.....	145
4.1.4	Consommation et approvisionnement responsable.....	146
4.1.5	Végétation	147
4.2	Constats et conclusions sur la quantification à petite échelle	147
4.3	Futurs travaux de recherche	148
CONCLUSION	151
ANNEXE I	QUESTIONNAIRE D'ENQUÊTE.....	155
ANNEXE II	RÉPARTITION DES ÉMISSIONS DE LA COLLECTIVITÉ DU SUD-OUEST EN 2019 SELON LES SOUS-SECTEURS ET LES CHAMPS D'ÉMISSIONS	165
ANNEXE III	TABLEAUX DE REDDITION DE COMPTES D'INVENTAIRE.....	169

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	173
BIBLIOGRAPHIE	187

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1.1 Exemples de mesures de réduction des émissions envisageables au Canada en milieu municipal : secteur d'émissions du transport	9
Tableau 1.2 Exemples de mesures de réduction des émissions envisageables au Canada en milieu municipal : secteur d'émissions des bâtiments	10
Tableau 1.3 Exemples de mesures de réduction des émissions envisageables au Canada en milieu municipal : secteur d'émissions des déchets	12
Tableau 1.4 Exemples de mesures de réduction des émissions envisageables au Canada en milieu municipal : secteur d'émissions de l'utilisation des terres et du zonage	13
Tableau 1.5 Les principaux gaz à effet de serre couverts par les inventaires canadiens	16
Tableau 2.1 Facteurs d'émissions pour l'énergie stationnaire des secteurs résidentiel et commercial et institutionnel	45
Tableau 2.2 Facteurs d'émissions pour l'énergie stationnaire du secteur industriel	46
Tableau 2.3 Facteurs d'émissions pour le transport routier et hors-route	47
Tableau 2.4 Facteurs d'émissions pour le transport maritime et ferroviaire	48
Tableau 2.5 Facteurs d'émissions pour les matières résiduelles	48
Tableau 2.6 Incertitudes et qualité des données pour l'inventaire municipale	68
Tableau 2.7 Incertitudes et qualité des données pour l'inventaire collectif secteur de l'énergie stationnaire	69
Tableau 2.8 Incertitudes et qualité des données pour l'inventaire collectif secteur du transport	70
Tableau 2.9 Incertitudes et qualité des données de l'inventaire collectif secteur des matières résiduelles, des procédés industriels et de l'utilisation de produits	72
Tableau 2.10 Variables utilisées pour la quantification du carbone séquestré sur le territoire du Sud-Ouest.....	74

Tableau 2.11	Consommation moyenne en GJ/an des logements selon leur taille	77
Tableau 2.12	Coefficients d'émissions des sources d'énergie stationnaire	78
Tableau 2.13	Coefficients d'émissions selon le type de véhicule	79
Tableau 2.14	Coefficients d'émissions par portion de protéine consommée	80
Tableau 2.15	Coefficients d'émissions utilisés pour la quantification des émissions de GES des matières résiduelles	82
Tableau 2.16	Coefficients d'émissions utilisés pour quantifier les émissions de GES des appareils électroniques	83
Tableau 3.1	Proportion d'électricité consommée par le secteur industriel selon les différents quartiers de l'Arrondissement Le Sud-Ouest, 2019	97
Tableau 3.2	Taux d'émissions des différentes sources d'énergie du secteur résidentiel pour l'Arrondissement Le Sud-Ouest de la Ville de Montréal en 2019	98
Tableau 3.3	Proportions du parc de véhicules au Sud-Ouest en 2019 (mise à l'échelle de la Ville de Montréal).....	105
Tableau 3.4	Taux moyens d'émissions des carburants les plus utilisés pour le transport routier.....	106
Tableau 3.5	Résultats d'émissions des différentes méthodes de quantification du transport routier.....	106
Tableau 3.6	Répartition du parc de véhicules et des ventes de carburant en fonction du type de carburant utilisé pour Le Sud-Ouest en 2019	108
Tableau 3.7	Densité de population des territoires à l'étude	118
Tableau 3.8	Incertitudes des résultats d'inventaire municipal et incertitude globale.	120
Tableau 3.9	Incertitudes des résultats d'inventaire collectif et incertitude globale....	120
Tableau 3.10	Quantité de carbone séquestrée par les arbres urbains du Sud-Ouest en fonction de son indice de canopée	124
Tableau 3.11	Analyse du profil des personnes répondantes du questionnaire d'enquête.....	127

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1.1	Territoire de l'agglomération de Montréal et frontières de l'Arrondissement Le Sud-Ouest18
Figure 1.2	Schéma des méthodes de quantification géographique et de consommation31
Figure 1.3	Schéma des limites pour la méthode d'inventaire basée sur les infrastructures clés32
Figure 3.1	Répartition des émissions de GES en tCO ₂ éq. par secteur d'activités pour l'inventaire corporatif de l'Arrondissement Le Sud-Ouest en 2019..86
Figure 3.2	Proportion d'émissions de GES en tCO ₂ éq. des 5 bâtiments municipaux les plus émetteurs du Sud-Ouest en 201988
Figure 3.3	Répartition des émissions de GES en tCO ₂ éq. par type de véhicules de l'inventaire corporatif de l'Arrondissement Le Sud-Ouest en 201989
Figure 3.4	Répartition par secteur d'activités des émissions de GES de la collectivité de l'Arrondissement Le Sud-Ouest en 201990
Figure 3.5	Répartition des émissions de GES en tCO ₂ éq. du secteur de l'énergie stationnaire de l'Arrondissement Le Sud-Ouest en 2019.....93
Figure 3.6	Répartition des émissions en tCO ₂ éq. issues de la combustion du secteur industriel du Sud-Ouest pour l'année 201994
Figure 3.7	Répartition des émissions de GES en tCO ₂ éq. selon la source d'énergie pour le secteur industriel de la fabrication et énergétique du Sud-Ouest en 201995
Figure 3.8	Répartition des émissions de GES selon la source d'énergie du secteur résidentiel en fonction du pourcentage de consommation en GJ et des émissions en tCO ₂ éq. de l'Arrondissement Le Sud-Ouest en 2019.....97
Figure 3.9	Répartition des émissions de GES en tCO ₂ éq. et de la consommation d'énergie du secteur commercial et institutionnel en valeurs relatives du Sud-Ouest pour l'année 2019.....101

Figure 3.10	Répartition des émissions de GES du secteur des transports de l'Arrondissement Le Sud-Ouest en tCO ₂ éq. en 2019	103
Figure 3.11	Répartition des émissions de GES en tCO ₂ éq. du secteur des matières résiduelles, de la collectivité du Sud-Ouest 2019	113
Figure 3.12	Répartition des émissions de GES en tCO ₂ éq. par habitant et par région géographique en 2019	118
Figure 3.13	Répartition des émissions de GES en tCO ₂ éq. par quartier et par secteur des ménages sondés en 2022	131
Figure 3.14	Répartition des émissions de GES en tCO ₂ éq. de 3 secteurs d'inventaire pour la collectivité en 2019 et l'échantillon du Sud-Ouest en 2022	131
Figure 3.15	Répartition des émissions de GES en tCO ₂ éq. par secteur pour les ménages de l'échantillon sondé au Sud-Ouest, 2022.....	134
Figure 3.16	Répartition des émissions de GES en tCO ₂ éq. et de la quantité d'appareils appartenant aux ménages de l'échantillon du Sud-Ouest, 2019.....	136
Figure 3.17	Répartition en pourcentage des portions consommées et des tonnes d'équivalent CO ₂ émises selon le type de protéines consommées par l'échantillon des ménages du Sud-Ouest en 2019	138
Figure 3.18	Répartition des émissions de GES en tCO ₂ éq. par secteur de l'inventaire du Sud-Ouest mis à l'échelle de celui de l'agglomération de Montréal et de l'inventaire réel du Sud-Ouest en 2019	140

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ACV	Analyse de/du cycle de vie
AFAAT	Agriculture, foresterie et autres affectations des terres
BAPE	Bureau d’audience publique en environnement
CH₄	Méthane
CN	Canadien national
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CO₂	Dioxyde de carbone
CRD	Déchets de construction, rénovation et démolition
DBO₅	Demande biologique en oxygène
DHP	Diamètre hauteur poitrine
ECCC	Environnement et changements climatiques Canada
EIE	Environmental Insights Explorer
EPA	Environmental Protection Agency
FAQDD	Fonds d’action québécois pour le développement durable
FCM	Fédération canadiennes des municipalités
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe intergouvernemental d’experts sur le climat
GMR	Gestion des matières résiduelles
GN	Gaz naturel
GPC	Global Protocol for Cities
HFC	Hydrofluorocarbures

ICI	Institutions commerces et industries
ICLEI	Local Governments for Sustainability
LQE	Loi sur la Qualité de l’Environnement
MELCCFP	Ministère de l’Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
NO_x	Oxydes nitreux
O-D	Origine-Destination
OEE	Office de l’efficacité énergétique
PALTÉ	Plan d’action local de transition écologique de l’Arrondissement le Sud-Ouest
PER	Plan d’eau récepteur
PIUP	Procédés industriels et utilisation de produits
PM	Particules en suspension
PPC	Partenaires pour la protection du climat
RDOCECA	Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l’atmosphère
RIN	Rapport Inventaire national
SAAQ	Société de l’assurance automobile du Québec
SO	Le Sud-Ouest
SRM	Service du matériel roulant
STM	Société des transports de Montréal
VTT	Véhicule tout-terrain
WRI	World Resource Institute

LISTE DES SYMBOLES ET UNITÉS DE MESURE

GJ	Giga Joule
ha	Hectare
KgCO₂éq.	Kilogramme de dioxyde de carbone équivalent
km	Kilomètre
L	Litres
M	Mètre
m³	Mètre cube
tCO₂ éq.	Tonne de dioxyde de carbone équivalent

INTRODUCTION

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a élaboré plusieurs scénarios climatiques selon l'évolution des émissions de gaz à effet de serre anthropiques (GES) d'ici à 2100. Dans les scénarios les plus pessimistes, l'intensification et l'augmentation de la fréquence des épisodes météorologiques extrêmes sont à prévoir. Ces événements ont une capacité destructive dont l'ampleur des conséquences est encore inconnue. Dans l'objectif de mitiger les effets de ces changements, les états, dont le Canada, adoptent des objectifs de réduction d'émissions de GES. Entre les lignes, cela signifie une transition énergétique mondiale. Effectivement, la dépendance actuelle aux énergies fossiles est le plus important contributeur aux émissions mondiales. Le Canada a donc annoncé son intention d'atteindre la carboneutralité pour l'an 2050. Le gouvernement québécois ainsi que la Ville de Montréal ont aussi des objectifs de réduction. Ces objectifs sont nobles, mais ne pourront être atteints sans l'implication des gouvernements de proximité, soit les arrondissements, les municipalités et les villes de petites tailles exerçant une influence directe sur le mode de vie des personnes résidentes du territoire.

Dans ce contexte, l'étape initiale pour ces instances est de connaître le portrait de leurs émissions afin d'identifier les activités les plus émettrices sur le territoire et en quelle proportion. Cet exercice permet de suivre l'évolution des émissions pour un certain horizon de temps et d'identifier les tendances qui s'en dégagent. Par la suite, il sera possible d'implanter des mesures de réduction et d'en évaluer la portée.

L'Arrondissement le Sud-Ouest a donc entrepris cette démarche en se rangeant derrière l'objectif de carboneutralité de la Ville de Montréal pour l'année 2050. Cependant, les méthodes de quantification développées jusqu'à présent ne sont pas encore optimisées pour les territoires à petites échelles comme les arrondissements. De plus, la portion de séquestration du carbone par les arbres urbains y est rarement incluse. Un autre aspect rarement considéré est la portion des émissions indirectes générées par la consommation de biens et services produits à l'extérieur des frontières du territoire. Enfin, pour les gouvernements de proximité,

la mise en place de mesures ayant un impact direct sur la vie des personnes citoyennes demeure un enjeu. Ainsi, ils sont constamment à la recherche de méthodes innovantes pour maximiser la portée de leurs actions tout en favorisant le bien-être et la qualité de vie du milieu.

Outre Le Sud-Ouest, deux arrondissements sur un total de dix-neuf (19) ont déjà entrepris la quantification de leurs émissions de GES et seul l'Arrondissement de Saint-Laurent a mis en place un plan d'urgence climatique (Ville de Montréal, 2023b). Ce plan contient des mesures de réduction d'émissions. Il est essentiel d'entreprendre les travaux concernant la quantification à l'échelle locale afin de donner aux décideurs de proximité les outils pour agir adéquatement et conséquemment.

L'objectif de ce projet de recherche est donc de développer une méthodologie de quantification des émissions de GES pour l'Arrondissement Le Sud-Ouest et ce pour ses activités municipales ainsi que celles de la collectivité. Cela en incluant l'aspect séquestration par les arbres urbains ainsi que certains éléments d'émissions provenant de la consommation du territoire. Ce territoire est d'une échelle restreinte et sa gouvernance se distingue des villes et municipalités québécoises comme il s'inscrit dans la communauté métropolitaine de Montréal.

Le projet s'appuie sur les bases méthodologiques de quantification des émissions de GES développées par le GIEC, Environnement et changements climatiques Canada (ECCC), le Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) et le Service de l'environnement de la Ville de Montréal. Les guides méthodologiques de chacune de ces instances incluent les facteurs d'émissions les plus locaux et à jour pour les exercices d'inventaire. À l'échelle du Sud-Ouest, c'est l'outil PPC, développé par le programme des partenaires pour la protection du climat (PPC), qui a été retenu pour compiler les données et obtenir les résultats d'inventaire. En ce qui concerne la quantification de la séquestration carbone par la canopée urbaine, la méthode de Pasher et al. (2014) a été retenue. L'enquête auprès des ménages a pris la forme d'un questionnaire à réponses volontaires (méthode non probabiliste) constituant un échantillon de 200 ménages. Les données récoltées ont été couplées à des facteurs d'émissions pour permettre la quantification

des émissions de GES. Une méthode de mise à l'échelle par ratio de population a été utilisée pour estimer les émissions de l'Arrondissement en fonction de cette approche.

À l'aide de la méthode de quantification développée par ce projet, un portrait représentatif des émissions du territoire peut émerger. L'Arrondissement Le Sud-Ouest peut alors prendre connaissance des émissions de ses activités ainsi que de celles de sa population. Cela lui permettra de participer aux efforts de réduction des émissions de sorte à atteindre ses objectifs à l'horizon 2050. Grâce aux résultats obtenus dans le cadre de ce projet, l'Arrondissement a en main de nouveaux outils en vue d'optimiser la gestion de ses ressources (temps, argent, ressources humaines). L'idée étant d'investir dans les actions les plus bénéfiques et appropriées au contexte local du Sud-Ouest. Le portrait des émissions réalisé doit d'ailleurs mener à l'élaboration par l'Arrondissement d'un plan d'action.

Ce mémoire est divisé en 4 chapitres. Le premier chapitre décrit en détail la problématique étudiée. Il contient également une recension des écrits permettant de mieux comprendre les inventaires de GES à différentes échelles. Les méthodes de quantification actuelles ainsi que les défis rencontrés par celles-ci y sont aussi inclus. Le second chapitre permet de prendre connaissance de la méthodologie utilisée et développée pour la présente étude. Celles des inventaires des activités municipales, puis de la collectivité y sont explicitées. Celle utilisée pour quantifier la séquestration du carbone par la canopée est détaillée. La méthode développée pour quantifier les émissions résultant des activités des ménages de l'Arrondissement est aussi présentée. Ce chapitre inclut finalement la méthode pour mettre l'inventaire de la Ville de Montréal à l'échelle de l'Arrondissement. Le troisième chapitre présente les résultats associés à chacune des démarches méthodologiques du chapitre 2. Les inventaires sont donc présentés et discutés sous un angle méthodologique. Les limites et bénéfices de la canopée urbaine sont également discutés. Les résultats de l'enquête auprès des ménages permettent de discuter des liens entre les émissions de GES et les aspects sociodémographiques et de consommation de l'Arrondissement. Les résultats concernant la mise à l'échelle de l'inventaire de la Ville de Montréal sont aussi présentés et analysés. Le quatrième et dernier chapitre présente des pistes

d'actions et de recommandations pour l'Arrondissement à l'égard des résultats obtenus au moyen de la présente étude.

CHAPITRE 1

REVUE DE LITTÉRATURE ET PROBLÉMATIQUE

1.1 Enjeux généraux des gaz à effet de serre et objectifs de réduction

À l'horizon 2050, il est attendu que la demande mondiale en énergie soit de 80 % plus élevée qu'actuellement et que la demande en nourriture augmente de 70 %. Actuellement, la réponse à la demande énergétique et productive se fait par l'exploitation de sources d'énergie fossile. Ces dernières sont responsables de la majeure partie des émissions de GES anthropogéniques qui induisent les changements climatiques. Les émissions anthropogéniques sont celles provenant d'activités humaines comme la consommation d'énergie fossile pour le transport ou le chauffage des bâtiments. Elles ne doivent pas être confondues avec celles des activités terrestres naturelles comme l'évaporation de l'eau, l'activité volcanique ou encore la respiration des êtres vivants. Il est d'ailleurs prévu que si le statu quo est maintenu, les émissions de GES augmenteront de 50 % à l'échelle mondiale d'ici 2050. Considérant les bouleversements climatiques que pourrait entraîner une telle augmentation, il apparaît nécessaire de mettre en œuvre des efforts concertés à l'échelle internationale pour réduire les émissions de GES et augmenter la séquestration de carbone (F. Wang et al., 2021).

En réponse à cet enjeu, 196 pays du monde ont signé un traité international juridiquement contraignant sur les changements climatiques. Ce dernier a été ratifié à Paris, en France, en décembre 2015, il est donc appelé l'Accord de Paris. Dans ce traité, les pays se sont entendus pour limiter le réchauffement planétaire sous la barre de 2,0 °C et si possible de ne pas dépasser le point de bascule du 1,5 °C. Pour atteindre ce dernier objectif, les efforts de réduction internationaux doivent permettre d'atteindre l'objectif de la carboneutralité en 2050 (F. Wang et al., 2021).

C'est dans ce contexte que la Ville de Montréal s'est engagée à devenir un territoire carboneutre à l'horizon 2050 (Montréal, 2022). Montréal fait partie du réseau *C40 Cities* un regroupement international d'environ 100 villes engagées dans la lutte contre les changements

climatiques (C40 Cities Climate Leadership Group, 2023b). Chaque membre s'engage à réduire suffisamment les émissions de GES de son territoire afin de contribuer à limiter le réchauffement planétaire à 1,5 °C. Il s'engage aussi à faire cette démarche de manière inclusive, collaborative et basée sur la connaissance scientifique (C40 Cities Climate Leadership Group, 2023a). Des principes de bases doivent être respectés par les membres du *C40 Cities*, parmi ces derniers, figure l'élaboration d'un plan Climat (C40 Cities Climate Leadership Group, 2023a). Le plan Climat 2020-2030 de la Ville de Montréal sert donc de feuille de route pour l'atteinte de ses objectifs et par le fait même pour respecter ses engagements auprès du *C40 Cities*.

Hormis le *C40 Cities*, le programme canadien des Partenaires dans la protection du climat (PPC) compte pour sa part 500 membres. Chapeautées par ICLEI (Local Governments for Sustainability) Canada et la Fédération canadienne des municipalités, ces villes et municipalités font partie d'une démarche de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Elles s'engagent à quantifier leurs émissions de GES, à se fixer des objectifs de réduction et à mettre en œuvre des actions afin d'atteindre leurs cibles (Partenaires pour la protection du climat, 2021). L'Arrondissement du Sud-Ouest de la Ville de Montréal est d'ailleurs membre du programme PPC.

1.2 Rôle des municipalités dans la lutte contre les changements climatiques

La majorité des activités émettrices de GES comme la consommation de biens et de services et l'utilisation d'énergie directe et indirecte ont lieu en milieu urbain (S. Chen, Long, Fath, & Chen, 2020 ; Ghaemi & Smith, 2020 ; Mirabella & Allacker, 2021). En effet, les villes sont des entités qui dépendent énormément de leur environnement externe pour s'approvisionner en ressources diverses qui seront transformées sur le territoire ou consommées telles quelles (S. Chen et al., 2020).

Les émissions de GES sont aussi une externalité de l'urbanisation. Elle-même caractérisée par un changement d'usage des terres, de nouvelles constructions, des sols imperméables, lisses et

absents de végétation et une grande quantité de rejets polluants (Santovito, Abiko, & Bienert, 2015).

En contexte occidental, Dodman (2009) nuance le propos selon lequel la responsabilité des émissions de GES mondiales repose sur les milieux urbains. Selon cet auteur, en règle générale, les résidents des milieux urbains génèrent moins de GES par habitant que ceux demeurant en milieu rural ou éloigné. Cet auteur mentionne qu'en dénonçant les divers émetteurs des milieux urbains, il ne faut pas oublier le cœur du problème : la consommation non durable. En guise de clôture, il souligne le potentiel des villes pour créer des milieux de vie durables et contribuer aux solutions concernant les enjeux climatiques (Dodman, 2009). Satterthwaite (2008) soutient les propos de Dodman en mentionnant la contribution des centrales énergétiques, des mines, des raffineries, etc., aux émissions de GES. Ces installations sont habituellement établies en périphérie des milieux urbains ou même en zone forestière ou rurale. Cet auteur mentionne également les nombreuses émissions résultant du transport international aérien et maritime qui sont difficilement attribuables à une poignée de villes ou municipalités malgré qu'elles possèdent possiblement un port et un aéroport (Satterthwaite, 2008).

Selon Hoornweg, Sugar et Trejos Gómez (2011), ces visions opposées proviennent du besoin de déterminer si la responsabilité attribuable aux émissions doit être portée par les producteurs ou les consommateurs. Des méthodes de quantification considérant les deux types d'acteurs ont été développées, elles seront traitées en section 1.4. Afin de remettre entre les mains des villes et municipalités leur juste part de responsabilité, cette question doit être éclaircie. À ce compte, les auteurs s'entendent avec S. Chen et al. (2020) réaffirmant le caractère dynamique et complexe des villes dans le contexte global. Non seulement elles sont en constante interaction avec le milieu externe bien au-delà de leurs frontières administratives, mais elles en dépendent (Hoornweg et al., 2011).

Afin de concrétiser ce potentiel de réduction des émissions et d'atteindre leurs cibles climatiques, les villes et municipalités comme instance gouvernementale peuvent agir en adoptant des politiques. Or, l'efficacité de ces dernières pour réduire les émissions de GES en

milieu urbain varie selon leurs caractéristiques économiques, démographiques, climatiques, etc. (S. Chen et al., 2020 ; Creutzig, Baiocchi, Bierkandt, Pichler, & Seto, 2015) Appliquer les mêmes actions à tous les milieux serait donc inefficace. S. Chen, Long, Fath, & Chen (2020) ont pu montrer au travers de leur étude que les villes ayant un taux d'émissions de CO₂ équivalent/habitant plus faible présentent plus de synergies entre les ressources de leurs différentes industries. Leurs flux d'énergie et de matières entrants et sortants sont alors considérés comme mieux équilibrés. Ces constats permettent entre autres de mieux analyser les solutions dites sobres en carbone afin de réconcilier les volets sociaux, économiques et environnementaux y étant associés. Ces propos sont appuyés par les travaux de Santovito et al., (2015) qui ajoutent que la planification et la coordination sont des étapes clés dans la mise en œuvre de ces actions. En effet, elles doivent être adéquatement priorisées et agencées aux besoins des différents secteurs d'activités. Les instances gouvernementales de proximité comme les villes et les arrondissements permettent une communication plus fluide et directe entre elles et la population. De plus, c'est à l'échelle urbaine que les co-bénéfices potentiels liés aux mesures d'adaptation et de mitigation en regard des changements climatiques sont les plus nombreux (Hoornweg et al., 2011).

Les solutions pouvant être envisagées par les villes et municipalités canadiennes sont diverses comme le montrent les tableaux 1.1, 1.2, 1.3 et 1.4. L'exemple détaillé suivant permet de mieux comprendre le processus de mise en œuvre de telles mesures. Une action municipale pourrait être d'installer plus de bornes de recharge pour les véhicules électriques, rendant beaucoup plus facile la transition d'un véhicule à essence en fin de vie vers un véhicule électrique, idem pour la transition de la flotte d'autobus publics. Concrètement, l'instance municipale peut, lors de l'émission des permis de construction ou de rénovation, obliger les promoteurs à inclure une borne dans leur projet. Elle peut aussi se renseigner sur le financement provincial et fédéral pouvant être alloué aux projets favorisant l'électrification des transports. Un autre levier possible est celui des partenariats avec d'autres villes pour construire un réseau de bornes cohérent avec le paysage local (Winter, Johnston, & Eidelman, 2022). Grâce à cette approche systémique, les sites de recharge sont choisis stratégiquement et peuvent même stimuler

l'activité économique lorsqu'ils sont implantés à proximité de commerces par exemple (Community Energy Association, 2019).

Tableau 1.1 Exemples de mesures de réduction des émissions envisageables au Canada en milieu municipal : secteur d'émissions du transport
Tiré de Arrondissement Le Sud-Ouest (s.d.), Montréal (2022) et Winter et al. (2022)

Mesures de réduction d'émission envisageables au Canada au niveau municipal	Planifié ou mis en place par la Ville de Montréal	Planifié ou mis en place par l'Arrondissement le Sud-Ouest
Instauration de tarifs de congestion routière		
Augmentation de la taxation sur le prix de l'essence		
Implantation de zones à faibles émissions (espaces désignés où le trafic est ralenti et où la consommation d'énergie est réglementée pour assurer de faibles émissions, certains types de véhicules peuvent par exemple y être interdits)	Oui PC p.63 horizon 2030	
Instauration de tarifs de stationnement plus élevé pour les véhicules à essence (énergies fossiles)		
Augmentation des infrastructures piétonnes et cyclables	Oui PC p.60	Oui PALTÉ p.33
Optimisation des transports en commun pour garantir leur disponibilité, leur qualité, leur caractère abordable, leur accessibilité, leur confort, etc.	Oui PC p.62	

Légende :

PC – Plan climat 2020-2030 de la Ville de Montréal

PALTÉ – Plan d'action local de transition écologique de l'Arrondissement le Sud-Ouest

Tableau 1.1 Exemples de mesures de réduction des émissions envisageables au Canada en milieu municipal : secteur d'émissions du transport (suite)

Tiré de Arrondissement Le Sud-Ouest (s.d.), Montréal (2022) et Winter et al. (2022)

Mesures de réduction d'émission envisageables au Canada au niveau municipal	Planifié ou mis en place par la Ville de Montréal	Planifié ou mis en place par l'Arrondissement le Sud-Ouest
Électrification des flottes d'autobus	Oui PC p.65 horizon 2040	
Soutien des entreprises offrant la livraison zéro émission	Oui PC p.66	

Légende :

PC – Plan climat 2020-2030 de la Ville de Montréal

PALTÉ – Plan d'action local de transition écologique de l'Arrondissement le Sud-Ouest

Tableau 1.2 Exemples de mesures de réduction des émissions envisageables au Canada en milieu municipal : secteur d'émissions des bâtiments

Tiré de Arrondissement Le Sud-Ouest (s.d.), Montréal (2022) et Winter et al. (2022)

Mesures de réduction d'émission envisageables au Canada au niveau municipal	Planifié ou mis en place par la Ville de Montréal	Planifié ou mis en place par l'Arrondissement le Sud-Ouest
Réglementation concernant les nouvelles constructions et les rénovations selon les thèmes de l'énergie, des matériaux, etc.	Oui PC p.78	Oui PALTÉ p.29
Rénovation de bâtiments pour améliorer l'efficacité énergétique		

Légende :

PC – Plan climat 2020-2030 de la Ville de Montréal

PALTÉ – Plan d'action local de transition écologique de l'Arrondissement le Sud-Ouest

Tableau 1.2 Exemples de mesures de réduction des émissions envisageables au Canada en milieu municipal : secteur d'émissions des bâtiments (suite)
Tiré de Arrondissement Le Sud-Ouest (s.d.), Montréal (2022) et Winter et al. (2022)

Mesures de réduction d'émission envisageables au Canada au niveau municipal	Planifié ou mis en place par la Ville de Montréal	Planifié ou mis en place par l'Arrondissement le Sud-Ouest
Réglementations et permis pour rénover les bâtiments existants et les munir de nouvelles technologies comme les panneaux solaires, les pompes thermiques et les bornes de recharge pour véhicules électriques	Oui PC p.78	Oui PALTÉ p.29
Programmes <i>Property Assessed Clean Energy (PACE)</i> permettant aux propriétaires commerciaux et résidentiels d'indexer au bâtiment le coût des rénovations d'efficacité énergétique ou du remplacement des sources énergétiques comme l'isolation, l'installation de panneaux solaires ou de pompes thermiques, etc. En pratique, le coût de la dette résultant des rénovations est transféré au compte de taxes foncières et doit donc être repayé lors de leur prélèvement par l'instance municipale. S'il y a vente de la propriété, les paiements seront donc transférés au nouveau propriétaire du bâtiment.	Oui PC p.82	
Projets pilotes pour des systèmes énergétiques de quartier de sources renouvelables, par exemple la géothermie, la biomasse provenant du compostage domestique, etc.		

Légende :

PC – Plan climat 2020-2030 de la Ville de Montréal

PALTÉ – Plan d'action local de transition écologique de l'Arrondissement le Sud-Ouest

Tableau 1.3 Exemples de mesures de réduction des émissions envisageables au Canada en milieu municipal : secteur d'émissions des déchets

Tiré de Arrondissement Le Sud-Ouest (s.d.), Montréal (2022) et Winter et al. (2022)

Mesures de réduction d'émission envisageables au Canada au niveau municipal	Planifié ou mis en place par la Ville de Montréal	Planifié ou mis en place par l'Arrondissement le Sud-Ouest
Détournement de la majorité des déchets ultimes en offrant la collecte du recyclage et de la matière organique pour le plus de matières possible	Oui PC p.53 entre autres	Oui PALTÉ p.25
Système d'utilisateur-payeur, plus la masse de déchets ultimes du ménage est élevée, plus le prix est élevé		
Diminuer le volume des bacs de déchets ultimes		
Diminuer la fréquence des collectes (selon les saisons)		
Ajuster le budget municipal afin de prendre en considération le financement nécessaire des nouvelles pratiques		
Récupération des gaz émis par les sites d'enfouissement et utilisation énergétique.	Au CESM oui PC p. 96	

Légende :

PC – Plan climat 2020-2030 de la Ville de Montréal

PALTÉ – Plan d'action local de transition écologique de l'Arrondissement le Sud-Ouest

CESM – Complexe environnemental de Saint-Michel

Tableau 1.4 Exemples de mesures de réduction des émissions envisageables au Canada en milieu municipal : secteur d'émissions de l'utilisation des terres et du zonage
Tiré de Arrondissement Le Sud-Ouest (s.d.), Montréal (2022) et Winter et al. (2022)

Mesures de réduction d'émission envisageables au Canada au niveau municipal	Planifié ou mis en place par la Ville de Montréal	Planifié ou mis en place par l'Arrondissement le Sud-Ouest
Augmentation des espaces verts et de la canopée urbaine	Oui PC p.71 entre autres	Oui PALTÉ p. 27-28
Implantation de standards de qualité de l'air : par exemple des zones à faibles émissions, des moments où l'utilisation du véhicule personnel est interdite	En partie PC p.63 horizon 2030	
Densification urbaine : densité des logements, création de plusieurs pôles centraux au détriment d'un unique centre-ville.	Oui PC p.69 entre autres	

Légende :

PC – Plan climat 2020-2030 de la Ville de Montréal

PALTÉ – Plan d'action local de transition écologique de l'Arrondissement le Sud-Ouest

Le territoire de la Ville de Montréal est réparti en 19 arrondissements possédant chacun leurs propres compétences décisionnelles (Montréal, s.d.-a). Effectivement, les arrondissements de Montréal sont caractérisés par leurs compétences et pouvoirs d'action sur l'urbanisme local, la gestion des parcs et des activités sportives, de culture et de loisir, la collecte des matières résiduelles et la voirie locale (Gouvernement du Québec, 2024). Ces instances sont donc à même d'agir concernant les enjeux climatiques. En effet, les politiques mises en place par un gouvernement local ont des effets directs sur le mode de vie des personnes résidentes. Elles peuvent être très spécifiques et adaptées aux caractéristiques environnementales et sociodémographiques du milieu. Par exemple, la Ville de Montréal interdit l'installation d'appareils de chauffage à combustion dans les nouveaux bâtiments résidentiels, commerciaux et industriels (Ville de Montréal, 2023c). En intervenant aussi près des populations, les effets

des mesures mises en place peuvent être ressentis rapidement et ont la possibilité de perdurer au fil du temps (Winter et al., 2022).

1.3 Inventaire de GES comme étape préliminaire de la mise en place de politiques

La quantification de GES par des inventaires représente un point de référence intéressant sur lequel des politiques et stratégies de mitigation des changements climatiques peuvent être basées (Caro, 2019). De plus en plus, cet exercice de comptabilisation des GES est passé d'une échelle macro (international/nationale) à une échelle micro (individu, compagnies, municipalités, etc.). Une échelle réduite peut permettre d'avoir un portrait plus spécifique de la situation et de pouvoir mettre en œuvre des mesures de réduction pertinentes pour les organisations et dont l'impact est significatif (Muthu, 2021). En d'autres termes, cet exercice permet d'agir comme outil d'aide à la décision et de suivi de l'évolution de la trajectoire vers les cibles de réduction établies. Cependant, cet indicateur ne devrait pas être le seul considéré lors de la mise en place de politiques ou pour l'orientation de choix de consommation. Effectivement, dans certains cas, comme celui des biocarburants, les émissions de GES lorsque comparées avec celles des combustibles fossiles sont moins importantes. Toutefois, cet indicateur ne tient pas compte de l'impact de l'utilisation des terres engendré par la production des biocarburants. En regard des enjeux environnementaux, afin d'orienter objectivement la prise de décisions et d'éviter au mieux le déplacement d'impact, plus d'un indicateur peut être nécessaire. En présence de contraintes limitant l'accès à une diversité d'indicateurs, les inventaires de gaz à effet de serre demeurent un outil de mesure très utile pour suivre l'évolution d'un territoire vers ses objectifs de réduction (Weidema, Thrane, Christensen, Schmidt, & Løkke, 2008).

1.3.1 Inventaires nationaux - Contexte canadien

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) définit l'inventaire national comme étant une comptabilisation de toutes les sources de nature anthropiques et de tous les puits de GES présents sur le territoire (incluant les côtes) sur lequel le pays a juridiction

(Goodwin, Gillenwater, Romano, & Radunsky, 2023). Il y a quelques exceptions (prévues par le GIEC) à cette définition lorsque vient le temps de comptabiliser les émissions en raison du défi de frontières qui sera couvert dans la section 1.5.1.

Le GIEC identifie des catégories clés de processus menant aux émissions ou à la séquestration des GES. Ces dernières sont : l'énergie (incluant l'énergie stationnaire et le transport), les processus industriels et l'utilisation de produits (PIUP), l'agriculture, la foresterie et les autres affectations des terres (AFAAT) et les déchets. Une catégorie autre est aussi prévue pour des processus ne se rapportant à aucune de celles énumérées précédemment (Witi & Romano, 2019).

Les catégories se divisent en sous-catégories. Un résultat sera obtenu pour chacune d'entre elles. Leur somme permettra d'obtenir les émissions totales du pays. Un ensemble de lignes directrices encadrent la façon dont les résultats et la méthodologie d'inventaire doivent être présentés dans un rapport (Witi & Romano, 2019).

Le GIEC recommande que les inventaires nationaux se dotent d'objectifs afin de cibler les données, les expertises, les périodes d'inventaires et les limites de l'exercice. Cela permet d'optimiser les ressources et de respecter les bonnes pratiques (Goodwin et al., 2023).

Le Canada a ratifié en 1992 la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Cette dernière comprend plusieurs principes directeurs et engagements à l'attention des Parties concernées. L'un d'entre eux vise à « établir, mettre à jour régulièrement, publier et mettre à la disposition de la Conférence des parties leurs inventaires nationaux des émissions anthropiques par les sources et des absorptions par les puits de tous les GES qui ne sont pas visés par le Protocole de Montréal, sauf pour les hydrofluorocarbures (HFC) (Environnement et Changement climatique Canada, 2023, p. 2). » De ce fait, le gouvernement du Canada possède les estimations de ces émissions annuelles (sources et puits) depuis 1990 (Environment and Climate Change, 2023). Le tableau 1.5 présente les principaux GES inclus dans ces exercices d'inventaire. Les Potentiels de

réchauffement planétaire 100 ans (PRP) présentés sont basés sur le rapport d'évaluation du GIEC, constamment revu et modifié suivant l'évolution des recherches.

Tableau 1.5 Les principaux gaz à effet de serre couverts par les inventaires canadiens
Adapté de Smith et al. (2021)

Gaz (nom)	Formule chimique/abréviation	Potentiel de réchauffement planétaire 100 ans (PRP)
Dioxyde de carbone	CO ₂	1
Méthane	CH ₄	28
Oxyde de diazote	N ₂ O	273
Hydrofluorocarbures	HFC	0 – 14 600 (selon le gaz)
Perfluorocarbures	PFC	0 – 12 400 (selon le gaz)
Hexafluorure de soufre	SF ₆	25 200
Trifluorure d'azote	NF ₃	17 400

1.3.2 Inventaires provinciaux et municipaux - Contexte québécois

Les provinces canadiennes ne sont pas tenues de produire un inventaire de gaz à effet de serre en vertu d'une loi fédérale. La méthodologie d'inventaire, s'il y en a un, varie selon les décisions locales. Certaines provinces comme la Colombie-Britannique et le Québec procèdent à un calcul d'inventaire local (Gouvernement du Québec, 2023 ; Province of British Columbia, 2023), alors que d'autres utilisent directement les données contenues dans le Rapport d'inventaire national (RIN) publié par Environnement et Changement climatique Canada (Government of Prince Edward Island, 2023).

L'inventaire du Québec est intrinsèquement lié à l'inventaire canadien autant concernant la collecte de données que pour les méthodologies de calcul retenues. Ces instances gouvernementales se concentrent sur des territoires aux vastes frontières. Pour les territoires aux frontières plus étroites, ces méthodes s'avèrent être parfois difficilement applicables ou demandent d'utiliser une mise à l'échelle.

L'exercice d'inventaire provincial est donc, en partie, le produit de mises à l'échelle de l'inventaire national. Il apparaît improbable dans ce contexte qu'une mise à l'échelle des exercices d'inventaire provinciaux et nationaux permette une compréhension adéquate des enjeux régionaux pour les décideurs à l'échelle municipale. Effectivement, cette échelle présente une grande variabilité d'un milieu à un autre et les méthodes de mise à l'échelle ne permettent pas de la prendre en compte. Par exemple, si les émissions du transport sont fictivement estimées à 30 000 tonnes de CO₂eq. pour la Ville de Montréal pour 80 000 véhicules sur les routes et que 12 000 véhicules sont dénombrés au Sud-Ouest, la mise à l'échelle permettrait d'estimer à 4500 tonnes de CO₂eq. pour l'Arrondissement. Cet exemple montre grossièrement comment la mise à l'échelle du nombre de véhicules immatriculés sur un territoire donné ne tient pas compte des variabilités entre autres d'une ville à une autre ou d'une ville à une région rurale, de la taille des véhicules et des kilomètres parcourus. Ce constat permet d'appuyer les propos énoncés précédemment selon lesquels comptabiliser les émissions de GES à l'échelle locale permet une compréhension plus exacte des échanges de flux sur le territoire et donc la mise en place de mesures de réduction plus efficaces et cohérentes (Muthu, 2021).

Afin de combler cette lacune et de rendre des outils disponibles aux villes et municipalités canadiennes, la Fédération canadienne des municipalités (FCM) a créé le programme des partenaires dans la protection du climat (PPC). Ce programme comporte un guide de quantification détaillé et adapté aux réalités municipales. Un outil de calcul permettant de réaliser l'inventaire de GES est aussi disponible. Il est principalement basé sur le Global Protocol for Cities (GPC) dont les détails sont disponibles à la section 1.4.4.

La méthodologie retenue par la Ville de Montréal pour quantifier les émissions de l'agglomération annuellement est arrimée au GPC. Le territoire de l'agglomération représente toute la portion terrestre de l'île de Montréal. Ces terres sont séparées de la rive-sud par le fleuve Saint-Laurent et de la rive-nord par la rivière des Prairies, elles incluent l'île des Sœurs et l'île Sainte-Hélène. L'outil utilisé depuis 2023 pour la quantification se nomme CIRIS. Il a été conçu par le C40 (Ville de Montréal, 2023a). La méthodologie utilisée pour le Sud-Ouest,

découle de la précédente méthodologie élaborée en 2013 et découlait du protocole GPC. Cette dernière étant la plus récente disponible au moment de réaliser la présente étude, soit de mai à décembre 2022. La figure 1.1 permet de visualiser le territoire du Sud-Ouest par rapport à celui de l'agglomération (Ville de Montréal, 2022b).

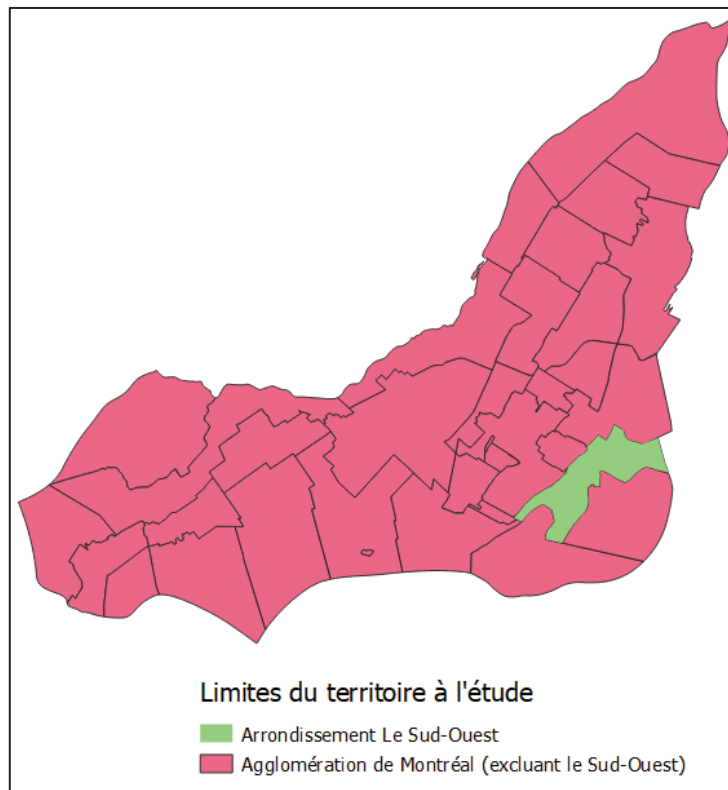


Figure 1.1 Territoire de l'agglomération de Montréal et frontières de l'Arrondissement Le Sud-Ouest

Adapté de Ville de Montréal (2022b)

La Ville de Montréal quantifie les émissions de l'ensemble du territoire de l'agglomération, toutefois, sa juridiction exclut plusieurs portions du territoire quantifié. L'analyse des résultats est donc essentielle pour assurer des efforts de réduction cohérents avec ses champs de compétence.

Le texte suivant présente les méthodes par secteur d'émissions de quantification de l'inventaire d'émissions de gaz à effet de serre provincial du Québec ainsi que celles de l'agglomération de Montréal. Pour les secteurs d'émissions similaires, la méthodologie du provincial vient

d'abord. Ensuite, celle de l'agglomération est présentée pour faire ressortir les différences entre les méthodologies lorsque la quantification se fait à différentes échelles. Cela permet aussi d'éviter les explications en double puisque pour plusieurs secteurs d'émissions, la quantification municipale se base sur une mise à l'échelle des données du provincial. Pour la quantification des sources fixes, les deux instances ne divisent pas les émissions selon les mêmes sous-secteurs c'est ce qui explique l'irrégularité dans le texte qui suit. Les documents de référence pour cette portion s'intitule : RIN 2019 parties 2 et 3 (Environnement et Changement climatique Canada, 2021b, 2021a) Méthodologies de calcul d'émissions, description des secteurs et facteurs d'émissions (Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2022) et Inventaire des émissions de gaz à effet de serre 2013 - Collectivité montréalaise (Wagner, Beltran, Brouillard, Marquis, & Sternon, 2016). À noter que les sous-secteurs présentés sont ceux ayant été retenus dans l'inventaire de l'Arrondissement du Sud-Ouest. Le sous-secteur du transport aérien, le secteur de l'agriculture et le secteur de la production d'électricité ne sont donc pas mentionnés. Ces secteurs ne sont pas inclus dans l'inventaire, car ces activités n'ont pas lieu au sein des frontières géographiques du territoire. Le transport aérien peut survoler le territoire, cependant aucune donnée sur le trafic aérien du Sud-Ouest n'était disponible. À terme, ces informations permettront de mieux expliquer les choix méthodologiques pour un territoire plus restreint comme ceux des municipalités.

Sources fixes

Les émissions de GES peuvent être générées directement par la combustion de sources d'énergie fossiles formées d'hydrocarbures. Elles peuvent aussi être émises indirectement par la production d'électricité consommée au sein de la municipalité (Hydro-Québec, 2024). Les émissions fugitives sont directement émises sur le territoire en raison de fuites de molécules gazeuses.

Sous-secteur : Résidentiel, commercial et institutionnel

Méthode de quantification Québec

- Énergies fossiles :
 - Utilisation des données disponibles dans la Base de données nationale sur la consommation d'énergie de Statistiques Canada pour connaître les quantités consommées (L et m³). Statistiques Canada utilise des sources variées de données primaires pour bâtir sa base de données.
- Bois :
 - Utilisation des données de consommation de la biomasse du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles.

La province de Québec divulgue ses résultats d'émissions issues de la consommation d'hydroélectricité agrégés pour le territoire entier. Ainsi, la répartition des émissions selon les sous-secteurs (résidentiel, commercial, institutionnel et industriel) n'est pas disponible. Les données directes de consommation sont utilisées pour la quantification. Les facteurs d'émissions utilisés varient selon la technologie de combustion utilisée.

À noter, le diesel et l'essence sont inclus dans le secteur du transport. De plus, seulement les émissions de CH₄ et de N₂O sont comptabilisées en regard de la combustion de bois et autres matières ligneuses. En effet, le processus de photosynthèse résultant en la captation de carbone et donc la croissance des arbres aura permis de compenser le CO₂ émis lors de la combustion de ces sources énergétiques.

Sous-secteur : Résidentiel

Méthode de quantification Montréal

- Électricité & gaz naturel :
 - Utilisation de données directes de consommation d'énergie Hydro-Québec et Énergir (anciennement Gaz Métro) en kWh et m³
- Mazout & bois :
 - Catégorisation du parc de logements selon leurs caractéristiques ;
 - Combinaison des coefficients d'intensité énergétique provinciaux avec le type de logement et l'utilisation finale de l'énergie (climatisation, chauffage, éclairage, etc.) ;

- Proportion de chacune des sources d'énergie pour chaque type de logement et utilisation d'énergie ;
- Évaluation des émissions de GES attribuables à chacune.
- Propane & charbon : Considérés comme négligeables, donc exclus

Sous-secteur : Commercial et institutionnel

Méthode de quantification Montréal

- Électricité & gaz naturel :
 - Utilisation de données directes de consommation d'énergie par Hydro-Québec et Gaz Métro en kWh et m³
- Mazout léger, mazout lourd & propane :
 - Caractérisation du parc de bâtiments selon qu'ils correspondent aux mêmes catégories que celles de l'Office de l'efficacité énergétique du Canada (OEE).
 - Définition de coefficients d'intensité énergétique pour chaque type de commerces et d'institutions, pour chaque utilisation finale de l'énergie et pour chaque source d'énergie. Ces coefficients correspondent aux mégajoules (MJ) consommés par mètre carré (m²) de superficie de plancher d'un bâtiment.
 - Produit du coefficient énergétique et de la superficie de chaque bâtiment pour obtenir la consommation énergétique annuelle en MJ des bâtiments par source d'énergie consommée.
 - Produit du coefficient d'émissions pour chaque GES et de la consommation énergétique par source d'énergie.

Sous-secteur : Industriel

Méthode de quantification Québec

- Déclarations obligatoires des émissions transmises aux gouvernements.
- Estimations pour les industries non soumises (« moins de 10 000 tonnes équivalent CO₂, sauf pour les distributeurs de carburants et de combustibles, pour lesquels le seuil est fixé à 200 litres (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, 2024a) »)

au Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère (RDOCECA) : certaines exploitations minières, certaines manufactures d'énergie fossiles, certaines scieries, les cabanes à sucre, la construction, l'agriculture et la foresterie.

Les méthodes d'estimation varient pour chaque type d'industrie, elles ne sont donc pas présentées dans cette section.

Méthode de quantification Montréal

Industries manufacturières

- Énergies fossiles :
 - Déclarations des industries transmises au Service de l'Environnement de la Ville de Montréal.
 - Industries non tenues de déclarer leurs émissions : la différence entre les émissions déclarées par les grandes industries et les données d'émissions d'Énergir pour le secteur industriel est calculée. Ce résultat permet d'estimer les émissions des petites industries pour obtenir le total de ce sous-secteur.
- Électricité :
 - Utilisation de données directes de consommation d'énergie pour le secteur industriel provenant d'Hydro-Québec, à noter qu'il s'agit de données agrégées pour les industries manufacturières et énergétiques.

Industries de la construction

- Mise à l'échelle des données du RIN par rapport à la proportion de la population de l'agglomération.

Industries énergétiques

- Énergies fossiles :
 - Idem que les industries manufacturières

Sous-secteur : Émissions fugitives

Méthode de quantification Québec

- Distribution du gaz naturel :

- Données provenant des déclarations des établissements sur la transmission, la distribution et l'entreposage du gaz naturel.
- Estimation des émissions des établissements ne déclarant pas d'émissions fugitives au MELCCFP en utilisant les données d'années de référence provenant des déclarations volontaires. Ces données sont utilisées pour calculer un facteur de référence pour chacune de ces sources : transport, distribution, entreposage, bris de canalisation par des tiers et usine de gaz naturel liquéfié. Le facteur de référence est ensuite multiplié par la longueur des conduites de distribution connues pour la province et pour les établissements le cas échéant. Les données des longueurs de conduites sont connues pour certains établissements, ces derniers servent de référence. Statistiques Canada permet de connaître la longueur des conduites à plus grande échelle (province).
- Estimation des émissions en aval des compteurs à l'aide des données du RIN.

Méthode de quantification Montréal

- Utilisation des données provinciales de consommation de gaz naturel par rapport à celles de l'agglomération de Montréal pour trouver un ratio.
- Utilisation du ratio pour mettre à l'échelle les émissions fugitives du réseau de distribution de gaz naturel du Québec.

Transport

Les émissions de GES sont générées directement par la combustion de sources d'énergie fossiles formées d'hydrocarbures utilisées pour approvisionner les moteurs.

Sous-secteur : Routier

Méthode de quantification Québec

Le parc de véhicules du territoire est réparti en classes selon le type de carburant utilisé, la masse nominale brute, la carrosserie (voiture, motocyclette ou camion). Chaque classe est ensuite subdivisée selon son année de fabrication pour tenir compte des technologies antipollution. Des exemples de classes sont donc : véhicule léger à essence niveau 1, véhicule léger à essence niveau 2, camion léger à essence niveau 1, camion léger à essence niveau 2,

motocyclette sans catalyseur, véhicule léger au diesel, véhicule lourd au diesel, véhicule électrique, etc. À chaque classe de véhicule est associé un taux de consommation de carburant (kJ/s), ce dernier provient du logiciel MOVES développé par l'EPA des États-Unis. Par la suite, les données d'énergie sont associées à des facteurs de conversion énergétique et en tenant compte de l'utilisation de biocarburants pour être converties en volume de carburant.

Un kilométrage annuel moyen est calculé pour les véhicules selon leur classe. ECCC utilise un échantillon de véhicules de l'Ontario et extrapole ensuite les données au parc automobile de chaque province. En ayant en main le kilométrage moyen parcouru et le taux de consommation de carburant moyen pour chaque classe de véhicule, il est possible de calculer la consommation de carburant (L) des véhicules à l'aide du logiciel MOVES3. Ces résultats permettent d'obtenir une quantité de carburant consommée par province et permettent donc de trouver la proportion consommée pour chaque province au regard de l'entièreté du carburant consommé annuellement au pays. Cette proportion est utilisée pour répartir par province les données réelles de consommation du Bilan énergétique national. Les émissions sont ensuite calculées en combinant les données de consommation aux facteurs d'émissions appropriés. Le Bilan énergétique national « comptabilise les formes d'énergie au Canada en tenant compte des importations et exportations, de la production, des changements de stock et de la consommation à l'échelle nationale (Environnement et Changement climatique Canada, 2021a, p.220). »

Méthode de quantification Montréal (avant 2023)

La méthode utilisée est celle des ventes de carburant, c'est-à-dire que les données exactes en litres de carburant vendus sur le territoire en un an sont obtenues. Par la suite, elles sont multipliées par les coefficients d'émissions appropriés pour obtenir les émissions annuelles du sous-secteur.

Sous-secteur : Hors Route

Méthode de quantification Québec

- Calcul de la quantité de carburant consommée par les équipements utilisés hors du réseau routier conventionnel à l'aide du modèle NONROAD2012c. Pour

modéliser, NONROAD2012c nécessite des données sur le type d'équipement, sa puissance nominale moyenne, son nombre d'heures d'usage par année et son âge.

Méthode de quantification Montréal

- Calcul de la différence entre les ventes brutes et nettes de carburant vendu pour la province de Québec. Les ventes brutes correspondent aux ventes totales en litres de carburant sur le territoire de la province en 2019 (Gouvernement du Canada, 2022). Les ventes de carburant nettes sont définies par la quantité de carburant vendu en litres (L) sur lequel la taxation routière a été payée.
- Calcul de la proportion des véhicules hors route immatriculés au Québec avec ceux immatriculés pour l'agglomération
- Calcul de la consommation de carburant hors-route du territoire montréalais grâce au résultat de l'étape 2.

À noter que les véhicules tout-terrains (VTT) et les motoneiges sont exclus, l'hypothèse est qu'il n'y en a pas sur le territoire de l'agglomération.

Sous-secteur : Maritime

Méthode de quantification Québec

Méthodes d'estimation du carburant consommé par les embarcations suivant une collecte de données basée sur l'Outil d'inventaire des émissions des navires et le Bilan énergétique national.

À noter, les activités récréotouristiques (bateaux de plaisance) ne sont pas prises en compte. Ces émissions sont déclarées dans la catégorie hors-route.

Méthode de quantification Montréal

Mise à l'échelle des données provinciales au prorata de la population.

Sous-secteur : Ferroviaire

Méthode de quantification Québec

Utilisation des données du Bilan énergétique national pour déterminer la consommation des divers carburants de ce secteur

Méthode de quantification Montréal

Mise à l'échelle des données provinciales au prorata de la population.

Matières résiduelles

La matière organique renferme plusieurs atomes comme le carbone et l'azote. Elle émet des gaz en se décomposant. En milieu aérobie, elle libère du CO₂. En milieu anaérobie, elle libère du CH₄. L'incinération de ces matières libère aussi des GES.

Sous-secteur : Enfouissement et traitement des déchets solides

Méthode de quantification Québec

La majorité des données d'émissions provient des déclarations obligatoires des émissions transmises aux gouvernements par les gestionnaires de lieux d'enfouissement. Pour certains lieux d'enfouissement municipaux et certains sites de traitement biologiques et pour les lieux d'enfouissement réservés aux usines de pâtes et papiers, les estimations sont basées sur le modèle de décomposition de premier ordre tirée des lignes directrices 2006 du GIEC comme base de calcul. À noter, les déchets de construction, rénovation et démolition (CRD) sont inclus.

Méthode de quantification Montréal

La méthode retenue est celle du site consolidé (il est donc supposé que toutes les matières sont enfouies au même site). Les déchets considérés sont les domestiques et ceux des industries, commerces et institutions (ICI), les déchets générant potentiellement peu de méthane comme les résidus de construction et démolition ont été exclus.

- Utilisation de l'outil LAND GEM pour calculer les émissions de l'an 2013 en considérant 50 ans d'accumulation de matières résiduelles.
- Paramétrage de l'outil selon les caractéristiques locales (taux d'émissions de méthane, capacité maximale du site d'enfouissement, climat sec ou humide, etc.).

Sous-secteur : Traitement biologique des matières organiques

Méthode de quantification Québec et Montréal

- Calcul du produit du tonnage de matières générées et des coefficients d'émissions du méthane (CH_4) et de l'oxyde de diazote (N_2O) pour la catégorie générique des matières organiques.

À noter, le CO_2 émis lors du traitement des déchets biologiques est comptabilisé, mais non additionné dans l'inventaire, en effet, les émissions biogéniques sont exclues. Aucune biométhanisation n'est présente dans les limites d'inventaire de l'Arrondissement le Sud-Ouest.

Sous-secteur : Traitement et rejet des eaux usées municipales

Méthode de quantification Québec

La méthode d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) est retenue, deux volets sont comptabilisés : les émissions attribuables au traitement des eaux usées et les émissions attribuables au plan d'eau récepteur (PER). Les coefficients d'émissions propres au pays sont utilisés.

- Calcul des émissions de CH_4 :
 - Utilisation d'une équation permettant d'estimer la teneur en matières organiques (MO) dans les eaux usées en tenant compte de la population, de la technologie de traitement et des caractéristiques du PER.
- Calcul des émissions de N_2O :
 - Utilisation d'une équation tenant compte de l'estimation de la quantité de protéines consommées par la population du territoire à l'étude et de la technologie utilisée pour le traitement des eaux usées.
- Émissions directes des PER:
 - Utilisation d'équations utilisant les données de la proportion de matières organiques et d'azote n'ayant pas été retirée lors du traitement.

À noter, les émissions de CO_2 sont considérées comme biogéniques et donc non additionnées dans l'inventaire. De plus, plusieurs équations existent selon le scénario de rejet, par exemple dans le cas où les eaux usées sont rejetées directement dans les cours d'eau. Dans les limites des frontières du territoire à l'étude, aucun de ces scénarios ne s'applique.

Méthode de quantification Montréal

La méthodologie utilisée est celle du RIN 1990-2013.

- CH₄ des fosses septiques :
 - Calcul du coefficient annuel d'émissions de méthane en fonction du nombre de personnes desservies par une fosse septique.
- N₂O des eaux usées municipale :
 - Utilisation d'une équation permettant de déterminer l'azote émis par les eaux usées en fonction de la quantité et du taux d'absorption des protéines consommées par les individus du territoire à l'étude.

À noter, la Ville de Montréal avait omis de quantifier le CH₄ des eaux usées municipales dans ses inventaires précédents. Cela a récemment été rectifié, la méthodologie pour cette source d'émissions est basée sur le RIN.

Sous-secteur : Incinération

Méthode de quantification Québec

Quantification directe des incinérateurs municipaux et de matières résiduelles dangereuses transmise au MELCCFP.

À noter, les émissions des bâtiments d'incinération sont agglomérées, il n'y a donc pas de distinction entre les émissions provenant des matières incinérées et les émissions liées aux commodités des bâtiments (chauffage, climatisation, etc.)

Méthode de quantification Montréal

- Boues :
 - Calcul du produit du tonnage de boues générées et des coefficients d'émissions du méthane (CH₄) et de l'oxyde de diazote (N₂O).

À noter, les seules matières incinérées sur le territoire de l'agglomération sont les boues provenant de la Station d'épuration des eaux usées Jean R. Marcotte.

- Gaz naturel et mazout :

Sert de combustible pour alimenter l'incinérateur de boues de la Station d'épuration des eaux usées, Jean R. Marcotte.

- Calculer le produit de la quantité de carburant consommée (m^3 et L) et des coefficients d'émissions du dioxyde de carbone (CO_2), du méthane (CH_4) et de l'oxyde de diazote (N_2O).

Procédés industriels et utilisation de produits (PIUP)

Une partie des émissions provient de l'utilisation de produits contenant des molécules gazeuses possédant la propriété du forçage radiatif et donc un PRP. C'est le cas par exemple des PFC, HFC et du SF_6 . Ce type de molécules est entre autres utilisé dans les unités de réfrigération et de climatisation.

Méthode de quantification Québec

- Utilisation des données provenant des déclarations obligatoires des émissions transmises aux gouvernements.
- Estimations pour les catégories de production non soumises au RDOCECA : certaines productions et consommations d'halocarbures, de SF_6 et de NF_3 , fabrication et utilisation d'agents propulseurs, d'anesthésiques, certaines fabrications et utilisations de PFC et SF_6 dans les équipements électriques et certaines utilisations non énergétiques.

Méthode de quantification Montréal

- Procédés industriels :
 - Utilisation de données obtenues directement des déclarations obligatoires des industries transmises au Service de l'environnement de la Ville de Montréal.
- Utilisation de produits :
 - Mise à l'échelle des données provinciales provenant du RIN en fonction de la population.

Au sein de la Ville de Montréal, deux arrondissements, Outremont et Saint-Laurent, ont actuellement réalisé des inventaires de gaz à effet de serre. Le Sud-Ouest est donc le troisième parmi les 19 arrondissements à effectuer cet exercice. Outremont et Saint-Laurent ont fait appel à une firme de consultation externe pour réaliser ce travail.

1.4 Cadre conceptuel des méthodes de quantifications des villes et municipalités

La section suivante permet d'établir les bases théoriques des méthodes de quantification de GES pertinentes dans le cadre de cette étude.

1.4.1 Définitions des champs d'émissions

Les émissions sont réparties en 3 catégories, les émissions directes (champ 1), les émissions directes provenant d'un réseau de distribution d'énergie (champ 2) et les émissions indirectes (champ 3) (Fong et al., 2021). Cette répartition permet de délimiter les émissions et de ce fait d'éviter le double comptage au sein d'un même inventaire (Bader & Bleischwitz, 2009).

Le champ 1 inclut les sources d'émissions physiquement présentes à l'intérieur des limites géographiques du territoire, par exemple la combustion, les fuites, etc. Le champ 2 fait spécifiquement référence à la production d'énergie d'un réseau de distribution. La production peut avoir lieu à l'intérieur ou à l'extérieur des limites du territoire (Fong et al., 2021). Au Québec, les émissions attribuables aux barrages hydroélectriques qui alimentent la Ville de Montréal et donc l'Arrondissement Le Sud-Ouest sont comprises dans le champ 2. À noter que ces barrages se trouvent à l'extérieur des frontières du territoire. D'autres exemples de parcs énergétiques peuvent être : une centrale thermique au charbon, un réacteur nucléaire, un parc éolien, etc. Le champ 3 représente toutes les émissions intrinsèques d'un territoire, c'est-à-dire celles produites à l'extérieur des frontières géographiques, mais qui sont causées par les activités du territoire à l'étude (Fong et al., 2021). Dans le cas de l'Arrondissement Le Sud-Ouest, les sources du champ 3 peuvent inclure la production, la fabrication et le transport des biens importés pour la consommation, la production et le transport de combustibles, le traitement des déchets sortant des frontières du territoire, etc.

1.4.2 Méthodes théoriques de quantification

Selon G. Chen et al. (2019), trois méthodes de quantification des émissions de GES sont principalement utilisées à l'échelle urbaine. Il s'agit des méthodes : 1) géographique, 2) de consommation et 3) basée sur les infrastructures clés. Chacune de ces méthodes possède des forces et des limites, il faut définir le besoin de l'inventaire au préalable afin de cibler la ou les méthodes les plus adéquates pour la municipalité à l'étude. Les méthodes : géographique et de consommation sont illustrées à la figure 1.2, celle des infrastructures clés est présentée à la figure 1.3.

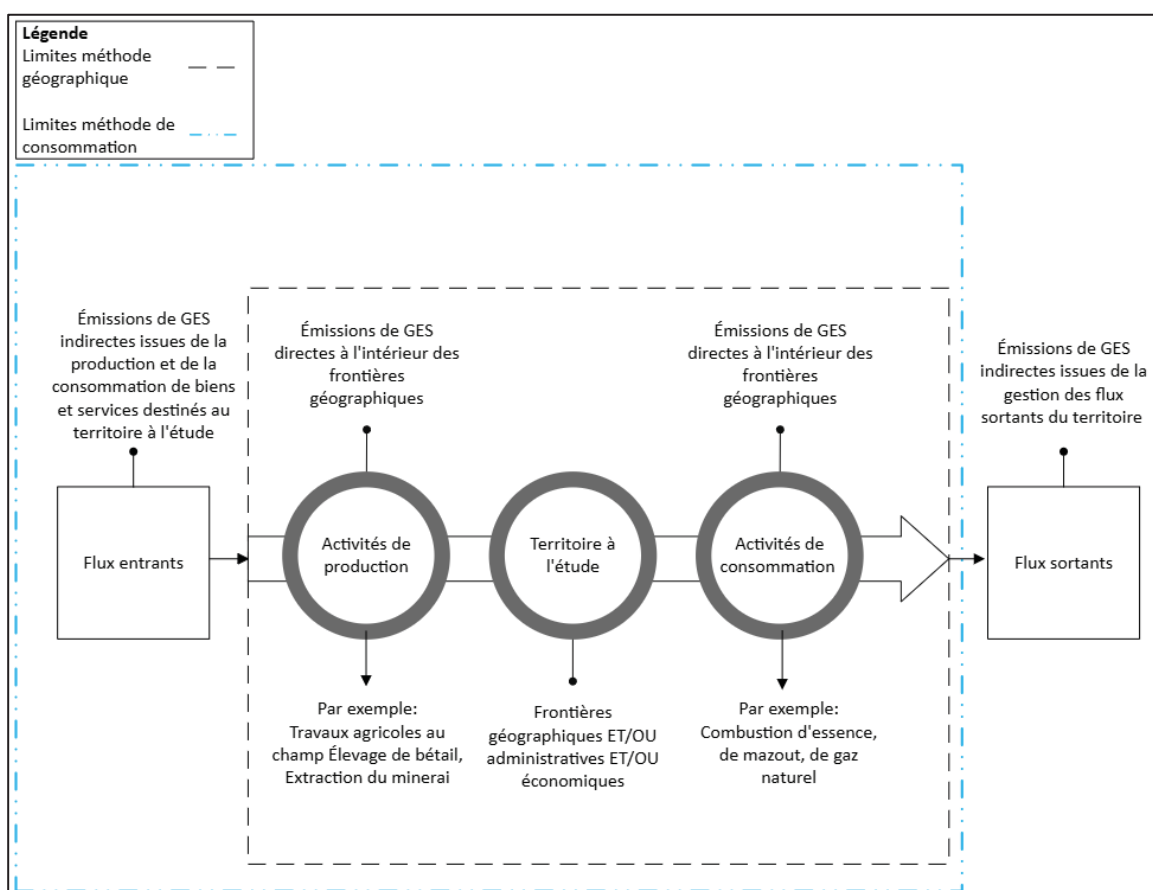


Figure 1.2 Schéma des méthodes de quantification géographique et de consommation
 Adapté de G. Chen et al. (2019)

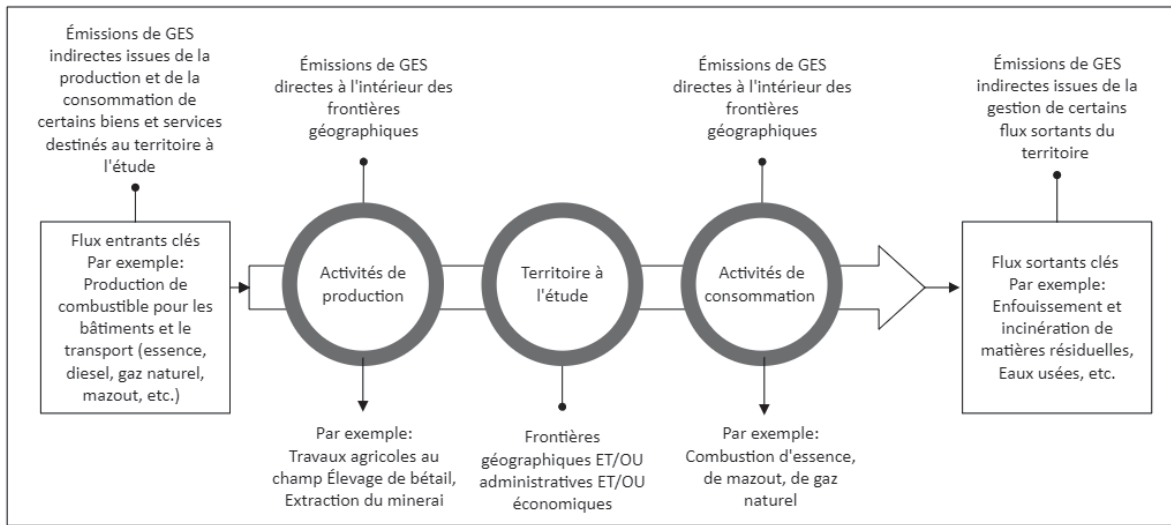


Figure 1.3 Schéma des limites pour la méthode d'inventaire basée sur les infrastructures clés
Adapté de G. Chen et al. (2019)

La méthode géographique comptabilise strictement les émissions directes de la région à l'étude. Celle de consommation comptabilise toutes les émissions directes en plus d'inclure toutes les émissions indirectes provenant des biens et services importés nécessaires au fonctionnement de l'écosystème urbain. Pour sa part, la méthode basée sur les infrastructures clés inclut toutes les émissions directes et les émissions indirectes de certains secteurs clés autant pour les importations (flux entrants) que pour les exportations (flux sortants). Des exemples de ces secteurs sont inclus à la figure 1.3.

Plus précisément, la méthode de consommation consiste à estimer combien de biens et services sont consommés par une ville et à multiplier la quantité de chaque bien et service par un nombre de GES émis pour toutes les étapes de son cycle de vie (production, distribution, utilisation et fin de vie) (Stockholm Environment Institute, 2019). Cette méthode peut aussi être décrite par les émissions produites directement sur le territoire dont sont soustraites les émissions de biens et services étant exportés et auquel sont additionnées les émissions de biens et services importés (Andrade, Dameno, Pérez, Andrés, & Lumbreras, 2017). Employer cette méthode dans le contexte où une municipalité consomme plus de biens et services qu'elle en produit semble tout indiqué. Cependant, les incertitudes sont encore assez élevées dans ce type d'exercice en raison entre autres du manque de données colligées concernant les chaînes

d'approvisionnement de l'écosystème urbain. De plus, les méthodes existantes emploient souvent des données incertaines et la définition des frontières du système représente un défi (Wiedmann et al., 2013). Les villes et municipalités sont des acteurs clés en ce qui concerne les émissions directes et indirectes d'un territoire. En effet, elles peuvent agir entre autres sur les enjeux de transport actif et collectif, les systèmes énergétiques des bâtiments, etc. (Winter et al., 2022) Elles peuvent aussi se doter de mesures permettant d'orienter la consommation de leurs citoyens. En se basant sur le profil de consommation du milieu, il est possible d'aménager le territoire et de légiférer pour favoriser par exemple l'agriculture urbaine, le commerce de proximité, la réduction des matières enfouies ou incinérées, etc. (Galdeman, Ba, Zignani, Quadri, & Gaito, 2021) Dans ce contexte, il s'avère pertinent de comptabiliser les émissions de GES par les approches géographique et de consommation.

Le protocole GPC sans être exactement identique reprend les idées de la méthode basée sur les infrastructures clés. Dans ce protocole, en plus des émissions territoriales, les émissions des biens et services clés des activités d'une ville sont intégrés (G. Chen et al., 2019).

Wiedmann et Minx (2007) utilisent des termes différents, mais les concepts demeurent similaires. Ils recensent deux manières de quantifier soit par une approche ascendante et une approche descendante.

La méthode ascendante reprend les concepts d'analyse de procédés développés pour l'analyse du cycle de vie (ACV). Il s'agit donc de considérer un système comme une multitude de procédés et d'analyser les flux d'émissions du berceau au tombeau. Cette approche comporte beaucoup d'avantages pour un système dont les limites sont clairement définies. Elle permet de comptabiliser les émissions directes (champ 1) ou semi-directes (champ 2) localisées à un endroit spécifique. Dans le cas d'une entité gouvernementale comme objet d'étude, les bases de données ACV s'avèrent complexes à utiliser. Effectivement, les données ne sont pas disponibles pour tous les produits et services à étudier.

La méthode descendante *Environmental Input-Output Analysis* considère les frontières économiques d'un territoire et se base sur les données de production et de consommation (imports et exports). Le caractère complet et global de cette méthode offre une compréhension générale d'un système, mais omet ses détails et ses spécificités (Wiedmann & Minx, 2007). Cette méthode est alignée avec la méthode de consommation des travaux de G. Chen et al. (2019). Une combinaison des méthodes ascendante et descendante permet d'obtenir une étude détaillée et robuste (Wiedmann & Minx, 2007).

Peu importe la méthode retenue, il demeure important de bien départager les catégories qui seront étudiées sous l'angle de la production de celles de la consommation afin d'éviter le double comptage (Hoornweg et al., 2011).

1.4.3 Mise en application : méthode basée sur les facteurs d'émissions

Les émissions devraient être quantifiées directement à l'aide d'une méthode d'échantillonnage pour chaque processus. Cette étape est préalable au calcul d'un facteur d'émissions pour un procédé unique (US EPA, 2023). Dans le cas où l'échantillonnage à la source est impossible, la quantification directe des émissions peut se faire par une approche de bilan massique. Cette méthode requiert de connaître les quantités de matières entrantes et sortantes d'un processus. Cela permettra ensuite la définition d'un facteur d'émissions pour un processus spécifique (US EPA, 2023). Les facteurs d'émissions présentent donc des incertitudes (US EPA, 2023). Selon le protocole GPC, les facteurs d'émissions les plus locaux possibles devraient être utilisés (Fong et al., 2021).

Lorsque les émissions sont issues d'une réaction de combustion, l'équation générale 1.1 associant la quantité de combustible brûlée au facteur d'émission adéquat peut être employée.

$$\text{Émissions GES} = \text{Qté de combustible} \times \text{Facteur d'émissions} \quad (1.1)$$

Où

Émissions GES = Émissions d'un gaz à effet de serre en fonction d'un type de carburant

Qté de combustible = Quantité de combustible consommée pour un temps défini (les unités varient pour chaque carburant : (kg, L, m³, etc.)

Facteur d'émissions = Quantité de gaz émis pour une quantité énergétique donnée (kg gaz/L, m³ de combustible, etc.) Ce facteur est habituellement propre à une région donnée et à au type de technologie employée.

Tiré de (Environnement et Changement climatique Canada, 2023 ; Gomez & Watterson, 2007)

Une fois les émissions de chacun des gaz quantifiés, elles sont ramenées en équivalent CO₂. Cette procédure permet l'uniformisation des résultats et donc leur comparaison. L'équation 1.2 présente cette conversion des émissions de GES vers les émissions de CO₂ équivalent.

$$CO_2 \text{ équivalent} = \sum_i GES_i \times PRP_i \quad (1.2)$$

Où

CO₂ équivalent = Émissions en tonnes d'équivalent CO₂

GES_i = Émissions du GES_i en tonnes

PRP_i = Potentiel de réchauffement planétaire (PRP) du GES_i mentionné au tableau 1.2

i = Un GES mentionné au tableau 1.2

Tiré de (Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2022)

La conversion de chaque GES calculé en émissions de CO₂ équivalent permet la comparaison entre les différents secteurs d'émissions (Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2022). L'horizon de temps utilisé est 100 ans.

1.4.4 Global Protocol for Cities (GPC) : définition, forces et limites

Le GPC est le protocole le plus populaire parmi les villes du monde entier, il est accessible gratuitement (G. Chen et al., 2019). Il a été produit conjointement par C40, ICLEI et *World Resources Institute* (WRI). Le GPC propose deux niveaux de rapport d'inventaire : *Basic* et *Basic+*. Le niveau *Basic* comptabilise principalement les émissions directes du territoire ainsi

que l'électricité importée. Le niveau *Basic+* comptabilise les mêmes émissions que le niveau *Basic* auxquelles s'ajoutent les émissions indirectes de certaines infrastructures clés comme l'assainissement de l'eau potable, le traitement des eaux usées, le traitement des matières résiduelles et le secteur agricole. Les émissions indirectes sont engendrées au-delà des frontières géographiques du territoire. La section champ 3 autre du GPC permet de prendre en considération selon les données disponibles d'autres sources d'émissions indirectes (Fong et al., 2021).

Dans la dernière version du protocole disponible, la comptabilisation de secteurs clés pouvant générer des émissions indirectes comme les déchets, l'aviation et le transport de l'eau sont devenus un incontournable. Ce n'est cependant pas le cas pour les émissions indirectes liées par exemple aux matériaux de construction, à la nourriture, à l'assainissement et au traitement de l'eau et à l'énergie (G. Chen et al., 2019). Pourtant, les instances municipales ont un pouvoir d'action concernant les émissions indirectes de ces secteurs. D'après Winter et al. (2022), les villes et municipalités ont un contrôle limité concernant les émissions directes de leur territoire. En revanche, comme elles ont un contrôle direct sur une large proportion des individus, ceux-ci optant majoritairement pour la vie urbaine, les politiques qu'elles adoptent peuvent avoir de majeurs impacts sur les émissions intrinsèques. Dans l'optique de varier et d'optimiser les mesures de réduction des émissions de GES directes et intrinsèques, il serait cohérent de comptabiliser l'ensemble des secteurs associés (Teicher, 2023). Ce manque illustre une lacune du protocole GPC.

Bader et Bleischwitz (2009) nuancent tout de même cette vision en soulevant que les catégories et sous-catégories d'inventaire définies par le GIEC (dont découle le GPC) incluent toutes les activités émettrices de GES anthropogéniques. Dans un inventaire national, les ressources disponibles permettent d'inclure toutes les catégories d'émissions directes. Au palier municipal, des choix sont parfois nécessaires faute de données disponibles. Parfois, il est plus judicieux pour une ville d'éviter de quantifier chaque petite activité, mais plutôt de se concentrer sur les plus émettrices. De plus, comme expliqué précédemment, les villes ont aussi un intérêt à quantifier les émissions indirectes.

En parallèle, Erickson et Lazarus (2012) discutent de la pertinence de conserver la partie d'émissions provenant de la production industrielle des villes et municipalités. Ces auteurs relèvent trois enjeux majeurs au fait d'incorporer les émissions industrielles aux émissions de la collectivité. D'abord, comme les industries produisent habituellement pour une plus grande part de population que la communauté dans laquelle elles sont implantées et que leur production (et émissions) fluctue en fonction du marché économique, leurs émissions sont variables au fil du temps et donc peuvent à elles seules faire fluctuer considérablement le bilan GES de la collectivité. Les auteurs mentionnent donc qu'il s'agit d'une interférence pour la mesure des effets des politiques climatiques du territoire, car cela limite la possibilité d'évaluer leurs effets. Dans le même ordre d'idées, comparer les communautés entre elles devient un exercice complexe, puisqu'elles comportent des différences majeures quant aux types et à la quantité d'industries présentes sur leur territoire. Finalement, il y a aussi la possibilité qu'une industrie soit géographiquement délocalisée, dans ce cas les émissions d'une communauté pourraient être réduites significativement, et ce même en l'absence de politiques climatiques mises en place par le gouvernement local.

Cependant, avant de prendre la décision d'exclure certaines catégories en fonction de leur importance globale, tous les secteurs principaux devraient être couverts par le premier inventaire. Ce dernier servira de guide pour les suivants, à savoir si certaines catégories peuvent être exclues ou si des approximations suffisent (Bader & Bleischwitz, 2009).

Pour l'instant, les protocoles d'inventaire dont fait partie le GPC se concentrent surtout sur la façon dont l'inventaire doit être réalisé, mais ils ne permettent pas d'utiliser les résultats pour faire des liens avec les prises de décisions (les politiques) à établir, modifier ou retirer le cas échéant (G. Chen et al., 2019).

1.4.5 Particularités d'un petit territoire

Les quartiers et les arrondissements sont de petits territoires possédant leurs spécificités. Le manque de connaissances et les lacunes pour prendre en compte les réalités spécifiques d'un quartier sont des limites connues pour toutes les études liées à la durabilité d'un quartier, dont les ACV et les inventaires de GES. En effet, un quartier diffère d'un produit industriel dans le sens qu'il s'inscrit dans un contexte bien particulier. Par ailleurs, le quartier interagit avec un climat local, des outils technologiques, des habitudes culturelles, etc., qui lui sont propres (Lotteau, Loubet, Pousse, Dufrasnes, & Sonnemann, 2015). Dans ce contexte, des méthodologies de quantification pour répondre aux besoins de ces territoires restreints restent encore à développer. La méthode de collecte de données par sondage a été utilisée et permet de réaffirmer la pertinence d'obtenir des données d'activités locales (Lin, Yu, Bai, Feng, & Wang, 2013).

Choisir une unité temporelle pour une ACV de quartier est complexe, car le quartier se construit au fil du temps et les éléments le composant ont des durées de vie variables. Les changements d'usage ou les rénovations peuvent être tenus spontanément, dès lors, mesurer l'impact du quartier sur une période donnée dans une perspective d'ACV devient un défi (Lotteau et al., 2015). Une façon de gérer cette difficulté peut être avec l'inventaire annuel d'émissions de GES. Ce dernier permet d'avoir un portrait global sur une période déterminée.

1.5 Défis de quantification pour les territoires de petite échelle comme les villes, municipalités et arrondissements

En matière d'inventaire de GES, les villes et municipalités doivent arrimer deux besoins bien distincts. Le premier besoin est la compilation d'un inventaire aussi précis et complet que possible en utilisant une méthodologie rigoureuse, cela permettra d'orienter adéquatement la prise de décisions. Le second besoin est d'agir concrètement au moyen de mesures de réduction des émissions. En effet, l'inventaire n'est pas une fin en soi et l'administration locale doit ultimement consacrer des ressources aux actions. En ce sens, le temps passé à réaliser un

inventaire de qualité ne doit pas empiéter sur le temps à consacrer à la mise en œuvre d'un plan d'action (Bader & Bleischwitz, 2009).

1.5.1 Défi de frontières

Les premiers protocoles existants ont été élaborés sur la base du producteur d'émissions. Ainsi, la quantification du territoire suivant ces protocoles inclut seulement les émissions directes de ce dernier. Cependant, cette méthode manque de logique particulièrement à l'échelle des villes, car elles sont souvent dépendantes de ressources externes à leurs frontières. Par exemple, elles peuvent consommer, sur une base constante, d'importantes quantités d'énergie produites hors frontières. Ce défi est donc appelé, le défi de frontières. C'est en partie pour répondre à ce défi que des protocoles comme le *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories* (GPC) ont été élaborés. Ces protocoles incluent non seulement les activités liées aux émissions directes, mais également certaines activités hors frontières associées à des émissions indirectes. (G. Chen et al., 2019) Il s'agit cependant que des balbutiements de leur inclusion. Il y a un grand écart encore entre les émissions intrinsèques réelles d'un territoire et les émissions déclarées à la suite d'exercices de quantification suivant les protocoles.

1.5.2 Défi de comparaison entre territoires/organisations

Pour une même ville, l'utilisation de différents protocoles et outils de quantifications mène à des résultats différents (Bader & Bleischwitz, 2009 ; G. Chen et al., 2019). Ils incluent ou excluent différents gaz, la définition des catégories d'émissions n'est pas la même et peut manquer de clarté et les critères permettant de définir les limites de l'étude sont variables (Santovito et al., 2015). D'autres variations peuvent inclure les champs d'émissions inclus dans l'inventaire et les valeurs de PRP utilisées pour chacun des gaz comptabilisés (Bader & Bleischwitz, 2009). Dans une optique de comparaison, les langues utilisées pour l'interface des outils peuvent aussi s'avérer un obstacle. Notamment, dans le cas où des villes de pays différents souhaitent faire l'exercice d'inventaire en utilisant le même outil. Au passage, l'importance de l'inventaire en tant que guide de l'action climatique doit être rappelée. La

comparaison n'est donc pas une fin en soi de cet outil. Cependant, les comparaisons peuvent permettre de repérer les villes et municipalités de même envergure, puis d'évaluer l'effet des mesures de réduction sur ces territoires avant de les mettre en place ou de les écarter (Bader & Bleischwitz, 2009).

1.5.3 Défi interurbain de double comptage

Par rapport à la notion de champ d'émissions traité à la section 1.4.1 de ce mémoire, il existe un défi de double comptage lorsqu'on tente d'additionner les inventaires de plusieurs entités municipales. En effet, comme les acteurs municipaux peuvent inclure dans leur inventaire des émissions produites à l'extérieur de leurs frontières géographiques, mais aussi toutes celles directement émises, additionner leur inventaire avec celui d'un territoire voisin pourrait mener au double comptage. À noter que le double comptage est surtout un enjeu dans le cas où l'objectif est d'additionner plusieurs inventaires locaux à des fins de compte-rendu ou de déclarations officielles destinés à une instance supérieure (Bader & Bleischwitz, 2009). Encore une fois, l'objectif principal de l'inventaire étant de guider l'action climatique, l'addition d'inventaires n'est pas une nécessité. Toutefois, s'assurer de bien répartir les émissions permet d'attribuer la responsabilité de la réduction à une instance spécifique et ainsi éviter de transférer perpétuellement cette responsabilité à autrui. La réalité terrain en revanche demande de considérer que plusieurs acteurs peuvent avoir différents leviers d'action sur la même source d'émissions.

1.5.4 Défi de collecte de données

Les données requises pour étudier les flux entrants et sortants du milieu urbain proviennent souvent de sources diverses et ont été acquises pour différentes utilités. Certaines d'entre elles ne sont pas toujours fiables, d'autres sont difficilement compréhensibles (Mirabella & Allacker, 2021). Elles sont souvent de différents ordres de grandeur (échelle) et n'ont pas la même résolution lorsqu'il s'agit de données spatiales. Ainsi, les assembler pour générer un modèle à l'échelle d'une ville ou d'un quartier représente un défi. Les nouvelles technologies,

comme *Light Detection and Ranging* (LiDAR), contribuent à acquérir plus facilement des données spécifiques et de haute résolution pour un territoire donné. Combinées à d'autres données spatiales à haute résolution, elles permettent de mieux classifier les bâtiments d'un quartier par exemple selon leur âge, leur taille et leur fonction. Une collecte de données *in situ* ne permet pas toujours l'acquisition de tous les paramètres nécessaires pour la modélisation d'un métabolisme urbain. (Kellett et al., 2013)

Aussi, le palier municipal n'a pas accès aux mêmes sources de données que les instances provinciales et nationales, par exemple, l'intégralité des caractérisations des matières résiduelles de RECYC Québec, les données des travaux routiers de compétences provinciales, etc. En plus, les données générées (extrapolées ou généralisées) ne sont pas nécessairement représentatives du territoire municipal. L'instance provinciale dispose de plus de ressources humaines et financières pour son exercice de collecte de données. Même si elle doit couvrir un grand territoire, ce qui engendre la nécessité de consacrer des ressources, une meilleure base de données primaires, caractérisée par la quantité, la diversité et la qualité, permet l'élaboration et la diversification des méthodes de traitement. Le défi est donc double, non seulement la quantité et la qualité des données disponibles manquent, mais le partage entre les instances gouvernementales et les organisations du territoire n'est pas optimisé.

L'étape de collecte de données est habituellement la plus longue de tout l'inventaire. Le temps moyen pour la mise en place de l'inventaire est de 4 à 6 mois pour les municipalités et villes. Cependant, les employés municipaux ne travailleront pas sur l'inventaire à temps plein. Ils doivent transmettre des requêtes à divers départements pour les données et attendre leur transmission (Bader & Bleischwitz, 2009).

1.5.5 Défi d'échelle

Lorsque les données ne sont pas disponibles à l'échelle locale, utiliser des données d'inventaire national ou provincial et les mettre à l'échelle peut être une solution intéressante pour gagner du temps. Surtout dans le cas où, il s'agit d'un secteur dont les émissions sont moindres en

comparaison aux autres secteurs. Cette méthode comporte cependant des limites. Notamment, la perte de précision dans les résultats d'inventaire. De plus, selon le paramètre de mise à l'échelle employé (taille de la population, énergie consommée dans la communauté, etc.), la variabilité du territoire de petite échelle ne sera pas représentée. (Bader & Bleischwitz, 2009).

CHAPITRE 2

MÉTHODOLOGIE

2.1 Synthèse de la problématique et objectifs du mémoire

Les émissions anthropiques de GES à l'échelle mondiale exercent des pressions sans précédent sur le système climatique de la Terre. Les instances municipales sont désignées comme des acteurs clés de la lutte contre les changements climatiques. Devant ce constat, plusieurs villes et municipalités se sont engagées à réduire drastiquement leurs émissions, voire d'atteindre la carboneutralité d'ici 2050.

Dans l'optique de contribuer à l'atteinte des objectifs fixés par la Ville de Montréal, l'Arrondissement Le Sud-Ouest entreprend des exercices de quantification d'émissions des GES. N'étant pas une fin en soi, ces exercices ont pour objectif d'identifier les mesures les plus cohérentes et efficaces menant à des actions de réduction d'émissions pour le territoire. Les émissions directes et une portion des émissions indirectes sont concernées par cette étude et par les futures mesures de réduction.

L'objectif global visé par ce projet de recherche consiste à développer une méthodologie de quantification pour l'Arrondissement Le Sud-Ouest, un territoire d'échelle restreinte et dont la gouvernance se distingue des villes et municipalités québécoises. À l'aide de cette méthode, un portrait représentatif des émissions de GES du Sud-Ouest peut être dégagé, dans le but de guider la prise de décisions vers des mesures de réduction cohérentes, optimales et stratégiques. Conséquemment, cette instance municipale devrait pouvoir répondre aux objectifs qu'elle s'est fixés.

Cet exercice méthodologique d'inventaire se construit au travers d'une suite d'étapes menant aux objectifs spécifiques de cette étude.

1. Dans un premier temps, il s'agit de développer une méthodologie de quantification des émissions de GES des activités municipales ainsi que de la collectivité de l'Arrondissement le Sud-Ouest, puis de l'appliquer pour l'année 2019.
2. Ensuite, dans l'optique de comprendre comment la végétation urbaine peut contribuer à l'atteinte des objectifs de réduction des émissions de l'Arrondissement, l'objectif est de quantifier le potentiel de séquestration du carbone pour le territoire à l'étude notamment par l'indice de canopée urbaine.
3. Puis, à l'aide d'un sondage s'adressant aux ménages du territoire à l'étude, tirer des constats par rapport à certains éléments d'émissions indirectes liées aux habitudes de consommation. Cela permet d'ailleurs d'ajouter un volet quantification selon la méthode d'inventaire basée sur la consommation d'un territoire et donc de prendre en compte une plus grande partie des émissions indirectes. La méthode d'échantillonnage prévue pour ce questionnaire est non probabiliste, ainsi, les observations et constats de la présente étude sont d'ordre qualitatif.
4. Enfin, en regard des résultats obtenus, suggérer des pistes de solutions s'apparentant à des mesures de réduction ou de bonnes pratiques ciblées au contexte de l'Arrondissement pour favoriser l'atteinte de ses objectifs.

2.2 Choix des secteurs d'inventaire

Les secteurs d'inventaire choisis sont arrimés au protocole des partenaires pour la protection du climat (PPC). Ce protocole découle du Global Protocol for Community-Scale Green House Gas Inventories (GPC Protocol) (Fong et al., 2021). Le Sud-Ouest s'étant engagé à prendre part à ce programme, il était impératif de respecter les requis, y étant associés. Idéalement, un protocole et des facteurs d'émissions provenant du quartier étudié seraient utilisés. Cependant, comme il n'en existe pas à ce jour, le protocole GPC offre les lignes directrices pour la quantification de plusieurs secteurs du territoire à l'étude (Santovito et al., 2015).

L'impossibilité d'acquies des données fiables et donc une estimation réaliste des émissions de GES pour l'aviation et la portion diesel et autres carburant du secteur hors-route explique leur exclusion de l'inventaire. Les activités liées à l'agriculture sont considérées comme absentes du territoire, ce secteur est donc également exclu. L'exclusion de ces secteurs respecte les lignes directrices du protocole GPC.

Les incertitudes sur les facteurs d'émissions sont considérées comme faibles (5 %). Cette évaluation est basée sur la méthode des tiers du GIEC, elle-même reprise par le protocole GPC (5, 15 et 30%). Cette méthode d'évaluation de l'incertitude sera expliquée à la section 2.7. Les facteurs d'émissions employés pour l'inventaire du Sud-Ouest sont précis, car ils tiennent compte du contexte québécois et canadien en regard du climat, des technologies utilisées et des combustibles utilisés.

2.3 Facteurs d'émissions

Les tableaux 2.1 à 2.5 présentent les facteurs d'émissions utilisés pour la quantification des émissions de GES du Sud-Ouest pour l'année 2019.

Tableau 2.1 Facteurs d'émissions pour l'énergie stationnaire des secteurs résidentiel et commercial et institutionnel

Source d'énergie	Unité	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ éq.	Référence
Gaz naturel	g/m ³	1878	0,037	0,035	1890,00	(ICLEI Canada, s.d.)
Électricité	g/kWh	1,20	0,0002	0,0001	1,20	(Environnement et Changement climatique Canada, 2021b)
Bois - résidentiel	g/kg	1539 (émissions biogéniques)	12,9	0,12	1932,96	(Environnement et Changement climatique Canada, 2021a)
Propane - résidentiel	g/L	1 515	0,0270	0,1080	1545,24	(Environnement et Changement climatique Canada, 2021a)

Tableau 2.1 Facteurs d'émissions pour l'énergie stationnaire des secteurs résidentiel et commercial et institutionnel (suite)

Source d'énergie	Unité	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ éq.	Référence
Propane - commercial et institutionnel	g/L	1 515	0,0240	0,1080	1545,16	(Environnement et Changement climatique Canada, 2021a)
Mazout léger -résidentiel	g/L	2753	0,0260	0,0060	2755,37	(Environnement et Changement climatique Canada, 2021a)
Mazout léger - commercial et institutionnel	g/L	2753	0,0260	0,031	2762,19	(Environnement et Changement climatique Canada, 2021a)
Mazout lourd	g/L	3 124	0,057	0,064	3 145	(Environnement et Changement climatique Canada, 2021b)

Tableau 2.2 Facteurs d'émissions pour l'énergie stationnaire du secteur industriel
Tiré de Environnement et Changement climatique Canada (2021a)

Source d'énergie	Unité	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ éq.
Diesel	g/L	2681	0,078	0,022	2689,19
Mazout léger	g/L	2753	0,006	0,031	2761,631
Kérosène	g/L	2560	0,006	0,031	2568,631
Mazout lourd	g/L	3156	0,12	0,064	3176,832
Gaz de distillation	g/L	1797	0,032	0,00002	1797,90146
GPL et LGN des usines de gaz	g/L	1416	0,024	0,108	1446,156
Charbon	g/kg	2198	0,03	0,02	2204,3

Tableau 2.2 Facteurs d'émissions pour l'énergie stationnaire du secteur industriel (suite)
Tiré de Environnement et Changement climatique Canada (2021a)

Source d'énergie	Unité	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ éq.
Déchets ligneux et liqueur résiduaire	g/kg	1715 (émissions biogéniques)	0,1	0,07	1736,91
Coke pétrolier	g/m ³	3761	0,12	24	10316,36
Liqueur résiduaire	g/kg	1250	0,03	0,005	1252,205

Tableau 2.3 Facteurs d'émissions pour le transport routier et hors-route
Tiré de ICLEI Canada (s.d.)

Source d'énergie	CO ₂ éq. (g/L)
Essence véhicules légers	2299
Essence camions légers	2299
Essence véhicules lourds	2352
Diesel véhicules légers	2732
Diesel camions légers	2732
Diesel véhicules lourds	2712
Essence véhicules hors-route	2361

Tableau 2.4 Facteurs d'émissions pour le transport maritime et ferroviaire

Source d'énergie	Unité	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ éq.	Référence
Diesel ferroviaire	g/L	2 680,50	0,149	1,029	2965,589	(Environnement et Changement climatique Canada, 2021a)
Essence bateaux	g/L	2307	0,22	0,063	2331	(Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), 2022)

Tableau 2.5 Facteurs d'émissions pour les matières résiduelles

Type de matière	Unité	CH ₄	N ₂ O	Référence
Boues d'épuration (incinération)	g/tonne	9,7	990	(Environnement et Changement climatique Canada, 2021a)
Eaux usées (CH ₄)	kg/kg DBO ₅	0,0396	N/A	(Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), 2022)
Eaux usées (N ₂ O)	kg N ₂ O-N/kg N	N/A	0,016	(Environnement et Changement climatique Canada, 2021a)
Compostage	g/kg matière	1,51	0,18	(Environnement et Changement climatique Canada, 2021a)

2.4 Collecte de données

La collecte de données est un processus important de l'exercice d'inventaire. Dans le cadre de cette étude, des données primaires et secondaires ont été utilisées.

Les données primaires comprennent notamment :

1. Les données directes de l'Arrondissement, services centraux Ville de Montréal ou fournisseurs (HQ, Énergir, etc.) ;
2. Les données provenant du sondage au ménage.

Il s'agit de données directes qui peuvent être combinées directement à des facteurs d'émissions pour obtenir une estimation des émissions de GES.

Les données secondaires incluent :

1. Les données disponibles sur les sites gouvernementaux ayant permis la mise à l'échelle pour le calcul des émissions de GES ;
2. Les données disponibles dans des articles scientifiques révisés par les pairs.

Il s'agit de données correspondant à un territoire plus grand que le Sud-Ouest, mais qui peuvent être employées pour estimer des quantités d'énergie consommée, d'eau utilisée ou de déchets produits par l'écosystème urbain de l'Arrondissement.

2.5 Inventaire des activités municipales

Les sections 2.5.1 à 2.5.4 réfèrent uniquement à l'inventaire des activités municipales. Les estimations et calculs ont été réalisés en partie par Thibaut Temmerman, agent de recherche en Transition écologique de l'Arrondissement du Sud-Ouest, préalablement au début de ce projet.

2.5.1 Flotte de véhicules

La liste des véhicules appartenant à l'Arrondissement ainsi que leur consommation en litres d'essence annuelle était disponible. Ainsi, les véhicules ont été répartis selon leur catégorie : légers, utilitaires légers ou utilitaires lourds. Puis la quantité de carburant utilisée, pour chaque catégorie, a été associée à son facteur d'émissions pour estimer la quantité de CO₂ équivalent émis à l'atmosphère pour l'année d'étude.

Concernant les émissions des véhicules de collecte des matières résiduelles, le kilométrage routier de l'Arrondissement a été calculé au moyen du logiciel de géoréférencement QGIS

(QGIS Development Team, 2022), des cartes disponibles sur la plateforme Géoindex pour le réseau routier (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 2018) et du site web des données ouvertes de la Ville de Montréal pour le polygone correspondant à l'Arrondissement Le Sud-Ouest (Ville de Montréal, 2013). L'hypothèse de ce calcul est qu'un camion emprunte les deux côtés de la rue autant de fois par semaine qu'il y a de collectes. Les véhicules qui effectuent le trajet sont des véhicules lourds (Nguyen & Wilson, 2010). Le nombre total de kilomètres parcourus est multiplié par 52 semaines pour trouver le kilométrage annuel total. Ensuite, ce dernier est multiplié par la donnée de consommation du camion de déchets pour un kilomètre (1 km). Cette valeur provient de l'étude de Nguyen & Wilson (2010).

2.5.2 Bâtiments

Les données de consommation d'électricité et de gaz naturel pour les bâtiments dont l'Arrondissement est responsable ont été transmises directement par le service des immeubles de l'Arrondissement. Ces quantités d'énergie et de combustible ont donc été combinées aux facteurs d'émissions correspondant pour obtenir les tonnes de CO₂ équivalent.

Les bâtiments loués par l'administration sont omis comme les données de consommation énergétique, pour ces adresses spécifiques, ne sont pas disponibles. Ces bâtiments peuvent inclure par exemple les locaux de la mairie d'arrondissement. Autrement dit, les seuls bâtiments considérés sont ceux dont la Ville de Montréal est propriétaire. Les bâtiments omis dans cette portion d'inventaire seront par ailleurs inclus dans l'inventaire de la collectivité. Les données proviennent d'une source primaire. Le portrait pour ce secteur et pour les bâtiments considérés est fiable.

2.5.3 Déchets solides

Le nombre de lieux de collecte a été transmis par le service des matières résiduelles de l'Arrondissement (Rousseau Mccann, 2021). L'hypothèse que chaque lieu génère 500 L de déchets hebdomadairement a été émise. Cette dernière est basée sur le type de contenant et leur

capacité disponible sur les 127 sites dont la collecte des matières résiduelles est coordonnée par le service des matières résiduelles de l'Arrondissement. Les contenants présents sur les sites sont composés en partie de bacs roulants de 360 L, en partie de sacs en bord de rue et en partie de conteneurs (6 verges) (Rousseau Mccann, 2021). Le manque de données ne permet pas de connaître la proportion exacte de chaque type de contenant. En utilisant les données disponibles, les proportions pour chaque type de contenant sont de 24 % pour les conteneurs (6 verges), 24 % pour les bacs roulants (360 L) et 52 % pour les sacs (Rousseau Mccann, 2021). Deux sacs standards de 74 L sont considérés pour l'exercice. Les contenants sont aussi considérés comme à pleine capacité à chaque période de collecte et à l'exception des sacs (2), un seul contenant est présent par site. La production hebdomadaire de déchets relevant de cette hypothèse est donc de 421 L pour l'année 2019. Une production de déchets hebdomadaire de 79 L produits par les employées, dont le nombre (584 en 2019) a été transmis par une responsable des ressources humaines, est ajoutée à l'hypothèse (J. Turgeon, communication personnelle, 21 septembre 2022). Il est considéré que chaque employé remplit une corbeille de bureau de 3,4 L par jour travaillé (5 jours/semaine pendant 52 semaines) (Recycle Away, 2024). Le type de corbeille considéré est celui pouvant être accroché à un bac de recyclage inséré sous un bureau de travail (Recycle Away, 2024).

Au regard des données disponibles, l'équation 2.1 provenant du protocole des partenaires dans la protection du climat (PPC) a été utilisée pour le calcul du tonnage de déchets solides générés pour l'année 2019.

$$\text{Déchets} = CC \times Qté \text{ plein } x \times fr. \text{pick up} \times conv. V \text{ à } m \times nb \text{ mois/an} \quad (2.1)$$

Où :

Déchets s. = Quantité totale de déchets ultimes générés par les activités corporatives de l'Arrondissement Le Sud-Ouest en 2019 en tonnes (t)

CC = capacité du contenant en mètres cube (m³)

Qté remplie = Proportion du contenant remplie lors du ramassage en pourcentage (%)

Fr. pick up = fréquence de ramassage en fois par mois (nombre de ramassages/mois)

Conv. V à m = Facteur de conversion du volume à la masse (0,178) (t/m³)

nb mois/an = Nombre de mois pour une année (12 mois)

Adapté de (ICLEI Canada, s.d.)

Afin de déterminer la quantité de déchets générés lors des 50 années précédentes, un ratio a été calculé proportionnellement aux déchets générés par la collectivité. L'hypothèse retenue suppose que le ratio calculé pour l'année 2019 est le même pour les années précédentes. Les données sont ensuite entrées dans le logiciel LANDGEM. La procédure est expliquée en détail à la section 2.6.4 sous-section Déchets solides de ce mémoire.

2.5.4 Traitement de l'eau potable

Les données de consommation d'électricité, de gaz naturel et de mazout pour la station de traitement d'eau potable Atwater située sur le territoire géographique de l'Arrondissement ont été transmises directement par le Service de l'eau de la Ville de Montréal. Ces quantités d'énergie et de combustible ont donc été combinées aux facteurs d'émissions correspondant pour obtenir les tonnes de CO₂ équivalent.

2.6 Inventaire des activités de la collectivité

Les sections 2.6.1 à 2.6.5 réfèrent uniquement à l'inventaire de la collectivité.

2.6.1 Population de la collectivité

La population du Sud-Ouest en 2019 a été estimée à l'aide des données disponibles sur le site Montréal en statistiques (Statistiques Canada, 2021). Les données étant disponibles pour l'année 2016 et l'année 2021, une interpolation linéaire a été effectuée. En effet, l'hypothèse est que le taux de croissance de la population est le même pour chaque année intercalaire.

2.6.2 Énergie stationnaire

Électricité

Les données d'électricité pour tous les secteurs ont été transmises par Hydro-Québec. Les données d'Hydro-Québec ont été triées afin d'obtenir les différentes catégories demandées par l'outil PPC : résidentiel, commercial et institutionnel et industriel. Par la suite, les kilowattheures d'électricité ont été combinés au facteur d'émissions pour obtenir les tCO₂éq. (ICLEI Canada & Fédération canadienne des municipalités, s.d.).

Les données d'électricité incluent la consommation des véhicules électriques, les émissions de ces derniers sont donc incluses dans l'énergie stationnaire plutôt que dans le secteur transport. De plus, la consommation d'électricité pour le secteur des industries énergétiques est incluse dans les industries manufacturières et de la construction. En effet, il n'était pas possible de désagréger les données d'énergie fournie aux différents secteurs industriels.

Les données reçues par Hydro-Québec incluent l'énergie fournie au métro du Sud-Ouest. Comme l'organisation responsable de ce réseau, la société des transports de Montréal (STM), a transmis à l'Arrondissement les données exactes d'utilisation d'électricité pour le métro, cette valeur a été retranchée de la section commerces et institutions du secteur de l'énergie stationnaire (Société de transport de Montréal (STM), communication personnelle, 19 août 2022). Elle a été attribuée, par la suite, au secteur du transport ferroviaire.

Gaz naturel

Les données de gaz naturel pour tous les secteurs ont été transmises par Énergir. Les mètres cubes de gaz naturel ont été combinés aux facteurs d'émissions adéquats afin de calculer les émissions de GES.

Les émissions liées au gaz naturel pour le secteur des industries énergétiques sont incluses dans les industries manufacturières et de la construction, les raisons étant les mêmes que pour l'électricité.

Bois (secteur résidentiel uniquement)

Un ratio basé sur les bâtiments de l'Arrondissement qui chauffent au bois et les bâtiments de la province qui chauffent au bois est ensuite multiplié par la donnée provinciale de consommation énergétique. Cette valeur est multipliée par les coefficients d'émissions appropriés pour déterminer les tonnes de CO₂ équivalent émises par la combustion du bois de chauffage. Les données pour le Sud-Ouest ont été transmises par le Service de l'évaluation foncière de la Ville de Montréal (Ville de Montréal, Stéphane Fréjeau, communication personnelle, 2022) et celles du Québec proviennent de la Base de données complète sur la consommation d'énergie (Ressources naturelles Canada, 2024). Le ratio est multiplié par 1/3 des émissions issues du bois de chauffage calculées par Ressources naturelles Canada (2022) pour l'année 2019. En effet, au Québec, les 2/3 de la consommation de bois pour le chauffage sont utilisés pour les résidences secondaires en territoire rural et nordique (Wagner et al., 2016). Suivant cette hypothèse, une partie des émissions est retranchée pour conserver celles attribuables aux milieux urbains dont le Sud-Ouest fait partie.

La méthode de calcul retenue tient compte de la proportion de maisons chauffées au bois sur le territoire. Une méthode de mise à l'échelle selon le ratio de maison unifamiliale du Québec par rapport à celui du Sud-Ouest a aussi été élaborée. En l'utilisant, le résultat obtenu est très près de celui retenu. Cependant, le nombre d'habitations unifamiliales d'une province en rapport avec celle d'un arrondissement présente des caractéristiques non liées à la quantité de bois utilisée comme source de combustible. Ainsi, la méthode retenue est considérée comme la plus adéquate.

Mazout & propane

En ce qui concerne le mazout et le propane pour les secteurs résidentiels, institutionnels et commerciaux, un ratio en fonction de la population a été établi dans le but de mettre à l'échelle la consommation en litres des bâtiments de la province de Québec pour le Sud-Ouest. Afin d'effectuer la conversion des données en joules obtenues des tableaux de la Base de données complète sur la consommation d'énergie, la table des facteurs d'émissions du gouvernement du Québec a été utilisée pour pouvoir retrouver les unités de combustible équivalentes aux quantités consommées. Ces valeurs ont ensuite été multipliées par les facteurs d'émissions adéquats (Ressources naturelles Canada, 2022 ; Transition énergétique Québec, 2019).

Émissions fugitives

Les données transmises par Énergir ont permis de calculer un ratio en fonction de la consommation de gaz naturel du Sud-Ouest par rapport à celle de la province de Québec. Ce ratio est ensuite appliqué aux émissions fugitives comptabilisées par Énergir dans le cadre du Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère (RDOCECA) découlant de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE).

Énergie pour le milieu industriel (autre qu'électricité et GN)

Les émissions concernant la consommation industrielle de mazout, de mazout lourd, de diesel, de kérosène, de gaz de distillation, de charbon, de coke pétrolier et de déchets ligneux et liqueur résiduaire sont estimées à partir d'un ratio. Ce ratio a été déterminé en calculant la proportion d'énergie en pétajoules (PJ) consommée par l'Arrondissement du Sud-Ouest et par la province de Québec pour l'électricité et le gaz naturel. La moyenne des deux proportions (consommation industrielle de gaz naturel du Sud-Ouest/consommation industrielle de gaz naturel de la province de Québec et consommation industrielle d'électricité du Sud-Ouest/consommation d'électricité industrielle de la province de Québec) a permis de trouver le ratio suivant : 0,67 %. Ce ratio a ensuite été utilisé pour calculer les consommations en pétajoules de tous les combustibles mentionnés ci-haut. Puis, ces consommations d'énergie ont été associées à leurs facteurs d'émissions respectifs pour la comptabilisation des émissions de GES.

Étant donné que les informations concernant les sources d'énergie utilisées par toutes les industries présentes sur le territoire du Sud-Ouest ne sont pas accessibles, il est impossible d'assumer la présence ou l'absence d'une ou l'autre des sources d'énergie recensées pour la province du Québec. Toutes les sources d'énergie possibles sont donc prises en compte dans le calcul. Il s'agit d'une méthode conservatrice qui cadre avec les directives du protocole GPC.

Industrie de la construction

Les émissions de ce sous-secteur ont été comptabilisées au prorata de la population à partir des données provinciales.

2.6.3 Transport

Routier

Le transport routier représente un défi de quantification pour les inventaires des collectivités et surtout pour un territoire restreint. En effet, il s'agit d'un système ouvert au sein duquel les entrées et les sorties sont fréquentes et dépendent beaucoup de comportements humains imprévisibles et aléatoires (Xu et al., 2018). De ce fait, prévoir, calculer et modéliser les déplacements d'un arrondissement montréalais s'avère complexe.

Plus précisément, l'étape de collecte de données est difficile. Les données récoltées sont souvent imprécises, incomplètes et morcelées. Cette étape peut aussi être dispendieuse (Leduc, 2008). Aussi, les modes de transports des usagers ainsi que les types de véhicules présents sur le territoire sont variés, ce qui rend le suivi difficile (Chocholac, Hruska, Machalik, Sommerauerova, & Sohajek, 2021 ; Xu et al., 2018). Dans le même ordre d'idées, les quartiers sont divisés selon plusieurs usages (commerciaux, résidentiel, industriel, etc.), ce qui génère différents patrons de déplacements. Ces différents patrons rendent la comptabilisation complexe et les déplacements difficilement prévisibles. Pour ajouter à la complexité, même en

tenant compte des patrons de déplacements, il faut considérer qu'ils sont dynamiques et peuvent évoluer en raison par exemple de travaux de voirie.

Dans le contexte où les données précises sur un quartier ne sont pas disponibles, la meilleure méthode de quantification développée à ce jour est utilisée pour les exercices d'inventaire de GES.

En ce sens, une démarche méthodologique a été entreprise pour ce secteur. Diverses possibilités de quantification ont été explorées afin de sélectionner la plus adéquate pour l'exercice d'inventaire du Sud-Ouest. La présente section de ce mémoire est dédiée à une courte analyse des méthodes de quantification considérées. À noter qu'il ne s'agit pas d'une liste exhaustive, d'autres méthodes existent et pourraient être développées.

Ventes de carburant (méthode retenue)

Les émissions issues du transport routier ont été estimées à partir de la méthode liée au carburant vendu par les stations-service du territoire. La quantification pour ce secteur comporte deux grandes étapes, d'abord la définition des caractéristiques du parc de véhicules et ensuite l'attribution de la quantité de carburant consommée (L) pour chaque catégorie de véhicule.

La base de données des véhicules en circulation de la Société d'assurance automobile du Québec (SAAQ) a permis de réaliser la caractérisation du parc automobile du Sud-Ouest (Société de l'assurance automobile du Québec, 2020b). Les véhicules de la base de données correspondant à la région de Montréal sont conservés, puis répartis selon leur classe et leur type de carburant. Un ratio de population est utilisé pour retrouver la proportion de véhicules de chaque catégorie présente au Sud-Ouest.

La classification des véhicules selon s'ils sont légers ou lourds a été déterminée par leur masse. Suivant les normes provinciales pour la quantification des émissions, une masse inférieure ou égale à 3900 kg permet de classer le véhicule comme léger, si la masse est supérieure à cette

valeur, le véhicule est classé lourd (Gouvernement du Québec, 2021). Les véhicules légers doivent ensuite être répartis selon s'il s'agit de véhicules ou de camions légers.

Les véhicules au propane sont considérés comme probablement non présents au Sud-Ouest. Les véhicules hybrides sont inclus dans la catégorie à essence. Les véhicules électriques sont inclus dans l'énergie stationnaire, car il est impossible de désagréger les données des bornes de recharge des quantités totales d'électricité utilisée par les bâtiments.

Les données concernant le diesel et l'essence vendus sur le territoire ont été transmises par la Régie de l'énergie du Québec (Régie de l'énergie du Québec, Lafleur, C., communication personnelle, 27 juillet 2022). Une hypothèse importante à noter est que le carburant vendu est réparti proportionnellement pour chaque catégorie de véhicule. Cet aspect sera discuté à la section 3.2.3 sous-section Transport routier.

Les résultats de ces manipulations sont multipliés par les coefficients d'émissions appropriés pour quantifier les émissions de GES.

Méthode d'estimation issue de l'enquête origine-destination (O-D)

Cette méthode s'appuie sur le nombre de déplacements motorisés comptabilisés par l'enquête O-D pour calculer le nombre de kilomètres (km) parcourus annuellement par les véhicules dans l'Arrondissement. Le parc automobile est ensuite départagé pour jumeler les kilomètres parcourus aux valeurs de consommation d'énergie (L/100 km) issues de moyennes canadiennes (ICLEI Canada, s.d.). La consommation d'énergie est finalement multipliée par les facteurs d'émissions appropriés pour le calcul d'émissions de GES.

À noter:

1. Les déplacements motorisés totaux sont disponibles dans l'enquête O-D. Cependant, ils incluent les déplacements externes au territoire à l'étude. Le ratio des déplacements motorisés totaux de l'Arrondissement (incluant les déplacements externes) par rapport aux déplacements non motorisés est établi. Cette proportion peut ensuite être multipliée par le total des déplacements à l'intérieur des frontières du territoire. Cela permet

d'obtenir une approximation du nombre de déplacements motorisés effectués au Sud-Ouest (Autorité régionale de transport métropolitain (ARTM), 2018);

2. Les déplacements passagers ne sont pas désagrégés de ceux des conducteurs, dans ce contexte, il est implicite que les passagers sont dans un véhicule différent de ceux des conducteurs. En réalité, ils pourraient avoir utilisé le même véhicule. Il s'agirait donc de trajets à retrancher au bilan;
3. La valeur de km parcourus au sein de l'Arrondissement pour chaque déplacement (environ 7,6 km) a été déterminée selon la distance à parcourir sur le boulevard Notre-Dame Ouest d'un bout à l'autre de ce dernier.

Méthode issue de l'enquête origine-destination développée par Souhaila Bendahmane

Une nouvelle méthode d'estimation a été développée grâce aux données de l'enquête O-D. Des points de repère sont établis dans l'Arrondissement Saint-Laurent (le territoire à l'étude), pour établir des trajets moyens correspondants aux déplacements des véhicules automobiles sur le territoire à l'étude. Ces trajets sont conservateurs, c'est-à-dire qu'ils sont les plus longs possibles par rapport aux points de repère. Une estimation est également faite concernant les trajets d'autobus. Cette approche permet donc de quantifier les émissions de GES en se basant sur les kilomètres parcourus sur le territoire et donc générés par les déplacements réels. Les contraintes de temps du projet actuel ont limité l'application de cette méthode, puisque les trajets de l'enquête O-D doivent être traités un par un. De plus, comme l'enquête O-D considère une période de temps très courte (une journée de semaine en saison automnale), l'échantillon de déplacements n'est pas représentatif de l'année. D'ailleurs la Chaire de recherche en mobilité de Polytechnique (Université de Montréal) effectue présentement des travaux sur le développement d'un logiciel d'affectation des trajets de l'enquête O-D. Éventuellement, cette méthode sera beaucoup plus accessible et simple d'utilisation.

Méthode MOVES EPA

L'*Environmental Protection Agency* (EPA) basé aux États-Unis a développé un logiciel permettant de quantifier les émissions de GES provenant de la circulation routière. Selon le

contexte, ce logiciel peut être adapté pour quantifier les émissions canadiennes. C'est d'ailleurs le logiciel utilisé par ECCC pour produire les inventaires nationaux. Comme mentionné à la section 1.3.2, le kilométrage moyen parcouru et le taux de consommation de carburant moyen pour chaque classe de véhicules sont nécessaires pour calculer la consommation de carburant (L) des véhicules.

Données de la plateforme Insights de Google (Environmental Insights Explorer (EIE))

L'approche est la mise à l'échelle des résultats obtenus pour l'agglomération de Montréal par EIE pour Le Sud-Ouest. Dans un premier temps par un ratio de population (Statistiques Canada, 2021) et dans un deuxième temps par un ratio moyen de carburant vendu sur le territoire pour l'année 2019 (Régie de l'énergie du Québec, 2020, 2022). Les données de la plateforme EIE sont des données de déplacement qui proviennent directement d'individus ayant activé le service de localisation sur leurs appareils mobiles.

Hors-Route

En faisant la différence entre les ventes de carburant brutes et nettes d'essence (Gouvernement du Canada, 2022), il est possible d'estimer le carburant ayant servi pour les véhicules hors route dans la province (Gouvernement du Canada, 2022). À titre de rappel, les ventes brutes correspondent aux ventes totales en litres de carburant sur le territoire de la province en 2019. Les ventes de carburant nettes sont définies par la quantité de carburant vendu en litres (L) sur lequel la taxation routière a été payée.

Compte tenu des données disponibles, un ratio a été calculé afin de déterminer le pourcentage de véhicules hors route présents sur le territoire de Montréal par rapport à celui de la province (Société de l'assurance automobile du Québec, 2020a). Ensuite, ce ratio a été multiplié par celui associé à la population du Sud-Ouest et de l'agglomération afin de passer à l'échelle de l'Arrondissement. Le résultat a été multiplié par le volume de carburant servant aux véhicules hors route de la province (Gouvernement du Canada, 2022). L'équation 2.4 présente ces calculs.

$$Carb.HR SO = \frac{véhicules HR Mtl}{véhicules HR Qc} \times \frac{pop SO_{2019}}{pop aggro_{2019}} \times Carb.hors route Qc \quad (2.2)$$

Où :

Carb.HR SO = Quantité de carburant en litres (L) vendu ayant été utilisée hors du circuit routier de l'Arrondissement Le Sud-Ouest en 2019

véhicules HR Mtl = Nombre de véhicules immatriculés comme des véhicules outils et donc hors-réseau routier pour le territoire de l'agglomération de Montréal en 2019

véhicules HR Qc = Nombre de véhicules immatriculés comme des véhicules outils et donc hors-réseau routier pour la province de Québec en 2019

pop SO₂₀₁₉ = Population en nombre d'individus de l'Arrondissement Le Sud-Ouest en 2019

pop aggro₂₀₁₉ = Population en nombre d'individus de l'agglomération de Montréal en 2019

Carb.hors route Qc = Quantité de carburant en litres (L) vendu ayant été utilisée hors du circuit routier de la province de Québec en 2019

Maritime

Parcs Canada a transmis à l'Arrondissement le nombre de passages aux écluses 1 et 5 du Canal Lachine en 2019 (Parcs Canada, communication personnelle, 2022). Une estimation du temps passé à l'intérieur des frontières du territoire pour chaque embarcation a été réalisée en considérant la durée estimée de 3 heures par Parcs Canada pour parcourir le canal Lachine en entier (Agence Parcs Canada, 2019). Les deux tiers du canal sont situés au Sud-Ouest, ainsi, le nombre d'heures de navigation par embarcation utilisé pour cet exercice d'inventaire est de 2 heures (Google Maps, 2022).

L'hypothèse suivante est émise : tous les bateaux utilisent l'essence comme carburant. Afin d'estimer les litres d'essence consommés par les bateaux ayant navigué sur le canal, des valeurs moyennes de gallons d'essence utilisés par heure pour les embarcations récréotouristiques ont

été employées. Ces valeurs proviennent d'une étude réalisée en 2015 (Hwang, Yang, Wilson, Taylor, & Miao C, 2015).

Cette méthode basée sur plusieurs hypothèses comporte des limites notables. D'une part, il y a la probabilité de variabilité dans la durée des transits. D'autre part, il y a possiblement des embarcations circulant avec un moteur électrique sur le canal plutôt qu'à essence. Enfin, une grande diversité d'embarcations ayant des dimensions et caractéristiques distinctes est possible.

Ferroviaire

Métro

Les données ont été transmises par un agent de la Société de transport de Montréal (STM) (Société de transport de Montréal (STM), Simon Broquet, communication personnelle, 19 août 2022). Elles comprennent l'intégralité de la consommation d'énergie du poste de district Lionel Groulx.

Canadien national (CN)

Les données de consommation totale d'essence pour l'année 2019 sont accessibles en ligne (Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada (CN), 2020), elles ont été réduites à l'échelle de l'Arrondissement grâce à un ratio déterminé entre la longueur totale du réseau ferroviaire disponible sur la carte du réseau en ligne (Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada (CN), s.d.), et la longueur du réseau à l'intérieur du territoire de l'Arrondissement. La longueur du réseau de l'Arrondissement a été estimée à 15 km à l'aide de l'outil de mesure de Google Maps (Google Maps, 2022). Il s'agit d'une estimation conservatrice.

Via Rail

L'estimation des émissions de GES provient des données de CO₂ équivalent émis par passager/km de Via Rail (Via Rail Canada, 2019b). Le nombre de passagers ayant voyagé en direction ou en provenance de Montréal a été estimé à l'aide du Rapport annuel de Via Rail

2019 (Via Rail Canada, 2019a). La longueur du tronçon ferroviaire sur le territoire de l'Arrondissement est estimée à 15 km (Google Maps, 2022).

Aérien

Considérant que la seule méthodologie possible est celle de la mise à l'échelle par rapport aux données provinciales et que le seul levier d'action de l'Arrondissement est la sensibilisation auprès de sa population quant aux émissions issues du transport aérien, cette catégorie a été exclue.

De plus, comme l'aéroport Pierre Elliot-Trudeau de Montréal est une voie de transport aérien internationale, il est plutôt complexe d'attribuer des émissions à un territoire restreint comme celui du Sud-Ouest. Par ailleurs, le Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC) suggère de comptabiliser les transports par voie aérienne uniquement lorsqu'un aéroport et/ou un aérodrome sont incluent dans les limites du territoire (Fong et al., 2021).

2.6.4 Matières résiduelles

Déchets solides

Afin de déterminer les émissions de gaz à effet de serre provenant des déchets solides de l'Arrondissement, la méthodologie du site consolidé a été retenue. La méthode du site consolidé a permis d'utiliser les équations de décomposition de 1^{er} ordre au travers de l'outil LAndGEM version 3.03 (US EPA Office of Research and Development & Clean Air Technology Center, 2005). Ainsi, les données de déchets solides envoyés à l'enfouissement depuis les 50 dernières années étaient requises. À noter que les encombrants et les déchets de construction (CRD) ont été exclus, car leur décomposition n'entraîne pas d'émissions de GES significatives. C'était, d'ailleurs, la méthode de quantification retenue par la Ville de Montréal avant le changement de méthodologie en 2023 (Wagner et al., 2016).

Les données des déchets générées par l'agglomération de Montréal de 1969 à 2009 étaient disponibles dans le rapport d'inventaire des émissions de la Ville de Montréal de 2013 (Wagner et al., 2016). Les données des ordures ménagères résidentielles générées par l'Arrondissement ont été fournies par la Ville de Montréal pour les années 2010 à 2019 (Audrey Laisney, communication personnelle, 8 juillet 2022). Il a donc fallu procéder à une estimation pour le tonnage de déchets de l'Arrondissement de 1969 à 2009. En effet, les équations de décomposition de 1^{er} ordre demandent les données de tonnage des matières résiduelles des 50 dernières années. Il a également fallu procéder à une estimation pour les déchets produits par les industries, commerces et institutions (ICI) lors des années 2010 à 2019.

En ce sens, une année de base a d'abord été utilisée pour procéder à l'estimation des déchets générés par les ICI de l'Arrondissement du Sud-Ouest. L'année retenue est l'année 2016 puisque toutes les données étaient disponibles pour cette année (Ministère du Développement durable de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2016a). Ainsi, les données de déchets ICI de l'agglomération ont été réduites à l'échelle de l'Arrondissement par le prorata de la population. Le tonnage des déchets ICI à l'échelle de l'Arrondissement pour 2016 est additionné au tonnage des ordures ménagères de l'Arrondissement pour la même année. Par la suite, un ratio entre l'estimation du tonnage total des déchets générés par l'Arrondissement et le tonnage total des déchets générés par l'agglomération a été calculé. Ce ratio a par la suite été utilisé pour estimer les déchets générés par l'Arrondissement du Sud-Ouest pour les années 1969 à 2009 inclusivement. L'équation 2.5 présente le calcul utilisé pour la quantification des déchets du Sud-Ouest.

$$TD SO_i = Déch.ICI_{agglo\ 2016} \times \frac{pop_{SO}}{pop_{agglo}} \times \frac{déch.SO\ 2016}{déch.agglo\ 2016} \times déch.agglo_i \quad (2.3)$$

Où :

$TD SO_i$ = Masse en tonnes métriques (t) de déchets ultimes générés par l'Arrondissement Le Sud-Ouest pour l'année i

i = année de quantification des déchets comprise entre 1969 et 2009 inclusivement

$Déch.ICI_{agгло\ 2016}$ = Masse en tonnes métriques (t) de déchets ultimes générés par les institutions, commerces et industries de l'agglomération de Montréal en 2016

pop_{SO} = Population en nombre d'individus de l'Arrondissement Le Sud-Ouest en 2016

$pop_{agгло}$ = Population en nombre d'individus de l'agglomération de Montréal en 2016

$déch_{SO\ 2016}$ = Masse en tonnes métriques (t) de déchets ultimes générés par l'Arrondissement Le Sud-Ouest pour l'année 2016

$déch_{agгло\ 2016}$ = Masse en tonnes métriques (t) de déchets ultimes générés par l'agglomération de Montréal en 2016

$déch_{agгло\ i}$ = Masse en tonnes métriques (t) de déchets ultimes générés par l'agglomération de Montréal pour l'année i

En ce qui a trait aux années 2010 à 2019, le ratio provenant de l'année 2016 entre les déchets produits par les ICI de l'agglomération et ceux du Sud-Ouest a été utilisé pour estimer ceux générés pour les autres années. Ainsi, une quantité totale de déchets générés a été estimée.

Les tonnages de déchets obtenus ont été entrés dans l'outil LandGEM. Quatre fichiers ont été utilisés pour respecter l'évolution des valeurs de k et de L_0 disponibles dans le RIN partie 2 datant de 2017 (Environnement et Changement climatique Canada, 2019).

Le site d'enfouissement consolidé est considéré comme un site avec captage intégral du gaz d'enfouissement, c'est-à-dire équipé pour capter les émissions au moment de la décomposition des matières. Le pourcentage de captation du méthane retenu est de 87% (Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, 2008). Ce dernier provient de la méthodologie de la Ville de Montréal (Wagner et al., 2016).

Traitement biologique

Les données de compostage proviennent du Bilan massique des matières résiduelles pour l'année 2019 de la Ville de Montréal. Elles ont été obtenues auprès du service des matières résiduelles de la Ville de Montréal.

Pour chaque matière dont les données étaient présentées dans d'autres unités que les tonnes métriques, des outils permettant la conversion des volumes ou des nombres vers la masse en tonnes ont été utilisés (AVCALC, 2023a, 2023b ; Couillard, Bage, & Trudel, 2009 ; Environnement Canada, 2013 ; Forest Research, 2023). En plus d'inscrire le tonnage des matières organiques, l'information selon s'il s'agissait de matière sèche ou humide a été consignée.

Incinération

Les matières incinérées pour le territoire à l'étude sont essentiellement composées des boues d'épuration (Hebert, 2021). Les données de boues générées par l'agglomération ont été transmises par le service des matières résiduelles de la Ville de Montréal et ont été ramenées à l'échelle de la population du Sud-Ouest (Audrey Laisney, communication personnelle, 8 juillet 2022; Statistiques Canada, 2021). Le tonnage de boues résultant a, par la suite, été multiplié par les facteurs d'émissions appropriés.

Eaux usées

Les émissions provenant des eaux usées municipales ont été quantifiées selon les équations du *Guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre du gouvernement québécois* (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), 2022).

La méthode de quantification du N_2O repose sur la quantité d'azote présente dans les eaux usées. Cette quantité peut être estimée sur la base de la consommation annuelle de protéines par personne, de la population du territoire ainsi que par rapport à la quantité de produits ménagers rejetés dans l'eau. Par stoechiométrie et en considérant des facteurs comme : la fraction d'azote dans les protéines, la fraction de protéine non consommée et les technologies de traitement des eaux usées, il est possible d'estimer les émissions de ce gaz (Ministère de

l'Environnement, de la Lutte contre les Changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), 2022).

La quantification du CH₄ repose sur la quantité de protéines moyenne consommées par individu par jour et sur le nombre d'habitants du territoire à l'étude. Ces informations permettent de déterminer la charge organique annuelle totale de l'usine de traitement des eaux usées. Cette charge se quantifie à l'aide de l'indice de la demande biologique en oxygène (DBO₅). L'indice de DBO₅ pour cette étude provient de la base de données de facteurs d'émissions conçue par le GIEC (Intergovernmental Panel on Climate Changes (IPCC), 2021). Une fois toutes ces informations réunies, l'efficacité du traitement des eaux usées ainsi que les facteurs d'émissions permettent de calculer les émissions de CH₄.

Les données de population pour les calculs d'émissions de ce secteur proviennent de la Ville de Montréal (Statistiques Canada, 2021). La station d'épuration de Montréal est une centrale de traitement aérobie (Maintenance Québec, 2019).

2.7 Processus industriels et utilisation de produits (PIUP) et Agriculture, foresterie et autres affectations des terres (AFAAT)

Aucune AFAAT n'est présente dans les limites du territoire à l'étude, cette catégorie est donc exclue de l'inventaire.

Concernant les procédés industriels, la déclaration d'émissions d'une industrie régie par le RDOCECA a permis de quantifier cette catégorie. Les émissions issues de l'utilisation de produits, pour leur part, incluant notamment les gaz PFC, HFC, SF₆ et NF₃ sont obtenues en mettant à l'échelle au prorata de la population celles de l'inventaire provincial.

2.8 Calculs d'incertitude d'inventaire

Le travail d'inventaire est un amalgame d'hypothèses et de méthodes d'estimations pour obtenir un portrait représentatif des émissions d'un territoire. En ce sens, les résultats de chaque

secteur et sous-secteur inventorié présentent des incertitudes. Le GIEC ainsi que le GPC recommandent d'utiliser la méthode des tiers pour évaluer les facteurs d'émission et les données obtenues pour chaque secteur et sous-secteur d'émission. Les trois niveaux d'incertitude sont donc : faible (5 %), moyen (15 %) et élevé (30 %). Un niveau faible d'incertitude signifie que les données proviennent d'une source directe. Le niveau moyen signifie une confiance moyenne envers les données et la méthode d'estimation. Le niveau d'incertitude élevé signifie que les données sont principalement mises à l'échelle (Fong et al., 2021). Les tableaux 2.6 à 2.9 inclusivement détaillent le niveau d'incertitude des secteurs et sous-secteurs inventoriés.

Tous les facteurs d'émissions utilisées par l'outil PPC et ceux ayant été utilisés pour l'inventaire de l'Arrondissement du Sud-Ouest ont une fiabilité de niveau élevé. C'est-à-dire que leur niveau d'incertitude est faible ($\pm 5\%$).

Tableau 2.6 Incertitudes et qualité des données pour l'inventaire municipale

Secteurs	Incertainitudes	Valeur de l'incertitude (%)	Niveau d'incertitude
Bâtiments municipaux	Données de consommation d'énergie de combustibles et d'électricité proviennent des fournisseurs d'énergie	± 5	Faible
Véhicules	Données de consommation de carburants (essence et diesel) exactes étaient disponibles. À noter cependant que la consommation d'électricité est comptabilisée dans le secteur des bâtiments municipaux.	± 5	Faible
Éclairage public	Données de consommation d'électricité proviennent du fournisseur d'énergie	± 5	Faible

Tableau 2.6 Incertitudes et qualité des données pour l'inventaire municipale (suite)

Secteurs	Incertitudes	Valeur de l'incertitude (%)	Niveau d'incertitude
Enfouissement des matières résiduelles	Méthode d'estimation détaillée à la section 2.5.3 de ce mémoire	±30	Élevé
Production d'eau potable	Données de consommation d'énergie étaient disponibles et ont été transmises à l'Arrondissement	±5	Faible

Tableau 2.7 Incertitudes et qualité des données pour l'inventaire collectif secteur de l'énergie stationnaire

Secteurs	Incertitudes	Valeur de l'incertitude (%)	Niveau d'incertitude
Consommation d'énergie du secteur résidentiel	Données obtenues directement des fournisseurs d'énergie pour l'électricité et le gaz naturel Méthode d'estimation basée sur les données de consommation provinciales pour le mazout, le propane et le bois	Électricité ±5 Gaz naturel ±5 Mazout ±30 Propane ±30 Bois ±30	Électricité & Gaz naturel Faible Mazout, Propane & Bois Élevé
Consommation d'énergie du secteur commercial	Données obtenues directement des fournisseurs d'énergie pour l'électricité et le gaz naturel Méthode d'estimation basée sur les données de consommation provinciales pour le mazout et le propane	Électricité ±5 Gaz naturel ±5 Mazout ±30 Propane ±30	Électricité & Gaz naturel Faible Mazout & Propane Élevé

Tableau 2.7 Incertitudes et qualité des données pour l'inventaire collectif secteur de l'énergie stationnaire (suite)

Secteurs	Incertitudes	Valeur de l'incertitude (%)	Niveau d'incertitude
Consommation d'énergie du secteur industriel	Données obtenues directement des fournisseurs d'énergie pour l'électricité et le gaz naturel Méthode d'estimation basée sur les données de consommation provinciale pour le mazout, le mazout lourd, le diesel, le kérosène, le gaz de distillation, le charbon, le coke pétrolier et les déchets ligneux et la liqueur résiduaire.	Électricité ± 5 Gaz naturel ± 5 Mazout ± 30 Mazout lourd ± 30 Diesel ± 30 Kérosène ± 30 Gaz de distillation ± 30 Charbon ± 30 Déchets ligneux et liqueur résiduaire ± 30 Coke pétrolier ± 30	Faible
Construction	Méthode d'estimation basée sur une mise à l'échelle des données provinciales	± 30	Élevé
Émissions fugitives	Méthode d'estimation basée sur les émissions provinciales	± 30	Élevé

Tableau 2.8 Incertitudes et qualité des données pour l'inventaire collectif secteur du transport

Secteurs	Incertitudes	Valeur de l'incertitude (%)	Niveau d'incertitude
Transport routier	Méthode d'estimation basée sur le volume de carburant vendu à l'intérieur des limites du territoire.	± 30	Élevé

Tableau 2.8 Incertitudes et qualité des données de l'inventaire collectif secteur du transport
(suite)

Secteurs	Incertitudes	Valeur de l'incertitude (%)	Niveau d'incertitude
Transport maritime	Méthode d'estimation basée sur le nombre d'embarcations ayant traversé le canal Lachine en 2019.	±30	Élevé
Transport ferroviaire (passagers)	Méthode d'estimation basée sur le nombre de passagers ayant transité par la gare Bonaventure en 2019.	±30	Élevé
Transport ferroviaire (marchandises)	Méthode d'estimation basée sur la fréquence de passage des trains sur le tronçon de voie ferrée présent à l'intérieur des limites du territoire.	±30	Élevé
Transport ferroviaire (métro)	Données de consommation d'électricité transmises par la Société de transport de Montréal (STM)	±5	Faible
Transport hors-route	Méthode d'estimation basée sur les données provinciales, puis les résultats ont été ajustés à la population de l'Arrondissement Le Sud-Ouest	±30	Élevé

Tableau 2.9 Incertitudes et qualité des données de l'inventaire collectif secteur des matières résiduelles, des procédés industriels et de l'utilisation de produits

Secteurs	Incertitudes	Valeur de l'incertitude (%)	Niveau d'incertitude
Enfouissement des matières résiduelles	Méthode d'estimation basée sur la proportion de déchets générés annuellement par l'Arrondissement par rapport à l'Agglomération.	± 30	Élevé
Incinération des matières résiduelles	Méthode d'estimation basée sur un rapport entre la population de l'Arrondissement et celle de la Ville de Montréal. Les matières incinérées se limitent aux boues d'épuration.	± 15	Moyenne
Traitement des eaux usées	Méthodologie prescrite par le Guide québécois de quantification des émissions de GES. Les valeurs utilisées pour les formules sont des moyennes canadiennes ou provinciales.	± 30	Élevé
Compostage	Données de matières récupérées exactes provenant de l'Arrondissement.	± 5	Faible
Procédés industriels et utilisation de produits (HFC, PFC, SF ₆ et NF ₃)	Données provenant de l'inventaire provincial, mises à l'échelle au prorata de la population	± 30	Élevé
Procédés industriels et utilisation de produits	Données exactes provenant de la déclaration annuelle obligatoire que l'entreprise fait parvenir à la Ville.	± 5	Faible

L'incertitude combinée de chaque inventaire provient de l'équation 2.6 développée par le GIEC.

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \times x_1)^2 + (U_2 \times x_2)^2 \dots + (U_n \times x_n)^2}}{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)} \quad (2.4)$$

Où

U_{total} = Incertitude totale en pourcentage

U_i = Émissions de GES (tCO₂éq.) pour un secteur

x_i = Pourcentage d'incertitude pour le secteur d'émissions

Tirée de (Hiraishi, Odingo, Penman, Abel, & Eggleston, 2021)

2.9 Séquestration du carbone

L'échelle de grandeur du potentiel de séquestration annuelle des végétaux de l'Arrondissement Le Sud-Ouest a été mesurée dans le but de saisir en quelle proportion ils permettent de compenser une partie des émissions de GES anthropiques. Deux méthodes de quantification peuvent être utilisées selon les besoins. La méthode des équations allométriques permet de modéliser la croissance annuelle d'un arbre selon son âge, son diamètre hauteur poitrine (dhp) et son essence (McPherson, Van Doorn, & Peper, 2016). De son côté, la méthode d'équation utilisant l'indice de canopée urbaine permet d'estimer la croissance de la superficie de la canopée annuellement. Cette méthode est un peu moins précise, car elle utilise une valeur de croissance moyenne plutôt que de prendre en compte l'individualité de chaque arbre (Pasher, McGovern, Khoury, & Duffe, 2014).

Dans le contexte de l'étude au Sud-Ouest, le taux de séquestration annuel du carbone par la canopée urbaine a été déterminé à l'aide de la méthode utilisant l'indice de canopée urbaine en raison de la disponibilité des données. En effet, les données permettant d'utiliser les équations allométriques n'étaient disponibles qu'en partie pour les arbres présents en terres publiques. L'indice de canopée urbaine pour l'année 2019 était, pour sa part, disponible.

L'équation développée par Pasher, McGovern, Khoury, & Duffe (2014) a donc été appliquée. Cette méthode est la plus récente et fiable pour travailler avec les données de l'indice canopée en milieu urbain. Elle est également adaptée au contexte géographique nord-américain.

L'indice de canopée urbaine est une valeur tirée d'images aériennes du territoire permettant de déterminer quelle portion est couverte par la cime des arbres par rapport à la superficie totale. L'équation 2.7 donne un aperçu du calcul.

$$\Delta C_G = H \times \text{ICAU} \times \text{CRW} \quad (2.5)$$

Où

ΔC_G = Séquestration annuelle de carbone au sein de la biomasse (tCO₂éq./an)

H = superficie du territoire à l'étude (ha)

ICAU = Indice de canopée urbaine du territoire à l'étude (%)

CRW = taux de croissance de la superficie de la canopée urbaine (tCO₂éq./ha/an)

Tirée de Pasher et al., 2014

Afin d'utiliser l'équation 2.7 dans le contexte du Sud-Ouest, les variables sont tirées de diverses sources. Celles-ci sont présentées au tableau 2.10. En plus de la valeur réelle de l'indice de canopée utilisée pour le calcul, d'autres indices de canopée ont été utilisés pour analyser les variations du potentiel de séquestration par les arbres urbains, lorsque la couverture végétale arborescente augmente sur le territoire.

Tableau 2.10 Variables utilisées pour la quantification du carbone séquestré sur le territoire du Sud-Ouest

Variable	Valeur	Source de données
H	1570 hectares (ha)	(Montréal, s.d.-b)
ICAU₁	20,18 %	(Ville de Montréal, Daniel Bédard, communication personnelle, 13 octobre 2022) Valeur pour l'année 2019
ICAU₂	23,4 %	(Fondation David Suzuki, 2022)
ICAU₃	30 %	Hypothèse : augmentation de 10 % de l'indice canopée en 2019

Tableau 2.10 Variables utilisées pour la quantification du carbone séquestré sur le territoire du Sud-Ouest (suite)

Variable	Valeur	Source de données
ICAU₄	100 %	Hypothèse : couverture complète de la superficie du territoire par la canopée
CRW	76,9 tCO ₂ éq./ha/an	(Pasher et al., 2014)

2.10 Sondage au ménage

Afin de récolter des données sur les habitudes de consommation des ménages du Sud-Ouest, un questionnaire d'enquête en ligne a été conçu et publié au travers des comptes de médias sociaux de l'Arrondissement. Les répondants étaient donc des volontaires selon une approche participative (Gouvernement du Canada, 2021). L'échantillon est composé de 200 ménages de l'Arrondissement.

Dans le but d'émettre des constats d'ordre qualitatif et de faire des comparaisons avec l'inventaire de GES, une partie des données collectées a permis de quantifier les émissions de l'échantillon sondé selon cinq secteurs soit : la consommation d'énergie stationnaire résidentielle, le transport routier, l'alimentation (la consommation de protéines), les matières résiduelles et la consommation d'appareils électroniques. La méthodologie de quantification des émissions pour chacun de ces secteurs est détaillée dans la présente section de ce mémoire.

2.10.1 Généralités

Afin d'analyser les données recueillies par le questionnaire d'enquête, la première étape était de les traiter. En ce sens, quelques étapes préliminaires pour nettoyer les données brutes ont été effectuées :

1. Retrait des entrées non conformes ou totalement incomplètes;

2. Retrait de données aberrantes et correction par la donnée moyenne de l'échantillon (Nicolau, 2006);
3. Correction des réponses confuses ou inappropriées par déduction logique ou hypothèses. Par exemple, un répondant avait indiqué résider dans un logement et une maison unifamiliale, la réponse a été corrigée selon si la personne avait indiqué être locataire ou propriétaire. En assumant ainsi qu'une personne occupe une seule résidence et que les locataires occupent des logements, alors que les propriétaires occupent une maison.

À noter que plusieurs limites sont associées au questionnaire d'enquête et à la démarche du sondage, ces dernières seront traitées au chapitre 3.

2.10.2 Énergie résidentielle

Afin de quantifier les émissions de GES des ménages du Sud-Ouest, le questionnaire d'enquête contenait des questions sur le type, la taille et la source d'énergie des habitations. Les questions 8 & 9 du questionnaire se trouvant à l'annexe 1 portaient sur ce sujet. Les étapes de traitement de données suivantes ont été réalisées pour trouver les tonnes de CO₂ éq. émises par ce secteur :

1. Inventorier les logements selon leur taille et leur source d'énergie.
 - a. Liste des tailles de logements :
 - i. Appartement et condos dans la même catégorie : 2 ½, 3 ½, 4 ½, 5 ½, etc.
 - ii. Maison unifamiliale : 1 chambre, 2 chambres, 3 chambres, 4 chambres, 5 chambres et +
 - iii. Maison jumelée : 1 chambre, 2 chambres, 3 chambres, 4 chambres, 5 chambres et +
2. Associer les quantités d'énergie utilisées en moyenne par an pour chaque type de logement.

Le tableau 2.11 permet d'illustrer ces deux premières étapes.

Tableau 2.11 Consommation moyenne en GJ/an des logements selon leur taille
Adapté de Statistiques Canada (2015)

Taille des logements	Consommation moyenne (GJ/an)
Condos et appartements	
2,5	57
3,5	74
4,5	105
5,5	133
Maison unifamiliale	
1 chambre	105
2 chambres	105
3 chambres	133
4 chambres	133
5 chambres et +	128
Maison jumelée	
1 chambre	74
2 chambres	105
3 chambres	133
4 chambres	133
5 chambres et +	128

3. Convertir l'énergie utilisée en émissions de GES à l'aide des coefficients d'émissions appropriés présentés au tableau 2.12.

Tableau 2.12 Coefficients d'émissions des sources d'énergie stationnaire
 Tiré de Ressources naturelles Canada (2009), Environnement
 et Changement climatique Canada (2022a), Régie de l'énergie
 du Canada (2016) et Ressource naturelles Canada (2012)

	g/GES/qté combustible				
	CO2	CH4	N2O	CO2e	Pouvoir calorifique
Électricité (kWh)				1,9	277,7778 kWh/GJ
Gaz naturel (m ³)	1926	0,037	0,035	1936,591	0,0373 GJ/m ³
Mazout (L)	2670	0,06	0,031	2680,143	38,2 MJ/L
Bois (kg)	Biogénique	12,9	0,12	393,96	14 MJ/kg

2.10.3 Transport routier

Dans le même ordre d'idées que pour les résidences, les répondants du sondage étaient invités à transmettre leur modèle de véhicule, l'année de fabrication, le type de carburant ainsi que leur kilométrage annuel. Les questions 10 et 11 du questionnaire se trouvant à l'annexe 1 portaient sur ce sujet. À l'aide de ces informations, les étapes suivantes ont pu être effectuées pour quantifier les émissions de GES du secteur :

1. Comptabiliser les véhicules de chaque catégorie d'usage selon le rapport d'inventaire national (Environnement et Changement climatique Canada, 2022b).
 - a. Catégories présentes dans l'échantillon :
 - i. Véhicule léger à essence niveau 1
 - ii. Véhicule léger à essence niveau 2
 - iii. Camion léger à essence niveau 1
 - iv. Camion léger à essence niveau 2
 - v. Motocyclette sans catalyseur
 - vi. Véhicule léger au diesel
 - vii. Véhicule lourd au diesel
 - viii. Véhicule électrique

Note 1 : Les véhicules en autopartage sont considérés comme des véhicules légers à essence de niveau 2.

Note 2 : Les véhicules hybrides sont considérés comme des véhicules à essence.

2. Déterminer le kilométrage annuel des véhicules en multipliant leur kilométrage quotidien par 365 jours.
3. Transformer les données de kilométrage annuel en litres (L) d'essence consommés à l'aide du tableau de consommation d'essence moyenne développé par le gouvernement de la Colombie-Britannique (ICLEI Canada, s.d.).
4. Convertir l'essence consommée en émissions de GES à l'aide des coefficients d'émissions pour chaque type de véhicule présentés au tableau 2.13 (Environnement et Changement climatique Canada, 2022b).

Tableau 2.13 Coefficients d'émissions selon le type de véhicule
Adapté de Environnement et Changement climatique Canada (2022b)

	g/L combustible			
Type de véhicule	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	gCO ₂ équivalent
Véhicule léger à essence				
Niveau 1	2307,3	0,23	0,47	2442,05
Niveau 2	2307,3	0,14	0,022	2317,226
Camion léger à essence				
Niveau 1	2307,3	0,24	0,58	2472,36
Niveau 2	2307,3	0,14	0,022	2317,226
Motocyclette sans catalyseur	2307,3	0,77	0,041	2340,053
Véhicule léger au diesel	2680,5	0,051	0,22	2741,988
Véhicule lourd au diesel	2680,5	0,11	0,151	2724,803
Véhicule électrique	1,9 gGES/kWh consommé			
Moyenne kWh/100km	19,6960784			

2.10.4 Alimentation

Les personnes répondantes ont été invitées à partager le type de protéine qu'elles consomment à chaque repas et en quelle quantité sur une base hebdomadaire en excluant le premier repas de la journée et en considérant qu'une journée compte trois repas. Le secteur agricole industriel est à l'origine d'émissions principalement de CO₂, de CH₄ et de N₂O. Notamment en raison de l'utilisation de machinerie au champ, de l'élevage animal et de la fertilisation des sols. La question 20 du questionnaire se trouvant à l'annexe 1 porte sur ce sujet. Ces données ont permis d'estimer les émissions de GES issues d'une partie de l'alimentation de l'échantillon.

Pour chacun des ménages, la quantité de portions de chaque aliment consommé/semaine a été multipliée par 52 semaines, puis par le nombre de personnes total du ménage et finalement par le coefficient d'émissions approprié. Les coefficients d'émissions pour ce secteur sont présentés au tableau 2.14.

Tableau 2.14 Coefficients d'émissions par
portion de protéine consommée
Adapté de Health Canada (2013)
et Ritchie & Roser (2022)

Type de protéine	Coefficient d'émissions kgCO ₂ éq./repas
Viande rouge	7,57
Porc et poulet	1,33
Poissons et fruits de mer	1,02
Œufs (2)	0,51
Protéines végétales	0,21
Produits laitiers	1,19

2.10.5 Enfouissement des déchets solides et traitement des matières organiques

Concernant les émissions de GES provenant des matières résiduelles générées par l'échantillon, seulement les déchets ultimes et les matières biologiques ont été considérés. En effet, le recyclage n'a pas été inclus dans le questionnaire, car les émissions associées à ce secteur sont souvent liées au transport des matières plutôt qu'à leur traitement. Les questions 14 à 16 du questionnaire se trouvant à l'annexe 1 portent sur ce sujet. Les étapes suivantes ont été effectuées afin d'estimer les émissions :

1. Déterminer la quantité en litres (L) de déchets et de matières organiques générée par ménage (1 sac déchets standard équivaut à 74 L) (Home Depot International, Inc., 2022). Pour les réponses à intervalles, la valeur du milieu est retenue. Par exemple, si le répondant indique l'intervalle 0 à 10 L. La quantité de matières organiques retenue est 5 L;
2. Multiplier la valeur en litres par la densité de matières organiques ou d'ordures ménagères pour obtenir une quantité en kilogrammes (kg);
3. Multiplier la quantité de déchets hebdomadaires générés en kg par le coefficient d'émissions approprié (les coefficients sont présentés au tableau 2.15), puis par 52 semaines pour obtenir une quantité annuelle de CO₂ équivalent émis.

Les coefficients d'émissions proviennent de la base de données Ecoinvent. Le procédé pour les déchets domestiques est *market for municipal solid waste | municipal solid waste | Cutoff, S – CA-Qc*, celui pour les matières organiques est *market for biowaste | biowaste | Cutoff, S – RoW*.

Tableau 2.15 Coefficients d'émissions utilisés pour la quantification des émissions de GES des matières résiduelles

Type de matière	Coefficient d'émissions (kgCO ₂ éq./kg déchets)	Frontières	Méthode d'impact
Déchets solides domestiques	0,58926 (Recyc-Québec, 2014)	Collecte des déchets au bord du chemin jusqu'au traitement final des matières (enfouissement et incinération)	CML 2001 (superseded) Indicateur : GWP100a
Organiques	0,17989 (Jungbluth, 2011)	Collecte des matières organiques au bord du chemin jusqu'au traitement des matières.	CML 2001 (superseded) Indicateur : GWP100a

2.10.6 Appareils électroniques

Les appareils électroniques sont une partie importante des émissions d'un ménage occidental. En effet, l'extraction des métaux rares, le processus de fabrication et les étapes de transport sont des activités émettrices. Afin de quantifier ce secteur, il a été demandé aux répondants d'indiquer le nombre et le type d'appareils électroniques qu'ils ont au sein de leur ménage. Les questions 17 à 19 du questionnaire disponible à l'annexe 1 portaient sur ce sujet. Les étapes suivantes ont été réalisées :

1. Multiplier le coefficient d'émissions présenté au tableau 2.16 pour chaque type d'appareil par la quantité d'appareils par ménage;
2. Les coefficients d'émissions n'incluent pas nécessairement la phase d'utilisation et la mise au rebut. Ce choix méthodologique est conséquent puisque les phases de production et de fabrication des appareils électroniques utilisés au Québec sont celles ayant l'impact le plus important (Viana, Cheriet, Nguyen, Marchenko, & Boucher, 2022).

Tableau 2.16 Coefficients d'émissions utilisés pour quantifier les émissions de GES des appareils électroniques

Appareils	Coefficient d'émissions (kgCO ₂ éq./appareil)	Frontières	Méthode d'impact
Ordinateurs portables	169,13581 (Bourgeault, 2011)	Extraction des matières premières, transport et fabrication et distribution	CML 2001 (superseded) Indicateur : GWP100a
Téléphones cellulaires	57 (Ercan, Malmodin, Bergmark, Kimfalk, & Nilsson, 2016)	Extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie (traitement des déchets)	N/A
Télévisions	435,68431 (Filimonau, 2018)	Extraction des matières premières, transport, fabrication et distribution	CML 2001 (superseded) Indicateur : GWP100a

2.11 Méthode de mise à l'échelle de l'inventaire de l'Arrondissement

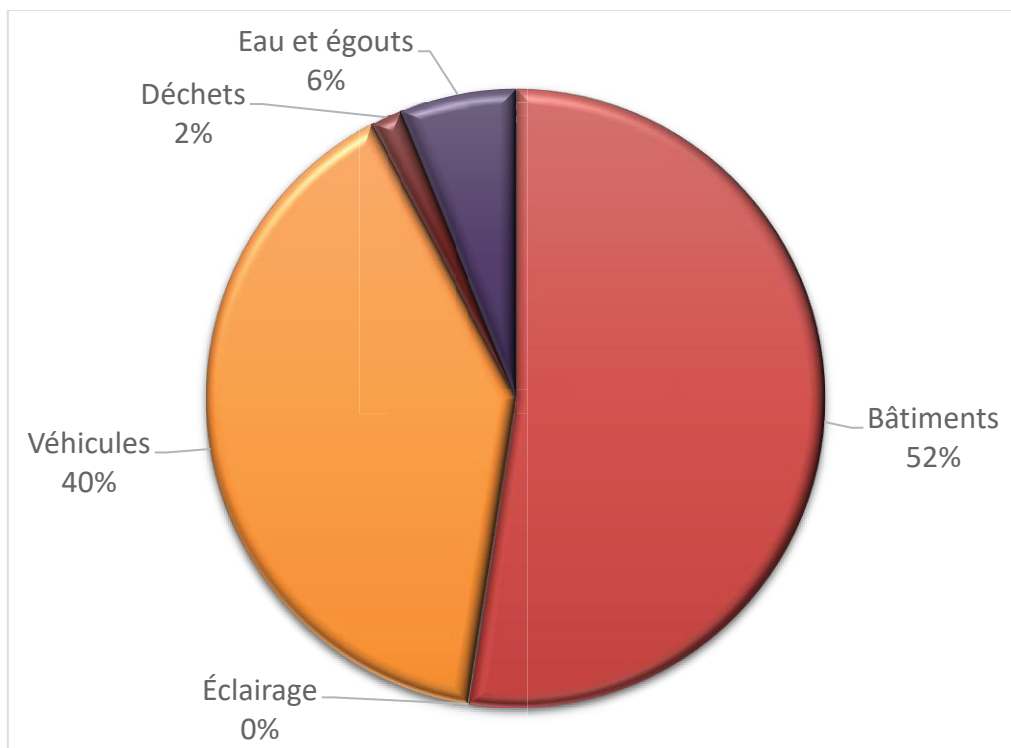
L'inventaire de l'Agglomération de Montréal a été mis à l'échelle de l'Arrondissement et les résultats ont été comparés à ceux de cette étude. Afin de réaliser cette démarche, un ratio de population (population Arrondissement Le Sud-Ouest/population de l'agglomération de Montréal) a été appliqué aux résultats de l'inventaire de l'Agglomération de Montréal. Les émissions provenant des secteurs de l'agriculture, de la foresterie et de l'affectation des terres n'ont pas été prises en compte pour la mise à l'échelle comme ces secteurs ne sont pas présents dans l'Arrondissement Le Sud-Ouest.

CHAPITRE 3

PRÉSENTATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

3.1 Inventaires des activités municipales

L'inventaire des activités municipales sert à mieux cerner les émissions directes provenant de secteurs dont l'Arrondissement a un plein contrôle. C'est-à-dire qu'il peut à tout moment mettre en place des mesures de réduction ou effectuer des changements concernant ces activités. Cet inventaire peut être un bon point de départ pour mettre en place des mesures concrètes dans l'Arrondissement. Toutefois, il est important de noter que ces émissions représentent moins d'un point de pourcentage (1 %) des émissions totales de GES pour l'exercice d'inventaire de la collectivité en 2019. Ainsi, des mesures doivent être réfléchies au-delà de cette portée pour viser une réduction des émissions qui tend vers la carboneutralité territoriale. La figure 3.1 permet de constater que le secteur des bâtiments contribue à plus de la moitié des émissions de GES de l'inventaire corporatif de l'Arrondissement Le Sud-Ouest.



Total des émissions : 4188 tCO₂éq.

Figure 3.1 Répartition des émissions de GES en tCO₂éq. par secteur d'activités pour l'inventaire corporatif de l'Arrondissement Le Sud-Ouest en 2019

Dans l'inventaire corporatif, le secteur eau et égout correspond exclusivement aux émissions issues de l'utilisation d'énergie pour la production d'eau potable. Dans le cas du Sud-Ouest, il s'agit de la consommation d'électricité, de gaz naturel et de mazout de l'usine de production d'eau potable Atwater.

L'inventaire corporatif se distingue par la justesse des émissions quantifiées. En effet, comme elles sont calculées à partir de données réelles de consommation d'énergie, les résultats sont assez fiables. Les deux exceptions à cette affirmation sont le transport des matières résiduelles, inclus dans le secteur du transport et les émissions issues des déchets solides. Les résultats pour le transport des matières résiduelles pourraient être sur ou sous-estimés considérant que les émissions issues de cette activité ont été estimées à partir d'hypothèses basées sur la longueur du réseau routier du Sud-Ouest, sur la fréquence de passage des camions ainsi que sur la consommation moyenne de carburant des camions comme expliqué à la section 2.5.2. Pour

leur part, les émissions du secteur des déchets solides présentent une incertitude élevée. En effet, la quantité de matières générées par les bâtiments et les installations de l'Arrondissement n'était pas disponible, elle a donc été estimée à l'aide de connaissances transmises par les professionnels en gestion des matières résiduelles (GMR) de l'Arrondissement. Comme ce secteur compte que pour 1,68 % du portrait global (voir figure 3.1), le résultat réel n'aurait pas d'incidence sur les proportions qu'occupe chaque secteur dans l'inventaire. Par exemple, si le tonnage de déchets était doublé ou triplé, le secteur des matières résiduelles ne dépasserait pas les bâtiments ou le transport en importance. Toutefois, dans un exercice ultérieur, cette portion méthodologique pourrait être améliorée en effectuant une caractérisation terrain des matières résiduelles et en tenant compte d'autres paramètres comme la nature des emplois occupés et les activités réalisées dans les lieux de collecte.

Les bâtiments alimentés au gaz naturel sont le plus grand contributeur aux émissions de l'administration de l'Arrondissement. La figure 3.2 fait état de 5 bâtiments contribuant pour 66 % du secteur.

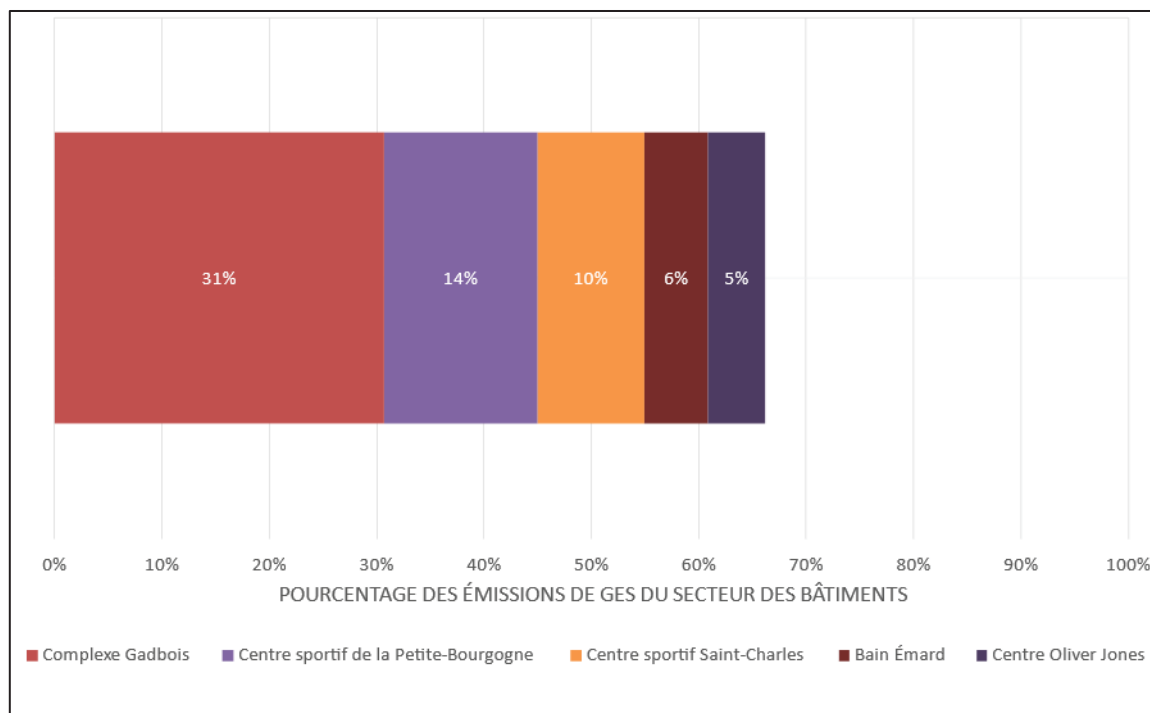
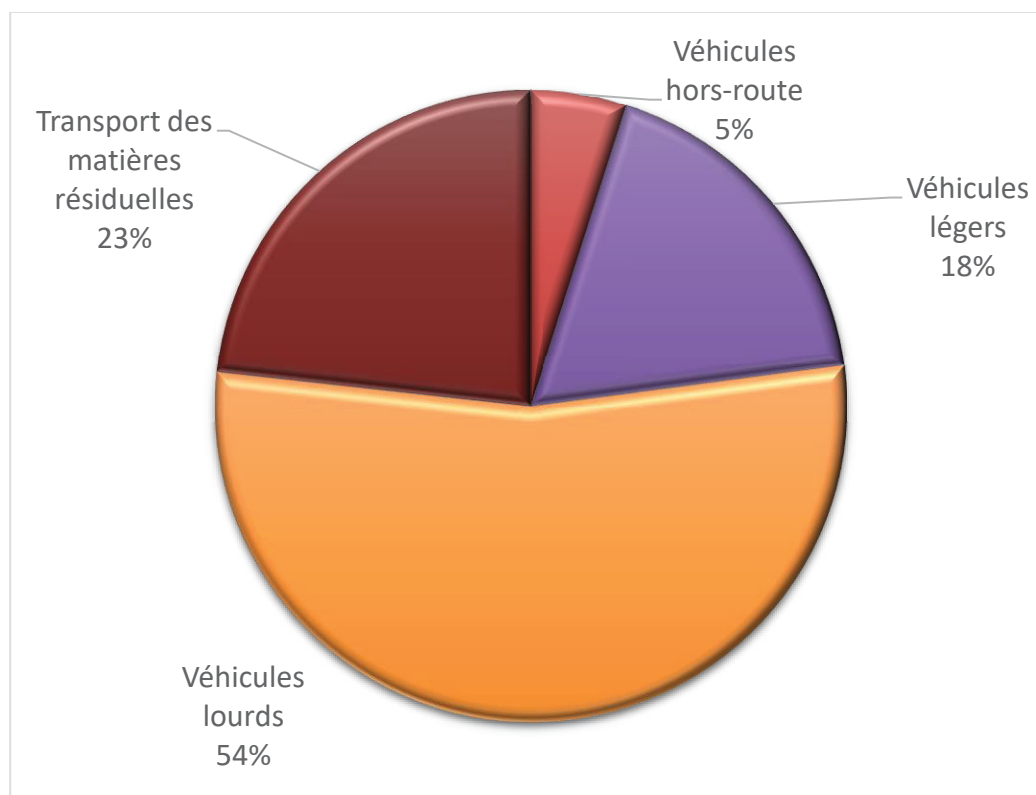


Figure 3.2 Proportion d'émissions de GES en tCO₂eq. des 5 bâtiments municipaux les plus émetteurs du Sud-Ouest en 2019

Les complexes sportifs alimentés au gaz naturel et possédant des piscines sont les bâtiments les plus émetteurs. C'est la réalité des 5 bâtiments présentés à la figure 3.2. Des recommandations de mesures seront émises au chapitre 4 en ce qui concerne la réduction des émissions tout en visant le maintien des services de piscine municipale.

Le deuxième plus grand contributeur est la flotte de véhicules routiers. Comme présenté sur la figure 3.3, les véhicules lourds sont responsables de 77 % des émissions de ce secteur.



Total des émissions : 1668 tCO₂éq.

Figure 3.3 Répartition des émissions de GES en tCO₂éq. par type de véhicules de l'inventaire corporatif de l'Arrondissement Le Sud-Ouest en 2019

Les émissions du transport corporatif incluent toutes les activités servant au bon fonctionnement des services municipaux. Ces activités sont spécifiquement le transport des matières résiduelles, le déneigement, le déplacement des employés, l'entretien des parcs, des routes, des espaces urbains, des canalisations, des bâtiments, etc. La figure 3.3 permet de constater que plus de trois quarts des émissions de ce secteur sont liées à des activités nécessitant des véhicules lourds. Le défi ici est donc de conserver des services municipaux de qualité tout en réduisant les émissions.

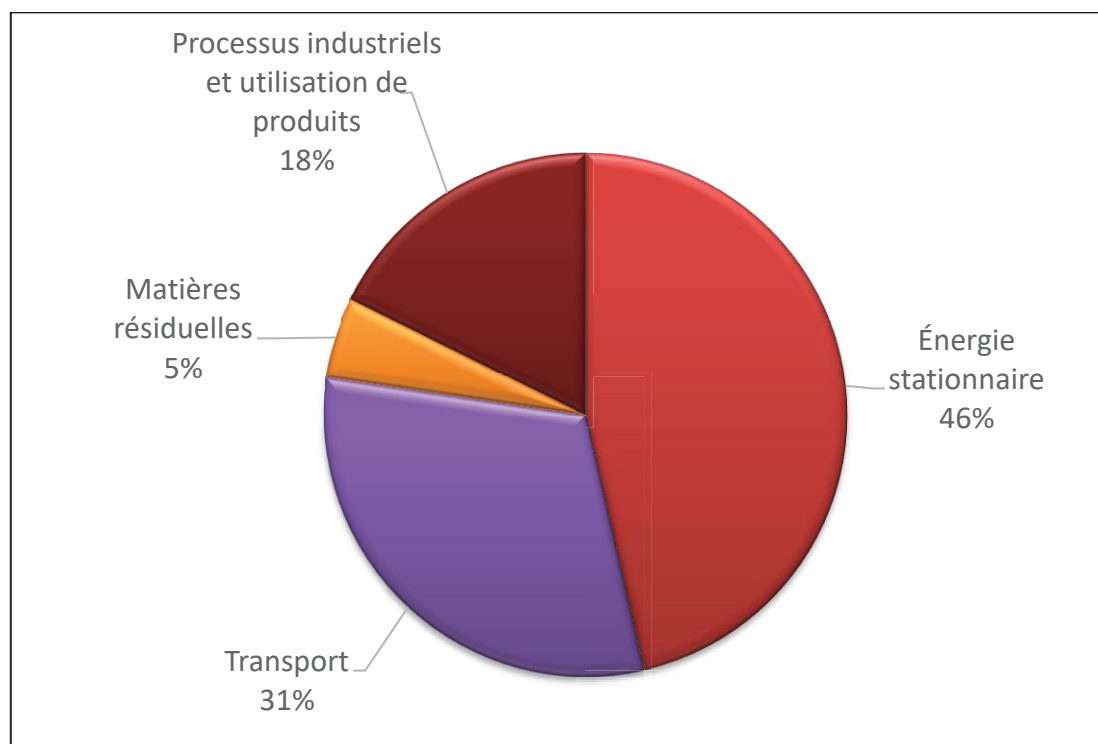
3.2 Inventaire des activités de la collectivité

L'inventaire de la collectivité d'un territoire a pour objectif de présenter un portrait des émissions de GES de ce dernier tout en tenant compte des limites rencontrées lors d'un tel exercice. Ainsi, l'inventaire couvre le plus de secteurs d'activités possible en fonction de la

disponibilité des données. Comme vu précédemment au chapitre 2, la combinaison d'un inventaire de type géographique et de consommation permet un bilan approfondi. En réalité, un tel exercice est rarement accompli. Considérant les ressources disponibles pour cette étude, le bilan est surtout réalisé sur une base géographique. Quelques éléments de consommation sont aussi ajoutés sous un angle qualitatif à la section 3.4 du présent mémoire.

3.2.1 Sommaire de l'inventaire collectif

La figure 3.4 permet de conclure que les deux postes d'émissions les plus importants au Sud-Ouest sont l'énergie stationnaire et le transport. En excluant les industries, le secteur de l'énergie stationnaire incluant les résidences, les commerces et les émissions fugitives compte pour 22 % des émissions.



Total des émissions : 518 488 tCO₂éq. (incluant les émissions biogéniques du bois)

Figure 3.4 Répartition par secteur d'activités des émissions de GES de la collectivité de l'Arrondissement Le Sud-Ouest en 2019

En excluant le transport aérien (non calculé), le transport routier contribue à 94 % du secteur des transports et donc 29 % de l'inventaire collectif total. En comparaison avec les inventaires provinciaux, le secteur du transport arrive au second rang pour le Sud-Ouest. Il arrive au premier rang pour la province. À noter que le constat est le même pour les arrondissements de Saint-Laurent en 2019 et d'Outremont en 2019. L'écart est cependant plus faible pour l'Arrondissement d'Outremont qui ne comporte presque aucune activité industrielle.

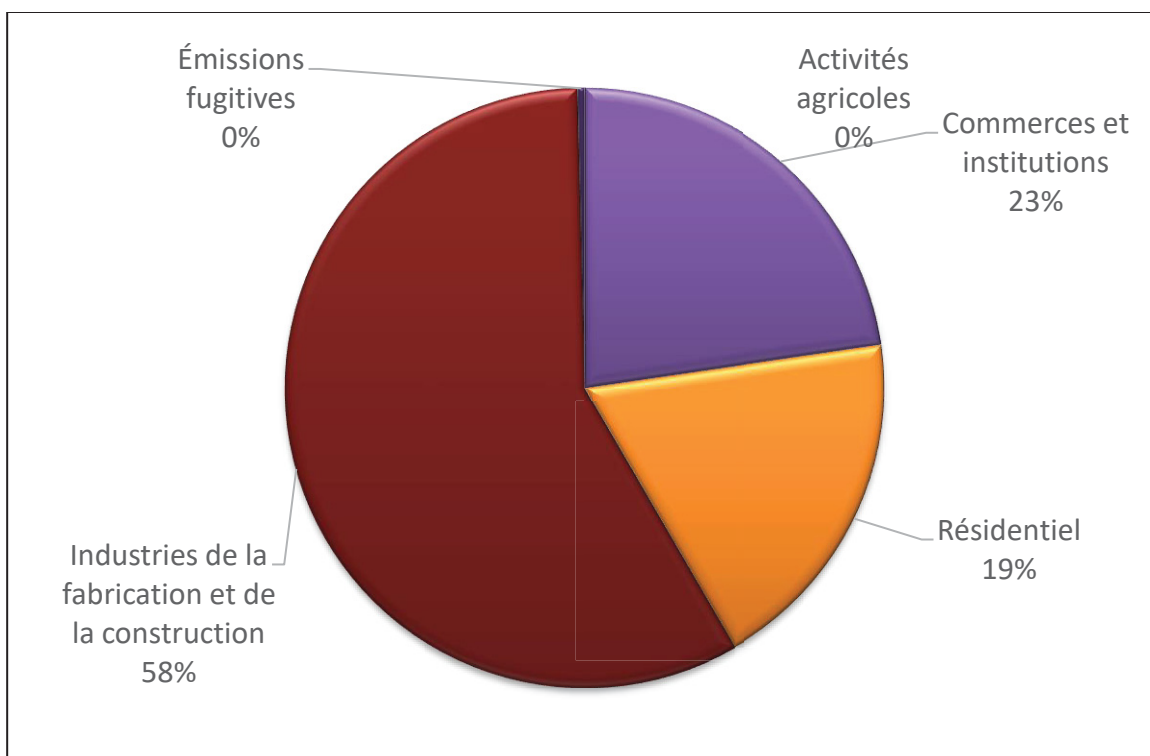
Comme présenté à la figure 3.4, le secteur des déchets représente 5 % du bilan d'émissions pour le Sud-Ouest en 2019. Malgré qu'il ne s'agisse pas d'un résultat élevé, les municipalités et villes peuvent réguler et contrôler plusieurs paramètres entourant les matières résiduelles. Par exemple, elles peuvent décider du volume des contenants de récupération des matières, des fréquences de collecte, des véhicules utilisés pour la collecte (Winter et al., 2022). Dès lors, il devient très pertinent pour l'Arrondissement de développer des actions et mesures afin de réduire au maximum les émissions de ce secteur. En plus de réduire les émissions du secteur lui-même, les mesures de réduction des matières résiduelles permettent d'avoir un impact sur la consommation et donc sur les émissions issues de la production des biens et services concernés. En résumé, agir en aval permettra une réduction en amont.

Les résultats de la catégorie PIUP sont assez fiables pour les procédés industriels, puisque les quantités de gaz émises ont été calculées par l'industrie elle-même et qu'elles sont vérifiées par les autorités gouvernementales. Les données ont d'ailleurs été obtenues de source directe.

Pour l'utilisation de produits, la méthode de mise à l'échelle permet un portrait général des émissions de ce secteur. Cependant, elle ne tient pas compte des particularités de l'Arrondissement. Ce résultat manque donc de précision pour permettre de tirer des conclusions significatives. En effet, l'utilisation de gaz réfrigérants, par exemple, n'est pas fonction du nombre d'habitants d'une région. Le type d'industrie ainsi que le climat d'une région entre autres sont des éléments qui peuvent exercer une influence sur leur utilisation.

3.2.2 Énergie stationnaire

La figure 3.5 renseigne sur l'importante contribution du secteur industriel aux émissions de GES du Sud-Ouest. Ce secteur, en excluant les processus industriels et l'utilisation de produits, contribue à 27 % des émissions collectives de l'Arrondissement pour l'année 2019. En incluant les processus industriels, ce pourcentage atteint 40 %. En comparaison, la contribution du secteur industriel en excluant les processus industriels des émissions de GES de l'Arrondissement d'Outremont est inférieure à 1 % pour la même année d'inventaire. (Enviroaccès inc., 2021) Pour l'Arrondissement St-Laurent, les émissions liées au secteur industriel pour l'année 2017 sont de 25 %. (Boutin & Tacquet, 2018) Pour la collectivité montréalaise, ce ratio s'élève à 21 %. Comme mentionné dans les travaux d'Erickson et Lazarus (2012) en section 1.4.4 de ce mémoire, la pertinence de conserver les émissions industrielles dans le bilan GES des municipalités et villes est discutable. Cette inclusion limite la capacité de comparaison entre les inventaires d'autres arrondissements. L'analyse et l'interprétation des résultats de cette section sont donc décortiquées de sorte que le Sud-Ouest puisse se concentrer sur les secteurs d'émissions sur lesquels il a un pouvoir d'action directe.



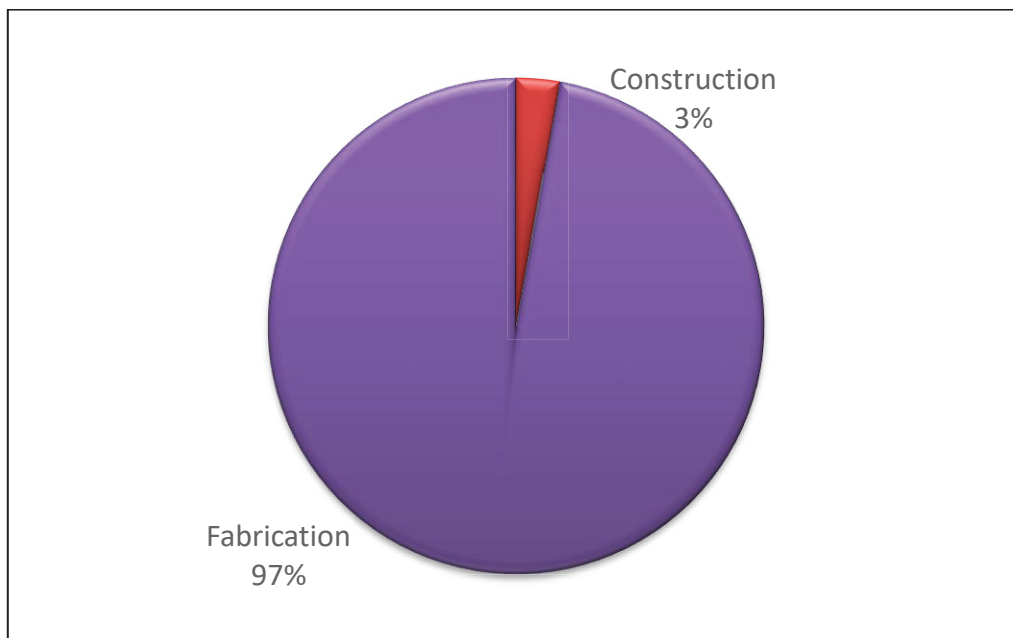
Total des émissions : 240 760 tCO₂eq.

Figure 3.5 Répartition des émissions de GES en tCO₂eq. du secteur de l'énergie stationnaire de l'Arrondissement Le Sud-Ouest en 2019

La figure 3.5 renseigne aussi sur la faible proportion qu'occupent les émissions fugitives dans l'inventaire collectif du Sud-Ouest. Les émissions de ce sous-secteur sont attribuables à la consommation de gaz naturel comme source d'énergie. Ainsi, la réduction de l'utilisation de ces sources d'énergie aura un impact direct sur les émissions de ce sous-secteur. Les résultats obtenus permettent de constater que la contribution de celui-ci est plutôt faible par rapport aux autres secteurs. La méthode utilisée pour la quantification des émissions fugitives induit des incertitudes dans les résultats obtenus. Effectivement, les émissions fugitives d'un territoire ne sont pas directement proportionnelles à la consommation de ce même territoire. Par exemple, les bris de conduites, les purges, le torchage et les fuites peuvent influencer ces émissions (Metrio inc., 2019). Cette méthode permet de dégager une idée du portrait des émissions pour le Sud-Ouest. Considérant que le bilan GES se veut un outil d'aide à la décision, il est bénéfique qu'il soit aussi complet que possible. Williams, Ars, Vogel, Regehr et Kang (2022) ont publié une étude incluant l'échantillonnage des émissions fugitives issues du réseau de distribution

du gaz naturel de Montréal. Dans celle-ci, les résultats montrent que l'échantillonnage effectué permet de calculer des émissions semblables à celles estimées par la méthodologie de quantification des émissions de GES de la Ville de Montréal. Cependant, d'autres études seraient nécessaires pour conclure de manière définitive.

Les émissions issues du secteur de la fabrication sont dominantes dans l'Arrondissement au-delà de celles provenant de la construction comme présenté à la figure 3.6.



Total des émissions : 139604 tCO₂éq.

Figure 3.6 Répartition des émissions en tCO₂éq. issues de la combustion du secteur industriel du Sud-Ouest pour l'année 2019

Ce constat permet de renforcer la forte présence du secteur industriel au sein de l'Arrondissement Le Sud-Ouest. Toutefois, il faut noter que des mises à l'échelle des données provinciales ont été effectuées pour les sources d'énergie autres que l'électricité et le gaz naturel du secteur de la fabrication. Cela induit nécessairement des incertitudes dans les résultats obtenus.

Cependant, comme présentées à la figure 3.7, les autres sources d'énergie sont beaucoup moins utilisées en termes de GJ que l'électricité et le gaz naturel. Effectivement, elles représentaient, en 2019, 28 % de toute la consommation énergétique provinciale de ce secteur. Dans ce cas, utiliser une méthode de mise à l'échelle pour cette proportion de consommation énergétique s'avère approprié. De plus, la méthode choisie a permis de respecter la proportion d'énergie consommée au regard de l'électricité et du gaz naturel, ce qui permet de rapprocher au mieux possible les proportions des autres énergies consommées au portrait réel.

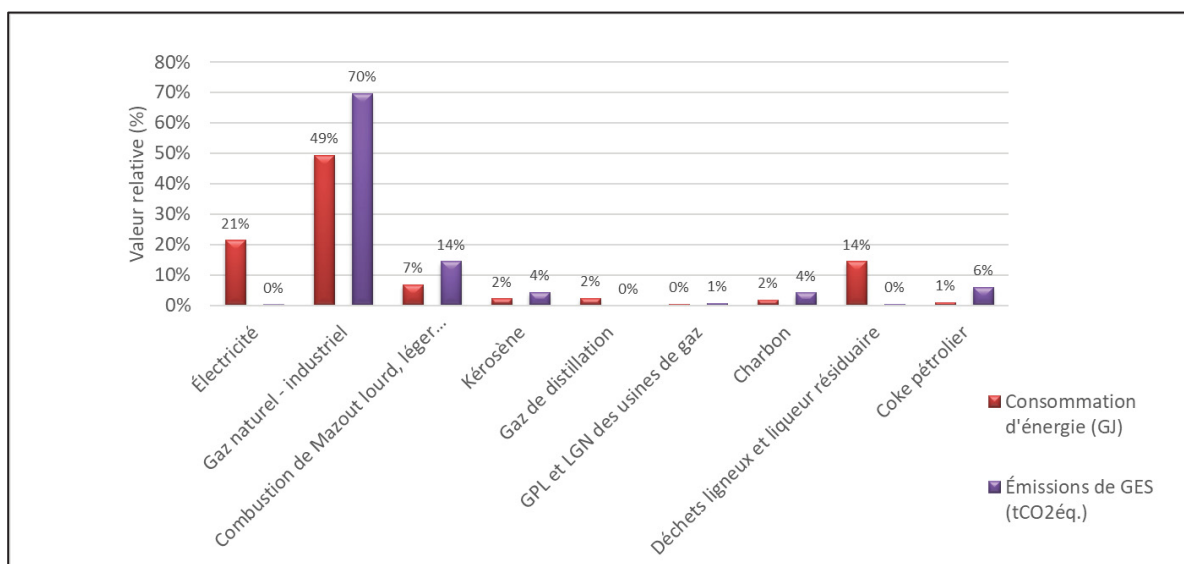


Figure 3.7 Répartition des émissions de GES en tCO₂eq. selon la source d'énergie pour le secteur industriel de la fabrication et énergétique du Sud-Ouest en 2019

Les résultats de cette section sont justes pour l'électricité et le gaz naturel de tous les sous-secteurs. En effet, les données exactes de consommation de ces deux sources d'énergie ont été utilisées pour la quantification. Bien que certaines limites soient présentes, à ce jour, il s'agit de la méthode la plus directe pour estimer avec précision les émissions de GES d'un secteur donné. En ce qui concerne l'électricité, cette méthode demande de se fier aux compteurs et à leur lecture. Une proportion d'électricité consommée pourrait avoir été omise si des branchements ont été altérés dans les compteurs. Cela constitue, cependant, une infraction légale. Les compteurs sont entretenus régulièrement pour assurer la précision des mesures (Gouvernement du Canada, 2021a).

Une méthode de mise à l'échelle des données provinciales est aussi employée pour le secteur de la construction. Il serait intéressant de revoir la méthodologie pour utiliser les données directes de projets de construction de l'Arrondissement afin d'avoir une quantification plus près de la réalité locale. De plus, seules les émissions directes sont considérées pour ce secteur. Cependant, puisque ces activités requièrent souvent de nouveaux matériaux provenant de l'extérieur du territoire à l'étude, analyser les émissions indirectes permettrait d'approfondir les conclusions de l'exercice d'inventaire. Ce qui aurait pour effet de renforcer la pertinence des pistes de réduction suggérées. Cela est d'autant plus pertinent considérant le pouvoir d'action direct de l'Arrondissement sur le secteur de la construction.

Comme indiqué au tableau 3.1, la consommation d'électricité industrielle est principalement localisée à Pointe Saint-Charles (H3K) et à Saint-Henri (H4C). Ces données permettent de confirmer la présence industrielle plus marquée dans ces deux quartiers et donc la présence de plus d'émissions de GES. En ce sens, analyser le type d'industries de ces quartiers ainsi que les mesures de réduction associées permettrait une meilleure compréhension des leviers d'actions pour l'Arrondissement. Le Plan Climat de la Ville de Montréal fait part d'orientations d'actions comme stimuler l'économie circulaire et l'écologie industrielle. La Ville considère jouer un rôle d'accompagnement et un pouvoir de concertation pour mettre en lien les différents acteurs du milieu. De plus, elle souhaite implanter des zones dites d'innovations permettant de valoriser les technologies émergentes axées sur une croissance propre et durable (Montréal, 2022). Les quartiers Saint-Henri et Pointe Saint-Charles pourraient être des sites tout indiqués pour accueillir une zone d'innovation ou pour être encadrés par des mesures d'économie circulaire et de synergies industrielles. À noter tout de même que les paliers de gouvernement provincial et fédéral sont plus habiletés que les instances municipales à mettre en place des politiques concernant les industries de la province. De plus, le prix sur le carbone (taxe carbone ou marché par exemple) est le mécanisme, à l'heure actuelle, contribuant le plus à la réduction des émissions au pays. Le principal besoin des entreprises pour continuer à évoluer est un cadre stable. Ce dernier peut inclure ou non des mesures environnementales, mais doit demeurer le même. En effet, le caractère prévisible du cadre entrepreneurial permet

aux entreprises de prospérer tout en s’ajustant aux normes, lois et règlements (Boisclair, 2022). Des travaux concertés entre les trois paliers de gouvernement pourraient donc mener à des réductions d’émissions plus importantes et probablement dans un plus court délai.

Tableau 3.1 Proportion d’électricité consommée par le secteur industriel selon les différents quartiers de l’Arrondissement Le Sud-Ouest, 2019

Quartier de l’Arrondissement	Proportion de la consommation d’électricité du secteur industriel
H3C (Griffintown et Petite-Bourgogne)	6 %
H3J (Griffintown et Petite-Bourgogne)	7 %
H3K (Pointe Saint-Charles)	36 %
H4C (Saint-Henri)	47 %
H4E (Ville-Émard et Côte Saint-Paul)	4 %

Comme présenté à la figure 3.8, les sources d’énergie contribuant le plus aux émissions de GES pour le secteur résidentiel en 2019 sont le gaz naturel et le mazout.

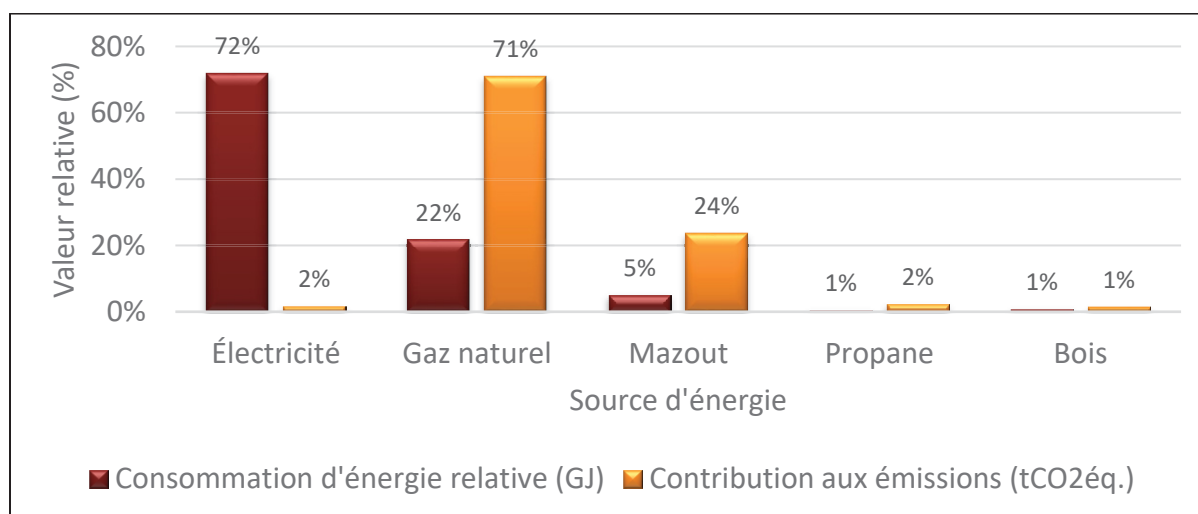


Figure 3.8 Répartition des émissions de GES selon la source d’énergie du secteur résidentiel en fonction du pourcentage de consommation en GJ et des émissions en tCO₂eq. de l’Arrondissement Le Sud-Ouest en 2019

Proportionnellement, le gaz naturel représente environ 1/5 de la consommation d’énergie de ce secteur et contribue aux 3/4 de ces émissions. De son côté, le mazout représente environ 1/20 de la consommation d’énergie et contribue presque à 1/4 des émissions. Ces deux sources

d'énergie sont plus émettrices que l'électricité comme il est possible de le constater en consultant le tableau 3.2. L'outil PPC utilisé pour cette étude inclut seulement le facteur d'émissions associé à la production de l'électricité. Toutefois, des émissions sont aussi issues de la consommation de chaque kWh, le facteur d'émissions pour l'année 2019 est de 1,5 gCO₂éq./kWh consommé. Effectivement, ces émissions proviennent des pertes directes d'énergie électrique pouvant subvenir lors de son transport. Au sein des lignes de transport, des pertes d'halocarbures et de SF₆ utilisés dans les équipements sont aussi des sources d'émissions. Le calcul des émissions devrait par addition tenir compte à la fois du facteur d'émission de la production de 1,2 gCO₂éq./kWh et de celui de la consommation de 1,5 gCO₂éq./kWh (Environnement et Changement climatique Canada, 2021b). Cela étant dit, même en additionnant les émissions issues de la production et de l'utilisation d'électricité, le résultat obtenu demeure faible en comparaison avec les émissions provenant de la combustion d'énergies fossiles. Les conclusions de cette étude demeurent donc les mêmes.

Tableau 3.2 Taux d'émissions des différentes sources d'énergie du secteur résidentiel pour l'Arrondissement Le Sud-Ouest de la Ville de Montréal en 2019

Source d'énergie	Kilogrammes de CO ₂ éq./GJ
Mazout	71,24
Gaz naturel	49,40
Bois	23,24
Propane	61,16
Électricité	0,34

Dans le contexte actuel, la transition de l'utilisation de sources d'énergie comme le gaz naturel et le mazout vers des sources d'énergie renouvelables comme l'hydroélectricité aurait pour effet de réduire considérablement les émissions de GES du secteur de l'énergie stationnaire.

Au passage, il faut tout de même tenir compte des freins liés à l'électrification. Il est donc important de rappeler les contraintes climatiques comme la saison hivernale qui crée une demande accrue en énergie appelée pointe hivernale (Mercure, 2023). De plus, le climat peut

aussi avoir un effet sur la production d'énergie. Dans certains cas, la production d'énergie peut être plus faible que la demande par exemple pour les éoliennes ou les panneaux solaires s'il ne vente pas ou qu'il fait nuageux. Dans d'autres cas, à l'inverse, elle peut être supérieure à la demande si les conditions climatiques sont favorables. Enfin, elle peut être complètement arrêtée lors d'événements météorologiques extrêmes comme le verglas. Cela mène au défi de stockage de l'énergie pour permettre une constance dans l'alimentation du réseau (Aalto, Haukkala, Kilpeläinen, & Kojo, 2021).

Comme la demande pour l'électricité est appelée à croître en raison d'une transition des sources énergétiques des véhicules comme des bâtiments, la résilience et la fiabilité du réseau doivent être assurées (Whitmore & Pineau, 2021). À court terme, certes, les coûts de rénovation et d'adaptation des infrastructures existantes sont élevés. Il s'agit d'une contrainte à considérer. De plus, en planifiant les travaux de construction, des évaluations d'impact devraient avoir lieu afin d'éviter leur déplacement d'une région à une autre (Aalto et al., 2021).

D'un point de vue sociétal, les nouveautés impliquent des changements d'habitudes et de comportements pour les individus. Par exemple, l'utilisation des bornes de recharge électriques plutôt que la pompe à essence. Les connaissances mécaniques pour les réparations d'un véhicule peuvent aussi différer. Les secteurs d'emplois sont aussi appelés à évoluer et donc certains corps de métiers pourraient disparaître et être remplacés par d'autres (Philibert, 2019).

Au Sud-Ouest, le secteur résidentiel est électrifié environ à 70 %, le secteur commercial et institutionnel à 40 % et le secteur industriel à 20 %. Le Sud-Ouest possède aussi une industrie de verre. La fabrication du verre est un procédé nécessitant un chauffage des matériaux à température très élevée. Présentement, les énergies fossiles permettent d'atteindre les températures souhaitées plus efficacement que l'énergie électrique. Cette réalité entraîne clairement des conséquences sur les émissions du territoire et il faut le considérer dans la réflexion concernant les mesures à mettre en place pour atteindre les objectifs de réduction des émissions de GES.

Considérant la présence de ces freins, des mesures sont mises en œuvre par la province de Québec et la Ville de Montréal pour réduire le mazout du secteur résidentiel. Ces dernières incluent des programmes incitatifs de subventions pour les rénovations et des projets de lois et règlements. Par exemple, l'interdiction de cette source d'énergie au sein des nouvelles constructions (moyennant certaines exceptions) est en vigueur à la Ville de Montréal depuis le 1^{er} octobre 2024 (Ville de Montréal, 2024a).

Selon une étude de Aliakbari Sani et al. (2022), la région du Grand Montréal, incluant le Sud-Ouest, peut atteindre une réduction considérable des émissions de GES (tendre vers la neutralité) au moyen de l'électrification. Cela est possible en raison de l'eau comme source d'énergie. Cette étude, cependant, ne considère pas les principes d'ACV et donc les possibles déplacements d'impacts. Cette conclusion repose aussi sur le fait que les émissions du secteur industriel ne sont pas élevées pour la région du Grand Montréal. En revanche, à l'échelle locale, le Sud-Ouest doit composer avec plusieurs industries. Il faut donc prendre en considération cette réalité comme énoncé plus tôt.

Les figures 3.7 (industriel), 3.8 (résidentiel) et 3.9 (commercial) permettent de constater que la présence du gaz naturel dans le profil énergétique de l'Arrondissement Le Sud-Ouest est la cause de la majorité des émissions de GES de ses bâtiments. C'est d'ailleurs aussi le cas pour les Arrondissements d'Outremont et de Saint-Laurent de la Ville de Montréal. En réponse à cet enjeu, des recommandations et pistes d'action seront présentées au chapitre 4.

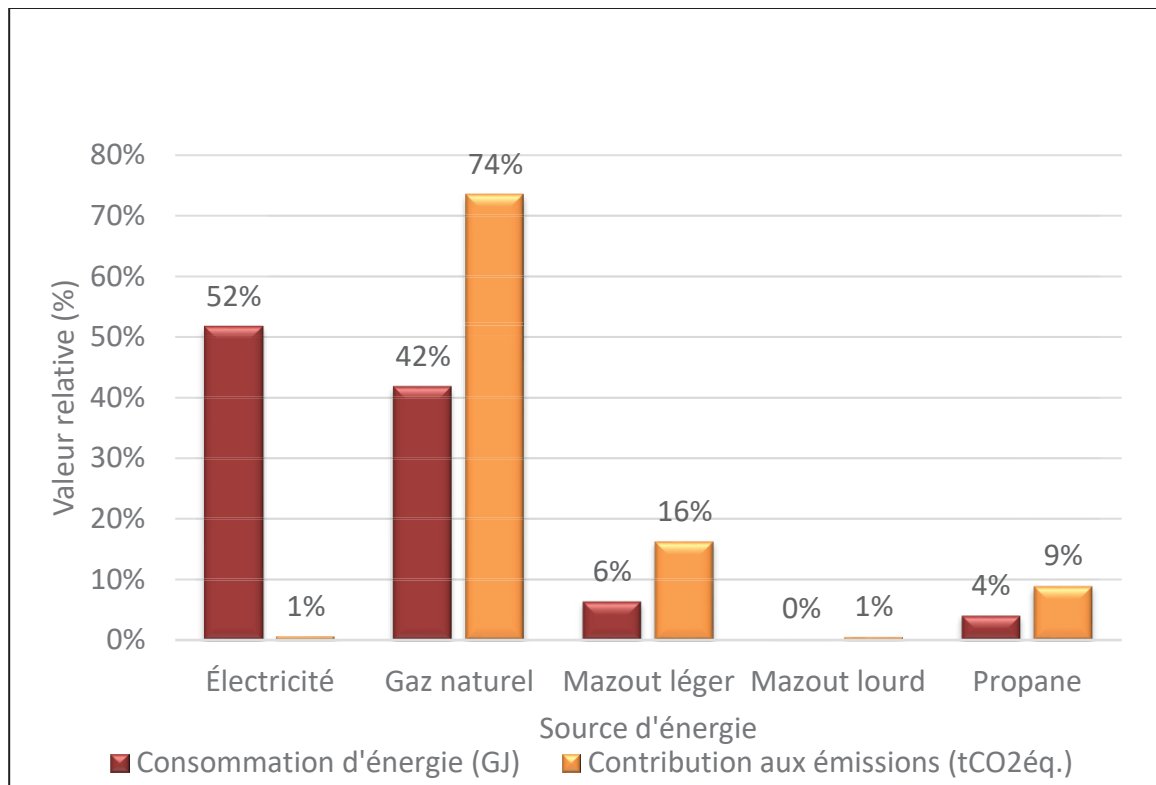


Figure 3.9 Répartition des émissions de GES en tCO₂éq. et de la consommation d'énergie du secteur commercial et institutionnel en valeurs relatives du Sud-Ouest pour l'année 2019

Les méthodes de mise à l'échelle pour la quantification de la consommation de mazout, de propane et de bois pour les sous-secteurs résidentiel et commercial et institutionnel ont l'inconvénient de générer des résultats pouvant être légèrement sur ou sous-estimés.

En ce qui concerne le bois, le ratio calculé pourrait ne pas correspondre à la quantité réelle consommée par le territoire du Sud-Ouest. Et ce, même avec l'adaptation méthodologique de multiplier le ratio par seulement 1/3 des émissions provinciales. La littérature renseigne sur le fait qu'aux États-Unis, les ménages situés en milieu urbain consomment un peu moins de la moitié du bois consommé par les ménages situés en milieu rural (N. Song, Aguilar, Shifley, & Goerndt, 2012). Si cette hypothèse est conservée pour le Québec, il est probable que l'Arrondissement du Sud-Ouest de Montréal ait une consommation inférieure de bois par rapport à une municipalité située en région éloignée, et ce malgré un nombre supérieur

d'habitants. Conséquemment, la quantité de GES émise serait sur ou sous-évaluée. Également à considérer, les émissions de CO₂ liées à la combustion du bois sont d'ordre biogénique et peuvent être exclues du bilan des émissions selon le protocole GPC (Fong et al., 2021). Dans cette étude, elles sont comptabilisées, mais exclues du bilan final.

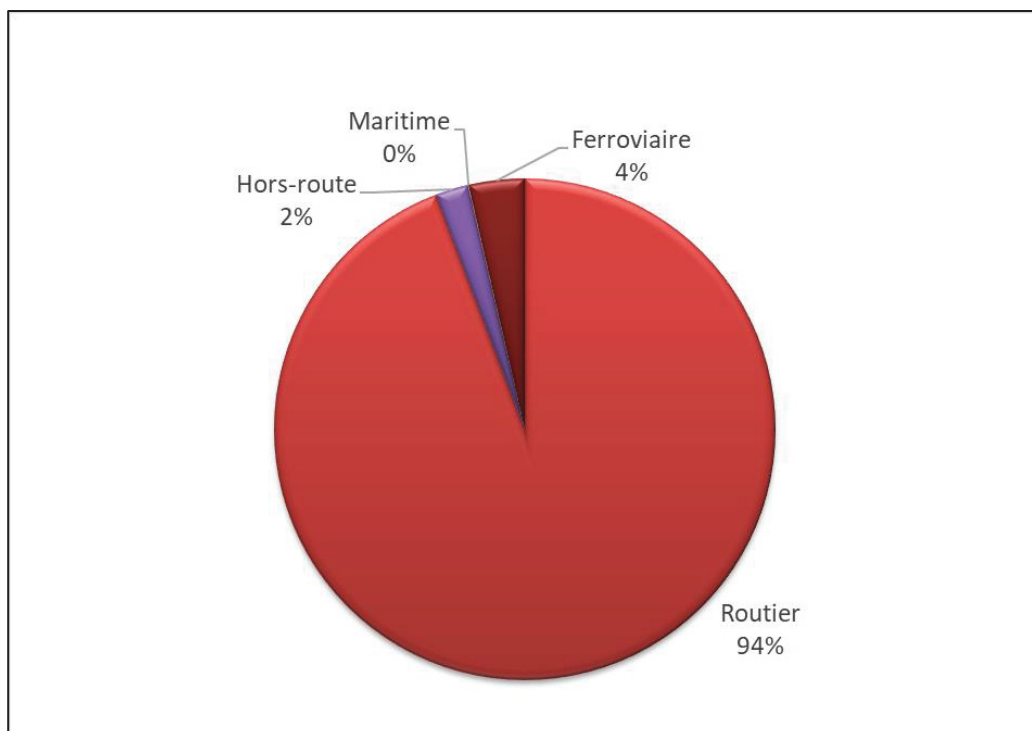
La consommation de combustible comme le mazout et le propane dépendent de différents facteurs comme le climat, le type de bâtiment, son enveloppe et ses caractéristiques, le nombre d'occupants du bâtiment et la quantité, le type et le temps d'utilisation des appareils consommateurs d'énergie (U.S. Energy Information Administration, 2021). La méthode par ratio de population ne permet pas de considérer les caractéristiques spécifiques de l'Arrondissement le Sud-Ouest en ce sens. Cette méthode permet de dégager une idée du portrait de consommation de ces combustibles pour le Sud-Ouest.

3.2.3 Transport

Cette section présente et détaille les résultats des émissions de GES de l'Arrondissement pour le secteur du transport.

Transport maritime

En observant la figure 3.10, il est possible de conclure que le secteur du transport maritime est un faible contributeur du secteur des transports en raison de la nature des embarcations circulant sur le canal Lachine. Les résultats sont possiblement surestimés puisque l'hypothèse méthodologique utilisée est que toutes les embarcations possèdent un moteur à essence. Dans les faits, il y a possiblement présence de moteurs électriques au sein des embarcations transitant sur le canal.



Total des émissions: 160 078 tCO₂eq

Figure 3.10 Répartition des émissions de GES du secteur des transports de l'Arrondissement Le Sud-Ouest en tCO₂eq. en 2019

La méthode de quantification utilisée permet d'employer les données réelles de passage des bateaux sur le canal et donc de gagner en précision pour l'estimation des émissions. À défaut d'avoir accès aux trajets exacts des embarcations du canal, les données accessibles et les hypothèses émises ont permis d'estimer de façon conservatrice les émissions liées à la navigation au Sud-Ouest.

Transport ferroviaire

L'utilisation du métro contribue à seulement 0,04 % des émissions de GES du secteur des transports et ce qu'il soit plein ou vide, car la quantité d'énergie utilisée pour le maintenir en fonction est constante. Les résultats d'émissions pour ce moyen de transport sont d'ailleurs fiables puisque les données de consommation d'énergie réelles étaient disponibles. Ces

résultats permettent d'appuyer le recours à ce type de moyen de transport en vue d'atteindre des cibles de réduction d'émissions.

Quelques limites des méthodes d'estimations pour ce secteur sont tout de même à noter. D'une part, elles comportent une incertitude en ce qui a trait à la longueur du tronçon ferroviaire traversant le Sud-Ouest. D'autre part, la donnée obtenue de Via Rail concernant les émissions de CO₂ équivalent par passager est une valeur moyenne. Comme cette dernière est obtenue en s'appuyant sur des valeurs moyennes de carburant utilisé par les trains, il est raisonnable de conclure que le train ne consommera pas une quantité de carburant significativement différente lors d'une variation de centaines de passagers. Il faut d'ailleurs noter que la vitesse du train est assez basse lorsqu'il passe au Sud-Ouest en comparaison à ses déplacements interurbains. Cela fait aussi varier sa consommation de carburant. Le scénario optimal aurait été d'obtenir les données réelles de consommation de carburant pour les trains Via Rail comme c'est le cas pour les trains du CN.

Les estimations sont basées sur les données rendues disponibles par les compagnies ferroviaires, il s'agit des données les plus précises, fiables et facilement accessibles. Dans le but de générer un portrait vraisemblable des émissions du secteur ferroviaire, cette méthode est la plus adéquate. Ce portrait est intéressant à incorporer dans l'inventaire considérant qu'une gare se situe à l'intérieur des limites du territoire étudié (Fong et al., 2021).

Transport routier

Considérant l'importance des émissions issues du transport routier comme observable à la figure 3.10, ce secteur est analysé plus en détail. Au tableau 3.3, le parc de véhicules du Sud-Ouest est réparti selon le type de véhicule en circulation et le carburant utilisé.

Tableau 3.3 Proportions du parc de véhicules au Sud-Ouest en 2019 (mise à l'échelle de la Ville de Montréal)

Adapté de Société de l'assurance automobile du Québec (2020b)

Type de véhicule	Proportion des véhicules à essence	Proportion des véhicules au diesel	Proportion totale, selon le type de carburant	Total peu importe le type de carburant
Voitures	69 %	27 %	66 % (essence)	67 %
			1 % (diesel)	
Camions légers	31 %	12 %	29 % (essence)	30 %
			1 % (diesel)	
Véhicules lourds	0 %	61 %	0 % (essence)	3 %
			3 % (diesel)	
Proportion totale	95 %	5 %	100 %	
Total	100 %	100 %		

Ces données permettent de constater que les véhicules au diesel sont majoritairement des véhicules lourds. Vis-à-vis l'essence, le diesel est plus écoénergétique, c'est-à-dire qu'à quantité égale, le diesel permet de parcourir une plus grande distance que l'essence. Cependant, son coefficient d'émissions est supérieur à celui de l'essence tel que présenté au tableau 3.4. Pour le même nombre de kilomètres parcourus, le diesel reste un plus faible émetteur de GES, mais les particules émises dans l'air par la combustion de ce dernier sont plus nocives. En effet, les quantités de particules en suspension (PM) et d'oxydes nitreux (NO_x) émises sont supérieures.

Tableau 3.4 Taux moyens d'émissions des carburants les plus utilisés pour le transport routier

Adapté de Transition énergétique Québec (2019)

Type de carburant	Kilogrammes de CO ₂ éq./L
Essence	2,3612
Diesel	2,7898

À noter aussi, presque le tiers de la flotte est composé de camions légers. Il pourrait être intéressant de réfléchir à la place du camion léger en milieu urbain densément peuplé et anthropisé. Effectivement, cette catégorie de véhicule est plus énergivore que l'automobile conventionnelle, ce faisant, réduire la proportion de ces véhicules dans le parc résulte en une diminution du carburant total consommé sur le territoire. Il s'agit d'ailleurs d'une tendance généralisée applicable au territoire québécois (Whitmore & Pineau, 2021).

Émissions du transport routier selon les autres méthodes analysées

Comme présenté à la section 2.6.3 sous-section Routier, plusieurs méthodes ont été analysées afin de quantifier le transport routier. Les résultats et l'analyse de ces méthodes sont présentés au tableau 3.5 ainsi qu'au sein des prochains paragraphes.

Tableau 3.5 Résultats d'émissions des différentes méthodes de quantification du transport routier

Méthode de quantification utilisée	Émissions de GES (tCO ₂ éq.)
Ventes de carburant (méthode retenue)	150 868
Enquête Origine-Destination	70 156
Méthode issue de l'enquête O-D développée par Souhaila Bendahmane	N/A

Tableau 3.5 Résultats d'émissions des différentes méthodes de quantification du transport routier (suite)

<i>Méthode de quantification utilisée</i>	<i>Émissions de GES (tCO₂ éq.)</i>
<i>MOVES EPA</i>	N/A
<i>Environmental Insights Explorer (EIE)</i>	169 202
<i>Ratio population</i>	
<i>Environmental Insights Explorer (EIE)</i>	148 155
<i>Ratio carburant consommé</i>	

La méthode choisie, celle des ventes de carburant, ne permet pas de quantifier exactement quelle quantité de carburant a été réellement consommée sur le territoire du Sud-Ouest. En effet, même si le ravitaillement de carburant s'est fait aux stations-service du territoire, les véhicules ont potentiellement circulé à l'extérieur des limites géographiques déterminées pour l'étude. Inversement, la circulation, au sein du territoire, de véhicules ayant acheté du carburant à l'extérieur des limites du territoire s'avère très probable. Prétendre que les deux phénomènes permettent d'atteindre un équilibre absolu serait erroné. Comme le secteur du transport est un secteur clé pour l'émission de GES (un peu plus de 30 % des émissions de la collectivité en 2019), développer de meilleures méthodes de comptabilisation s'avère pertinent.

Afin de déterminer en quelle proportion les véhicules consomment le carburant acheté, une mise à l'échelle en regard de la flotte de véhicule de la Ville de Montréal a été utilisée. La réalité de l'Arrondissement du Sud-Ouest n'est donc pas représentée pour cette portion de la quantification. D'ailleurs, les résultats obtenus ne peuvent être exacts. En effet, les quantités de carburant vendu sont réparties selon les proportions du parc de véhicules et non selon les kilomètres parcourus par cesdits véhicules. L'hypothèse de la méthodologie actuelle soutient que tous les véhicules font le même kilométrage. Dans les faits ce n'est pas le cas. Par exemple, même s'il y a moins de véhicules lourds dans le parc automobile, s'ils font une majorité du kilométrage, les émissions résultantes seront plus élevées que si le même trajet avait été parcouru par des véhicules légers. De plus, Le Sud-Ouest est un arrondissement où l'accessibilité au transport collectif et actif permet d'émettre comme hypothèse que plusieurs

propriétaires de véhicules l'utilisent seulement pour sortir de la Ville où du moins parcourent des distances réduites par rapport à d'autres secteurs de l'agglomération de Montréal. À une échelle plus micro, cela s'applique même par rapport au type de carburant utilisé par les véhicules. Les proportions pourraient différer au Sud-Ouest par rapport à l'agglomération. À titre indicatif, le tableau 3.6 présente les proportions du parc de véhicules du Sud-Ouest et celles du carburant vendu dans l'Arrondissement pour l'essence et le diesel.

Tableau 3.6 Répartition du parc de véhicules et des ventes de carburant en fonction du type de carburant utilisé pour Le Sud-Ouest en 2019

Type de carburant	Proportion parc de véhicules	Proportion des ventes
Diesel	5 %	2 %
Essence	95 %	98 %
Total	100 %	100 %

Dans le contexte de cette étude, la disponibilité des données de vente de carburant propre au territoire de l'Arrondissement du Sud-Ouest est une donnée qui permettait de circonscrire les émissions, ce qui a mené au choix de la méthode par ventes de carburant (Régie de l'énergie du Québec, Lafleur, C., communication personnelle, 27 juillet 2022). En soi, les données de ventes de carburant sont un bon moyen d'estimer les émissions issues de la combustion de carburant. Cependant, dans l'optique de faire émerger des mesures de réductions pour un quartier ou un arrondissement, il est essentiel de s'intéresser à la question des besoins de la collectivité en ce qui a trait aux déplacements de celle-ci afin d'optimiser les ressources allouées à combler ces mêmes besoins. Dans une optique purement stratégique, il devient même pertinent de distinguer les besoins des désirs individuels et collectifs.

La méthode testée utilisant les données de l'enquête O-D soulève plusieurs limites. Les résultats obtenus ne peuvent pas vraiment être retenus dans le cadre de cette étude. L'enquête O-D se limite à une période de 24 h et les données sont récoltées de septembre à décembre. Les conditions climatiques ne sont donc pas prises en compte dans cette enquête. De même que la période de la semaine (jour de travail/jour de congé) qui pourrait affecter les activités

des citoyens. Les données de l'enquête sont datées de 2018. L'hypothèse étant que le scénario est similaire en 2019.

Du côté des manipulations faites pour la présente étude, la valeur en kilométrage, déterminée selon un seul axe routier du territoire, mène à des résultats qui manquent de fiabilité, lorsque transposés à l'année entière et même pour une journée fixe. De plus, l'utilisation d'un ratio pour déterminer les déplacements internes et externes motorisés pourrait induire des erreurs. En effet, la proportion de déplacements motorisés internes pourrait être inférieure ou supérieure à celle calculée (60 %) par rapport aux déplacements totaux.

Ainsi, les résultats obtenus manquent de fiabilité lorsque transposés à l'année entière. Cette méthode ne permet pas de réduire au minimum les biais et les incertitudes, ce qui ne respecte pas le principe d'exactitude du protocole GPC. Bien qu'elle n'ait pas été retenue, les données de l'enquête O-D sont fiables. Conséquemment, tenter de développer des méthodes de quantification des émissions de GES issues du transport routier à l'aide de ces dernières s'avère une avenue intéressante. C'est d'ailleurs ce que Souhaila Bendahmane a fait, la méthode qu'elle a développée pour l'Arrondissement Saint-Laurent est discutée au paragraphe suivant.

La méthode de quantification basée sur l'enquête O-D ayant été développée spécifiquement pour l'Arrondissement St-Laurent aurait pu être appliquée au Sud-Ouest aussi. Il s'agit d'une méthode reproductible et représentative de la réalité d'un arrondissement de Montréal. Toutefois, elle n'est pas encore reconnue par les protocoles de quantification des émissions de GES. Elle comporte aussi des limites, entre autres, celles intrinsèquement liées à l'enquête O-D. De plus, le temps d'exécution de cette méthode était trop long pour le cadre du projet de recherche au Sud-Ouest. À noter aussi, malgré le caractère novateur de cette méthode, les résultats obtenus pour l'Arrondissement Saint-Laurent sont supérieurs à ceux obtenus pour l'ensemble de la Ville de Montréal la même année (Bendahmane, 2020). Ces résultats sont expliqués par le fait que l'enquête O-D a lieu seulement lors d'une journée aux heures de pointe. Donc, lorsqu'ils sont généralisés à l'année entière, une surestimation est attendue. D'autres données doivent, en ce sens, être considérées pour développer une méthodologie

permettant d'obtenir des résultats fiables. Des études à ce sujet sont en cours. Dans le cadre de cette étude, cette méthode a donc été écartée.

Une nouvelle méthode d'estimation aurait pu être développée grâce aux données radar rendues disponibles par la Ville de Montréal. Ces données sont prises aux intersections munies de feux de circulation et à certaines intersections où l'installation de feux de circulation est à l'étude (Ville de Montréal, 2023d). Ces données auraient aussi pu être combinées à celles de l'enquête O-D. Considérant les contraintes de temps du projet actuel, la méthode radar expérimentale n'a pas été explorée. Elle pourrait faire l'objet de futurs travaux de recherche.

Le logiciel MOVES a été développé pour le contexte des parcs automobiles et de l'aménagement urbain des États-Unis. L'EPA met en garde que plusieurs défis pourraient être rencontrés en utilisant ce logiciel dans le contexte d'autres pays. (US EPA, 2019) Cependant, comme il s'agit du contexte nord-américain, le Canada peut s'y fier, d'ailleurs, c'est l'outil utilisé pour l'inventaire national (Environnement et Changement climatique Canada, 2022b). Le logiciel est fiable et adapté aux requis de quantification des protocoles internationaux. Dans le cadre de la présente étude, les données nécessaires pour utiliser ce logiciel n'étaient pas disponibles pour le Sud-Ouest. Conséquemment, cette méthode n'a pas été retenue pour la quantification.

Google a développé un nouvel outil : l'EIE, cet outil utilise les données dont l'organisation dispose pour modéliser les déplacements des individus. Ces données ont l'avantage d'être précises, car elles proviennent directement d'individus ayant activé le service de localisation sur leurs appareils mobiles. À l'aide de techniques avancées en informatique comme le *machine learning*, des méthodes de mises à l'échelle sont employées pour déterminer ensuite les émissions de différentes villes, dont Montréal. D'ailleurs, une estimation de la séquestration carbone par les arbres est aussi disponible sur cet outil. Elle a aussi été évaluée par ICLEI USA. Comme les données de cet outil peuvent être téléchargées librement, il s'agit d'une occasion de comparer les résultats obtenus à travers différentes méthodologies. Il peut aussi s'agir d'un point de départ pour de futurs travaux de recherche (Google Environmental Insights Explorer,

s.d.). Il s'agit d'une méthodologie émergente qui cherche à comptabiliser les émissions mondialement, la méthodologie est adaptée pour être utilisée dans toutes les régions du monde.

Malgré son caractère innovant en raison des données en temps réel dont Google dispose, comme tous les outils, ce dernier comporte aussi des limites (Google Environmental Insights Explorer, s.d.). Il s'agit en effet d'une compagnie dont les données et les méthodes sont privées. Elle choisit ce qu'elle souhaite partager. Cette approche manque de transparence et donc, il devient ardu de comprendre comment les résultats sont obtenus. Il faut donc s'en servir prudemment.

Cette méthode n'a pas été retenue dans le cadre de cette étude, les données de carburant de l'Arrondissement ont été directement utilisées pour la quantification. Cependant, comme le territoire le plus précis disponible sur EIE est la Ville de Montréal, une mise à l'échelle de ces données est possible pour obtenir des résultats d'arrondissement. D'ailleurs, la Ville de Montréal utilise maintenant (en 2024) les résultats de la quantification de Google EIE tels quels pour ses inventaires annuels. Comme présenté au tableau 3.5, les résultats issus des 2 ratios utilisés sont comparables à ceux obtenus par la méthode de ventes de carburant. Ce constat mériterait une analyse plus approfondie. Il pourrait être intéressant d'essayer de faire le même exercice avec d'autres arrondissements pour pouvoir comparer les résultats. D'autre part, il est raisonnable de se demander si l'hypothèse selon laquelle la quantité de carburant vendu sur un territoire est finalement utilisée en majorité au sein de ses frontières. En ce sens, les déplacements sortants seraient compensés par les déplacements entrants d'autres territoires. Tout cela en rappelant certaines limites méthodologiques, la méthode de Google EIE reste plus fiable du point de vue du kilométrage parcouru comme elle tient compte de l'itinéraire réel des usagers de transport. Cependant, cette méthode a été élaborée pour une échelle internationale et néglige les réalités locales comme celles liées aux caractéristiques du parc de véhicules, à l'aménagement du territoire, aux infrastructures routières et au climat.

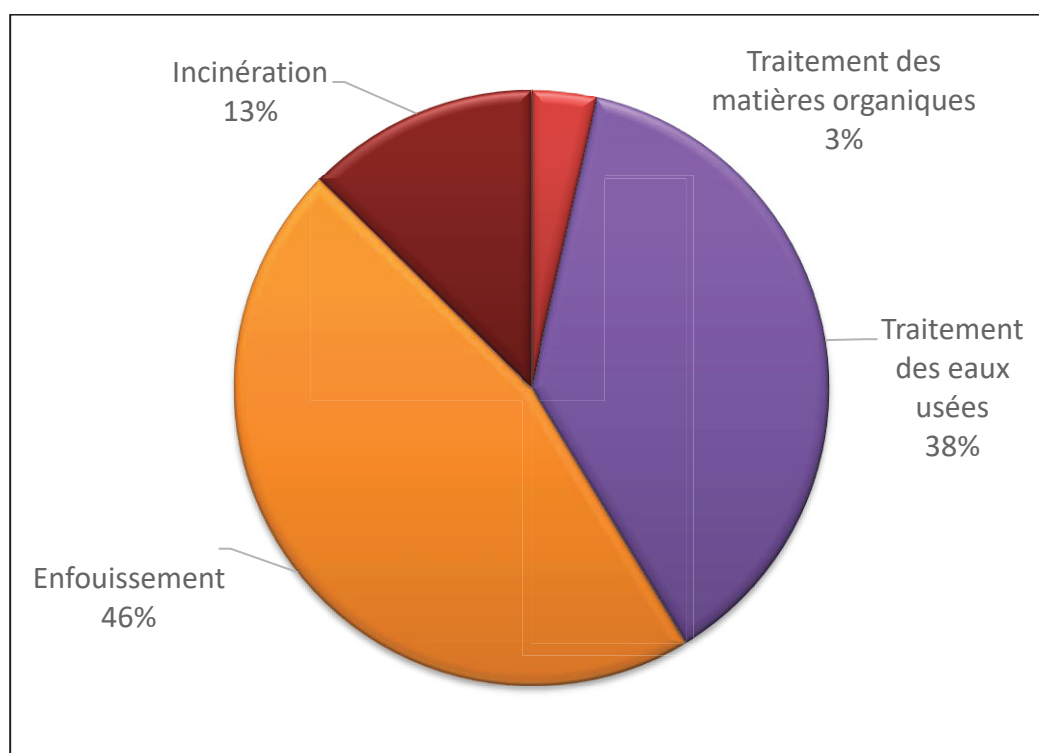
Transport hors-route

Bien que le secteur hors-route soit un faible contributeur aux émissions de GES de l'Arrondissement pour l'année 2019, les résultats peuvent être influencés par les limites de la méthode de quantification utilisée. En effet, la mise à l'échelle par rapport aux données québécoises comporte des incertitudes. La consommation de combustible d'une province n'est pas directement dépendante du nombre de personnes présentes sur ce territoire. D'autres facteurs peuvent faire varier la consommation de carburant hors-route comme la présence d'activités agricoles, forestières, minières et de construction sur le territoire. (Statistiques Canada, 1999) L'utilisation de diesel (ou d'autres carburants) n'est pas comprise dans la présente quantification, le manque de données disponibles explique cette exclusion. Considérant que le territoire à l'étude ne comporte pas les activités mentionnées précédemment, il est probable que les résultats de ce secteur soient surestimés. Ils pourraient aussi être sous-estimé considérant l'exclusion du diesel de la quantification. En regard des données disponibles, la méthode de mise à l'échelle à partir des données provinciales est suffisante afin d'obtenir un portrait des émissions de GES de ce secteur pour le territoire.

3.2.4 Matières résiduelles

Le secteur des matières résiduelles est moins émetteur que ceux de l'énergie stationnaire et du transport. En 2019, il représente environ 5 % des émissions de la collectivité de l'Arrondissement, ce qui représente 25 641 tCO₂eq. Comme présenté à la figure 3.11, le sous-secteur de l'enfouissement est le plus gros émetteur du secteur des matières résiduelles. Considérant que l'Arrondissement enfouit tous ses déchets à l'exception des boues sèches, de déchets biomédicaux et de déchets dangereux qui vont à l'incinération, ce constat n'est pas surprenant. Le second sous-secteur en importance est le traitement des eaux usées. Cela s'explique par une charge organique importante dans les eaux usées. À noter que ces eaux ont un potentiel énergétique intéressant, cela sera discuté au chapitre 4. En ce qui concerne le pouvoir d'action de l'Arrondissement, il n'en a pas vraiment sur les eaux usées en matière d'émissions de GES. En effet, la seule usine de traitement d'eaux usées de toute l'agglomération est située dans l'Arrondissement de Rivière-des-Prairies-Pointe-aux-

Trembles. La gestion de cet établissement est confiée à l'administration centrale de la Ville de Montréal. Toutefois, il a beaucoup de leviers d'actions concernant la sphère des déchets solides comme mentionné à la section 3.2.1. Une avenue intéressante pour la gestion des déchets et l'optimisation du tri est la mécanisation et la robotisation. Il faut tout de même considérer que ces innovations requièrent elles aussi des sources d'énergie pour être fabriquées et pour fonctionner. Dans une optique de réduction des émissions de GES globales, ce type d'équipements doivent être conceptualisés en intégrant les principes d'ACV.



Total des émissions : 25 641 tCO₂eq.

Figure 3.11 Répartition des émissions de GES en tCO₂eq. du secteur des matières résiduelles, de la collectivité du Sud-Ouest 2019

Les limites et considérations méthodologiques pour les sous-secteurs des matières résiduelles sont présentées ci-après. Ces dernières peuvent induire des incertitudes dans les résultats obtenus.

L'utilisation d'une méthode de site d'enfouissement consolidé signifie que les informations exactes pour chaque site concernant la concentration de méthane capté ne peuvent être utilisées. Une valeur moyenne conservatrice tirée d'une étude du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) a été utilisée (Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, 2008).

La quantité de déchets générés par les institutions, commerces et industries (ICI) a été estimée pour les années 2010 à 2019 à partir des données disponibles pour la Ville de Montréal (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2016). Une méthode d'estimation a aussi été employée pour déterminer la quantité de déchets totale générée par la collectivité avant 2010. Les résultats d'émissions en ce sens sont moins précis que si des données brutes exactes avaient été employées. La masse de déchets générés par la collectivité de l'Arrondissement est le résultat de plusieurs facteurs incluant le nombre d'habitants sur le territoire, mais aussi, le produit intérieur brut (PIB), l'espace disponible sur le territoire pour entreposer et traiter des déchets, la quantité de produits à usage unique et d'aliments gaspillés, etc. (Brown, 2015) La quantité de déchets générés sur un territoire peut donc varier selon d'autres facteurs qu'uniquement sa population. Des incertitudes peuvent aussi se glisser en raison de l'utilisation de l'outil LandGEM version 3.3 dont les résultats sont sujets aux marges d'erreur.

Au moment de cette étude, la méthodologie de la Ville de Montréal était la même ce qui rendait la comparaison entre les inventaires des deux entités possibles pour cette catégorie d'émissions (Wagner et al., 2016). Cependant, la Ville de Montréal a récemment actualisé sa méthodologie (Ville de Montréal, 2023a).

Par rapport au traitement des matières biologiques, les données reçues concernant les matières sont exactes, cependant elles ont dû être converties en tonnes pour pouvoir être converties en tCO₂ équivalent. Les conversions sont basées sur des rapports de densité, cette étape de conversion représente des incertitudes. En effet, les éléments réellement récoltés par la Ville

de Montréal n'ont peut-être par les mêmes propriétés que celles déterminées par les outils de conversion utilisés pour cette étape.

Considérant que les émissions de ce secteur concernent uniquement des matières organiques se décomposant en aérobie, les émissions sont composées presque en totalité de CO₂. Ces émissions sont de nature biogénique. En ce sens, elles ne sont pas officiellement considérées dans l'objectif de réduction des acteurs municipaux (Fong et al., 2021). Un portrait général est donc suffisant dans ce contexte.

La méthode employée pour quantifier les matières incinérées est celle reconnue par le GPC pour l'incinération des boues asséchées. Elle a permis d'utiliser les données exactes de matières incinérées pour l'année d'inventaire. Cependant, cette méthode exclut les objets ou rebuts incinérés à ciel ouvert par des particuliers ou des organisations. Elle exclut aussi les déchets biomédicaux et dangereux qui sont envoyés à l'extérieur des frontières de l'Arrondissement pour l'incinération. Les résultats obtenus sont donc probablement sous-estimés.

Concernant les émissions de N₂O provenant des eaux usées, le portrait est basé sur une consommation moyenne annuelle de protéines pour le pays. Ainsi, les résultats obtenus, outre leur ordre de grandeur, ne permettent pas de représenter la réalité spécifique d'un arrondissement comme le Sud-Ouest. Une analyse de sensibilité a été conduite sur les résultats afin d'observer comment les émissions varient si la quantité de protéines consommées annuellement par individu changent. Cette analyse permet de déterminer que la fonction qui lie cette variable au résultat est linéaire. C'est-à-dire que si la consommation de protéines double les émissions doublent aussi. En ce sens, si la quantité de protéines consommées varient de ± 20 kilogrammes/personne/an, les émissions passent de 8065 tCO₂éq. à ± 2381 tCO₂éq. Ce qui rejoint à peu près le 30 % d'incertitude ciblé pour cette étude.

Le même principe s'applique pour les émissions de CH₄ qui sont quantifiées au travers d'une charge de matière organique (DBO₅) moyenne par individu par jour pour le Canada. D'ailleurs au moment de faire cette étude, la littérature scientifique indique que les résultats d'émissions

de ce secteur sont probablement sous-estimés. Effectivement, les équations recommandées par le GIEC pour la quantification du méthane ont été établies grâce aux données d'un petit échantillon de quatorze usines de traitement des eaux (Bartram et al., 2019). Selon les travaux de Moore et al. (2023), les lignes directrices de quantification du GIEC sous-estiment l'impact des émissions provenant de digesteurs anaérobies. Le guide de quantification surestimerait la capacité de séquestration des digesteurs et donc négligerait les émissions fugitives résultantes. De plus, les émissions seraient sous-estimées pour les usines de traitement de grande taille et encore plus pour celles de petite et moyenne taille. L'usine J-R Marcotte de Montréal est considérée comme une usine de grande taille. De plus, même lorsque la technologie d'épuration des eaux usées est connue pour une station de traitement, les facteurs d'émissions y étant associés présentent beaucoup d'incertitudes en raison du manque de données primaires provenant de ces usines (C. Song et al., 2023).

Les émissions de méthane aux stations d'épuration des eaux usées peuvent aussi être influencées par la température de l'eau et donc par les saisons ainsi que par l'heure de la journée. Par exemple, le matin ou en soirée lorsque le volume d'effluents entrant à la station est le plus élevé (C. Song et al., 2023). Plus d'études sont requises pour établir des lignes directrices adéquates de quantification pour ce secteur d'émissions. Malgré toutes ces considérations, il faut noter que la station d'épuration J-R Marcotte est équipée d'installations de traitement primaire des eaux seulement (Morissette, 2023). Selon les travaux de C. Song et al. (2023), les étapes de traitement primaire des eaux usées ne sont pas à l'origine d'importantes émissions de GES. Cela étant dit, les effluents traités et déversés dans les cours d'eau naturels constituent un apport en méthane dissout et/ou en matières organiques. Ce phénomène est à l'origine d'émissions de GES en milieu aquatique (C. Song et al., 2023).

Les récentes études renseignent également sur une présence significative de GES dont le CH₄ et le N₂O dans les réseaux d'égouts. Ils sont donc source d'émissions fugitives et devraient être inclus dans les exercices d'inventaire (Jin, Gu, Shi, & Yang, 2019 ; Williams et al., 2022). Une méthode de quantification standardisée n'a pas encore été développée pour ce phénomène

d'émissions. Pour l'instant les options se limitent à des modèles de probabilités et statistiques ou à l'échantillonnage à la source (Beelen & Parker, 2022 ; Liu, Ni, Sharma, & Yuan, 2015).

Les éléments discutés précédemment permettent d'affirmer que les émissions du sous-secteur des eaux usées sont sous-estimées.

Comme la méthodologie employée est la même que celle des inventaires nationaux et provinciaux, il est possible de faire des comparaisons entre ceux-ci pour ce secteur en particulier. Néanmoins, améliorer cette méthode pour obtenir des résultats plus près de la réalité s'avère avantageux par exemple, dans l'optique de mettre en place un système de récupération de chaleur pour les eaux usées. En ce sens, les données de DBO₅ moyenne par individu par jour ainsi que la consommation moyenne de protéines par individu par jour pour Montréal auraient été requises. Cela en conservant les équations actuelles.

3.2.5 Perspectives

La figure 3.12 permet de situer l'Arrondissement Le Sud-Ouest par rapport à la Ville de Montréal et à la province de Québec concernant les émissions de GES de la collectivité. Un constat intéressant repose sur l'impact de la densité de population sur les émissions.

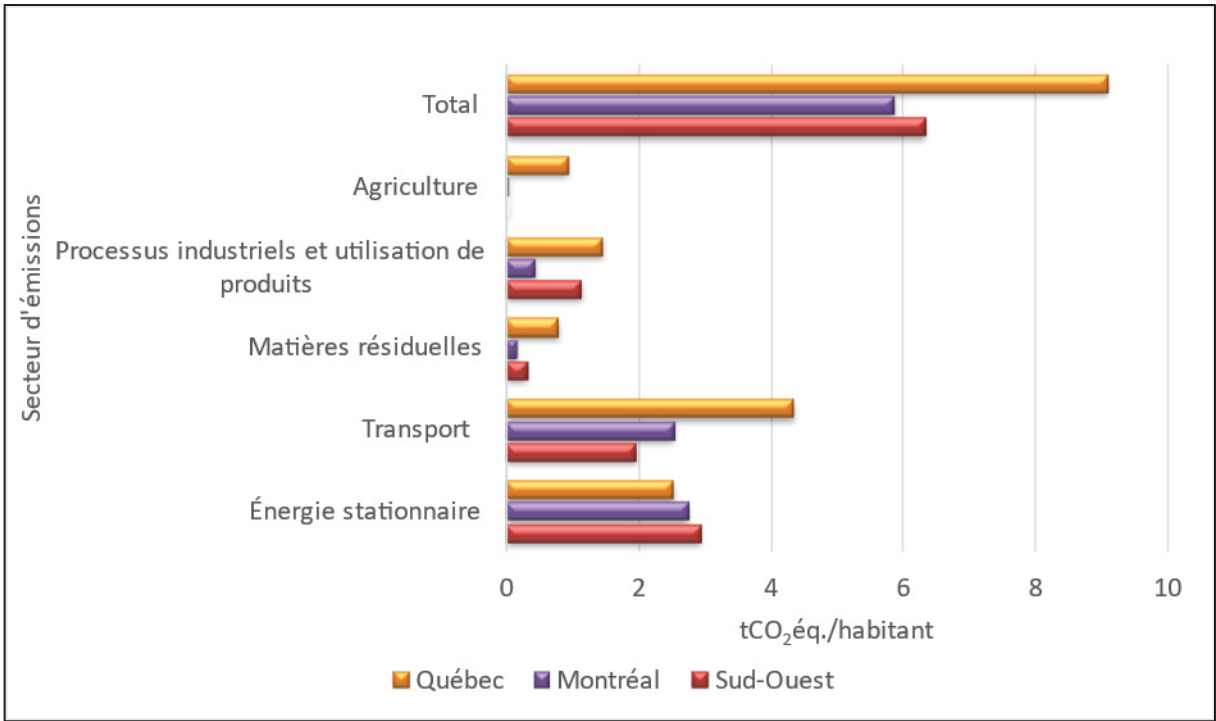


Figure 3.12 Répartition des émissions de GES en tCO₂eq. par habitant et par région géographique en 2019

L'observation des résultats de la figure 3.12 et des données du tableau 3.7 permet d'affirmer que les émissions par habitant pour Montréal et le Sud-Ouest sont plus faibles que pour la province de Québec. Ces résultats appuient les conclusions selon lesquels les écosystèmes urbains plus denses ont un impact plus faible en ce qui concerne les émissions de GES.

Tableau 3.7 Densité de population des territoires à l'étude

Territoire	Densité de population (personnes/km ²)	Population totale	Référence
Arrondissement Le Sud-Ouest	4 984	78 151	(Service du développement économique de la Ville de Montréal, 2018)
Ville de Montréal	890	1 704 694	(Gouvernement du Canada, 2017b)
Province de Québec	6	8 164 361	(Gouvernement du Canada, 2017a)

L'écart observé pourrait être expliqué par la présence d'industries plus émettrices à l'extérieur de l'île de Montréal. Même s'il s'agit d'une hypothèse plausible, environ 30 % du PIB de la province repose sur le secteur de la fabrication de Montréal (Institut de la statistique du Québec, 2024). Du côté du secteur de la construction, cette proportion atteint 25 % (Ville de Montréal, 2019). À noter que le secteur économique dit primaire incluant l'extraction des ressources représente seulement 0,4 % de l'économie montréalaise alors qu'il s'élève à 2,3 % pour l'ensemble de la province (Ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie, 2022).

Dans l'optique de mieux comprendre comment la densité peut influencer sur les émissions à l'intérieur même de la Ville de Montréal, il pourrait être intéressant lors de travaux futurs d'observer la fluctuation des émissions de GES des différents arrondissements en fonction de leur densité de population. Cela pourrait éventuellement avoir une pertinence pour le Sud-Ouest.

Cette disparité entre les émissions par habitant de Montréal et du Sud-Ouest avec celle calculée pour la province de Québec permet de mettre en perspective la notion de mise à l'échelle par ratio de population. Effectivement, considérant la différence entre les modes de vie par exemple urbains et ruraux comme présenté à la section 1.2, les émissions ne sont pas les mêmes pour chaque personne habitant le territoire (Dodman, 2009 ; Satterthwaite, 2008). Les mises à l'échelle dont le secteur d'émissions n'est pas basé sur le comportement individuel ne devraient pas être établies en fonction du nombre d'individus habitant le territoire. Cela étant dit, il demeure important de définir les acteurs responsables des émissions. En effet, bien que le nombre d'individus sur un territoire ne soit pas nécessairement proportionnel aux émissions de GES générées par les industries dudit territoire, ces émissions doivent tout de même être attribuées aux acteurs concernés et par la suite faire l'objet de mesures de mitigation.

Il est à noter que les méthodologies employées pour les trois inventaires sont en revanche différentes, il faut donc aborder les conclusions de cette section avec prudence.

3.2.6 Incertitudes

Les tableaux 3.8 et 3.9 présentent l'incertitude combinée de chaque inventaire. Pour l'inventaire des activités municipales, cela représente 4188 ± 140 tCO₂ éq. Du côté de l'inventaire collectif, ce résultat est de $518\,488 \pm 48\,479$ tCO₂ éq.

Tableau 3.8 Incertitudes des résultats d'inventaire municipal et incertitude globale

Secteurs	Émissions de GES (tCO ₂ éq)	Valeur de l'incertitude (%)
Bâtiments municipaux	2196	±5
Véhicules	1668	±5
Éclairage public	2	±5
Enfouissement des matières résiduelles	70	±30
Production d'eau potable	253	±5
Incertitude combinée Inventaire municipal		±3

Tableau 3.9 Incertitudes des résultats d'inventaire collectif et incertitude globale

Secteurs	Émissions de GES (tCO ₂ éq)	Valeur de l'incertitude (%)
Consommation d'énergie secteur résidentiel (Électricité et Gaz naturel)	33 105	±5
Consommation d'énergie secteur résidentiel (Mazout, Propane et Bois)	12 478	±30
Consommation d'énergie secteur commercial (Électricité et Gaz naturel)	40 585	±5
Consommation d'énergie secteur commercial (Mazout et Propane)	14104	±30
Consommation d'énergie secteur industriel (Gaz naturel et Électricité)	94725	±5

Tableau 3.9 Incertitudes des résultats d'inventaire collectif et incertitude globale (suite)

Secteurs	Émissions de GES (tCO ₂ éq)	Valeur de l'incertitude (%)
Consommation d'énergie secteur industriel (Mazout et autres combustibles mentionnés au tableau 2.7, section 2.7)	40 947	±30
Construction	3931	±30
Émissions fugitives	885	±30
Transport routier	150 868	±30
Transport maritime	53	±30
Transport ferroviaire (passagers)	3277	±30
Transport ferroviaire (marchandises)	2443	±30
Transport ferroviaire (métro)	64	±5
Transport hors-route	3373	±30
Enfouissement des matières résiduelles	11803	±30
Incinération des matières résiduelles	3236	±15
Traitement des eaux usées	9708	±30
Compostage	895	±5
Utilisation de produits (HFC, PFC, SF ₆ et NF ₃)	24 267	±30
Procédés industriels	67 742	±5
Incertitude combinée Inventaire collectif		±9

3.2.7 Limites générales d'inventaire

À la suite de la présentation des résultats d'inventaires d'émissions de GES de cette étude, il est important de discuter des limites pouvant influencer sur la globalité de ceux-ci. L'outil

principal de quantification utilisé, l'outil PPC comporte des limites. Les facteurs d'émissions ne peuvent pas être modifiés. Les valeurs doivent être arrondies à l'entier pour pouvoir être entrées. Dans l'outil, le PRP du méthane est de 25 et ne peut pas être modifié. Cette valeur est de 28 selon les plus récentes études et sera d'ailleurs appelée à changer suivant le progrès de ces dernières (Smith et al., 2021). L'utilisateur n'a pas donc pas le contrôle sur le PRP utilisé pour chacun des gaz. Malgré son interface accessible, l'utilisateur de l'outil peut aussi influencer l'exercice d'inventaire selon son degré de connaissances et d'aisance. En raison de la confidentialité, l'ICLEI préfère ne pas divulguer les limites de son outil (Eustache, C., communication personnelle, 29 janvier 2024), il est donc difficile d'en dresser une liste exhaustive. À noter qu'une nouvelle version de l'outil PPC est en préparation. Ces modifications ont pour objectif d'aider les villes à lier leur inventaire et leurs actions à un budget climat, les lignes directrices du TCFD (Groupe de travail sur l'information financière relative aux changements climatiques) et d'autres indicateurs de suivi (Eustache, C., communication personnelle, 29 janvier 2024).

De manière générale, en faisant l'exercice de quantification, il n'est pas possible de couvrir toutes les catégories d'émissions dans chacun des champs (1, 2 et 3) correspondant aux émissions directes et indirectes du territoire à l'étude. De plus, il n'est pas possible d'intégrer tous les GES possibles à l'exercice. Considérant l'ampleur des données à recueillir, il est souvent nécessaire d'utiliser des hypothèses. Par exemple, pour le secteur des eaux usées, une consommation de protéines moyenne par individu par jour est utilisée. Cette quantité moyenne pourrait varier d'un quartier à un autre. Il faut aussi considérer le caractère dynamique des émissions annuelles de GES, un outil de calcul annuel prend un portrait de la situation selon une unité de temps définie et ne tient pas compte de la fluidité des émissions au fil du temps. Ce à quoi une carte carbone permet d'ailleurs de remédier.

L'estimation visant à quantifier la population de l'Arrondissement Le Sud-Ouest en 2019 présente aussi des limites. Cela doit être mentionné, car ce nombre, totalisant 81 992 habitants, est utilisé pour la quantification de plusieurs secteurs d'inventaires faisant l'objet de mises à l'échelle. D'ailleurs, il ne tient pas compte des particularités économiques et sociales qui

pourraient avoir affecté la croissance démographique en l'an 2019. Comme mentionné à la section 1.5.5, lors de son utilisation et des méthodes de mise à l'échelle, il faut considérer la perte de précision dans les résultats obtenus.

En général, malgré l'incertitude de certains résultats, réaliser un portrait des émissions d'une diversité de secteurs demeure intéressant. En effet, cela permet de prendre en considération les actions possibles pour la réduction des émissions de ces secteurs, plutôt que de les écarter.

En ce sens, pour les fins de l'exercice d'inventaire qui demeure un ensemble d'estimations, une population estimée à l'aide des données du recensement des années précédentes est suffisante. Effectivement, la variation d'une centaine d'individus, voire de milliers, ne ferait pas varier significativement les résultats des calculs d'émissions recourant à la mise à l'échelle. Il est important de convenir que lors d'une année calendaire, la population d'un territoire fluctue au quotidien en raison par exemple des décès, des naissances, de l'immigration, de l'émigration, des déménagements, etc. Ainsi, le nombre utilisé pour décrire la population du Sud-Ouest en l'an 2019 demeure un indicateur et non une valeur absolue.

Les PRP actuels de l'outil PPC sont 25 pour le méthane et 298 pour le N₂O. Cependant, selon le plus récent rapport du GIEC, ils sont passés à 28 et 273 respectivement. Une analyse de sensibilité a donc été conduite sur les résultats pour observer l'effet d'utiliser les PRP les plus récents pour ces 2 gaz. Le nouveau scénario indique une augmentation d'environ 5000 tonnes de CO₂ éq. pour l'inventaire collectif, ce qui n'est pas significatif considérant l'incertitude de 9 %. Pour l'inventaire des activités municipales, c'est une augmentation de moins de 10 tonnes de CO₂ éq. Encore une fois, il s'agit d'un résultat non significatif considérant l'incertitude de l'inventaire. Deux points sont à retenir de cette analyse. D'abord, comme les émissions de N₂O sont habituellement plus faibles que celles de méthane, la diminution de son PRP dans le nouveau calcul ramène les émissions en tCO₂ éq. des 2 scénarios à peu près aux mêmes valeurs et ce malgré l'augmentation du PRP du méthane. Les augmentations observées se trouvent dans les secteurs et sous-secteurs d'émissions à haut relâchement de méthane. C'est le cas notamment des émissions fugitives de gaz naturel et de l'enfouissement des déchets solides.

Les tableaux A III-1, A-III-2 et A-III-3 à l'annexe 3 permettent d'observer en quelle proportion chaque gaz comptabilisé est présent par catégorie d'émissions quantifiée pour les activités municipales. Les tableaux A III-4, A III-5, A III-6 et A-III-7 présentent les mêmes informations, cette fois pour l'inventaire de la collectivité. Ces tableaux sont un requis lors de la reddition de compte d'inventaires d'émissions de GES selon le protocole GPC. L'annexe 2 pour sa part contient le Tableau-A II-1 qui présente la répartition des émissions de GES de la collectivité du Sud-Ouest selon les sous-secteurs quantifiés et les champs d'émissions. Il renseigne aussi sur la classification des sous-secteurs selon le protocole GPC et ses différents niveaux de reddition de comptes aux autorités concernées.

3.3 Séquestration du carbone

Les résultats selon la méthode de Pasher et al. (2014) permettent d'obtenir une estimation de la quantité de CO₂ équivalent séquestrée annuellement par les arbres du territoire du Sud-Ouest.

Le tableau 3.10 permet de constater que les arbres urbains ne permettent pas de compenser les émissions anthropiques de GES du Sud-Ouest. En effet, le taux de séquestration annuel de la canopée urbaine couvre moins d'un pourcent (0,35 %) des émissions estimées pour l'inventaire collectif.

Tableau 3.10 Quantité de carbone séquestrée par les arbres urbains du Sud-Ouest en fonction de son indice de canopée

Année	Indice de canopée (%)	Stock net (tCO ₂ e)	Séquestration annuelle nette (tCO ₂ e)
2019	20,18	66107	1823
Fictive	23,4	76656	2113
Fictive	30	98866	2726
Fictive	100	327589	9031

La tendance observée concernant l'urbanisation est un étalement progressif vers les milieux ruraux. Les villes tendent à croître horizontalement et à occuper des espaces auparavant laissés à l'état naturel (Angel, 2023). Ce faisant, les végétaux environnants, actuellement présents sur

le territoire, incluant les arbres, ne seront pas nécessairement conservés dans les années à venir. L'objectif actuel de la Ville de Montréal est de passer de 6,1 % à 10 % d'aires protégées pour l'an 2050 (Montréal, 2022). Dans ce contexte, il est peu probable que l'indice de canopée de l'Arrondissement bondisse significativement d'ici 2050.

Toujours selon la méthodologie de Pasher et al. (2014), une vérification a été faite pour connaître le taux de séquestration annuelle d'un indice de canopée de 100 % pour le territoire à l'étude. Ainsi, comme présenté au tableau 3.10, dans ce cas de figure, 9031 tCO₂ équivalents seraient séquestrées par la végétation. Cela représente 2 % des émissions de l'inventaire collectif pour 2019.

Selon une étude de la Fondation David Suzuki réalisée en partenariat avec l'organisation Habitat, l'indice de canopée maximale hypothétique pour le SO serait de 23,4 %. Cela signifie que la séquestration annuelle stagnerait à 2191 tCO₂ équivalent/an (Fondation David Suzuki, 2022).

La méthode employée comporte tout de même des limites. Elle ne permet pas de tenir compte de la séquestration souterraine, seulement celle hors sol est considérée (Pasher et al., 2014). Les équations allométriques permettent de quantifier la séquestration des arbres en tenant compte de plusieurs paramètres comme l'essence et le diamètre d'un arbre permettant une quantification beaucoup plus fine de la capacité de séquestration d'un peuplement (McPherson et al., 2016). En ce sens, la méthode retenue pour la quantification n'est pas la plus précise possible. À noter que les données d'inventaire pour les arbres urbains du domaine public de Montréal sont disponibles depuis janvier 2023. Ces données permettent l'utilisation d'équations allométriques. Elles sont cependant incomplètes, car la végétation du Sud-Ouest s'étend aussi au domaine privé. Ces données sont importantes à prendre en compte puisqu'à Montréal, 60 % des territoires pouvant accueillir de nouvelles plantations sont situés sur des terrains privés (Fondation David Suzuki, 2022). Ainsi, en utilisant des équations allométriques et en considérant la séquestration souterraine, les résultats obtenus pourraient être plus précis et augmenteraient aussi. En effet, la capacité de séquestration serait probablement plus grande.

Cependant, il est raisonnable de croire que malgré cela, la capacité de séquestration ne permettrait tout de même pas d'atteindre la neutralité par rapport aux émissions anthropiques de GES du Sud-Ouest en 2019.

De plus, la méthode de Pasher et al. (2014) demeure la plus à jour en Amérique du Nord lorsqu'il est question de quantifier la séquestration carbone selon l'indice de canopée. De ce fait, selon les données disponibles au moment de l'étude, il s'agissait de la méthode la plus appropriée. Elle permet d'obtenir une estimation suffisante pour les besoins de l'exercice d'inventaire.

Au-delà de la séquestration du carbone, la végétation urbaine comporte plusieurs bénéfices à prendre en compte dans le développement des infrastructures et la planification territoriale. Malgré qu'elle ne puisse pas compenser les émissions de GES d'origines anthropiques, ses avantages sont à considérer dans un exercice d'inventaire en vue de lutter contre les changements climatiques. Par exemple, selon Y. Wang & Akbari (2016), à Montréal, planter des arbres dans les endroits hautement achalandés en saison estivale et en journée permettrait de diminuer les effets des îlots de chaleur. Ces endroits incluent les aires commerciales ainsi que les quartiers industriels. Considérant le caractère industriel propre au Sud-Ouest, envisager la plantation d'arbres dans ces secteurs semble une piste cohérente notamment dans les quartiers Pointe Saint-Charles et Saint-Henri.

La présence d'arbres si l'essence est bien choisie et qu'ils sont orientés adéquatement peut aussi permettre de réduire significativement les dépenses énergétiques liées par exemple au chauffage et à la climatisation (Ko, 2013). De ce fait, les émissions de GES s'en trouvent réduites également.

En ce sens, utiliser la méthode de quantification de séquestration avec les équations allométriques devient intéressante, car elle permet d'utiliser les données concernant les essences d'arbres, leur diamètre hauteur poitrine (dhp), leur taux de croissance, etc. Ce portrait plus spécifique de l'inventaire forestier urbain permet de mieux sélectionner les essences par

exemple pour accroître la diversité biologique des espèces et favoriser la résilience climatique. Effectivement, de manière générale, elle permet de réduire l'intensité des vagues de chaleur, des sécheresses et des tempêtes. D'un point de vue plus spécifique, certaines essences peuvent être par exemple plus tolérantes au sel de déglacage ou encore moins allergènes et donc plus favorables au sein de quartiers densément peuplés (Fondation David Suzuki, 2022). La végétation en ville contribue aussi à une meilleure qualité de l'air et à la perméabilité du sol, permettant à l'eau de s'infiltrer et d'augmenter la résilience du territoire aux inondations et aux crues.

Un contre-exemple de cette application est celui de la plantation de multiples frênes dans la Ville, à un tel point que lorsque l'agrile du frêne, un insecte ravageur, a fait son apparition, une importante partie des arbres de Montréal ont dû être traités ou abattus. Afin de favoriser une forêt urbaine résiliente, il importe de choisir les essences en considérant leurs propriétés biologiques.

3.4 Sondage aux ménages

L'échantillon du questionnaire d'enquête présente des écarts par rapport à la population de l'Arrondissement. L'effectif de l'échantillon pour les quartiers représente sensiblement la population générale. Des constats considérant ces derniers seront donc émis afin d'explorer des pistes de travaux futurs et de mesures de réduction des émissions de GES.

Tableau 3.11 Analyse du profil des personnes répondantes du questionnaire d'enquête

Paramètres Degré de Représentativité	Quartier	Genre	Âge	Type d'habitation	Nombre de personnes par ménage	Locataire ou propriétaire	Revenu moyen
Sous représenté	H4E (Ville-Émard et Côte Saint-Paul)	Hommes	18 à 30 ans	Appartement et Condominium	1 personne	Locataire	Moins de 40000 Entre 40000 et 80000

Tableau 3.11 Analyse du profil des personnes répondantes du questionnaire d'enquête (suite)

Surreprésenté	H4C (St-Henri)	Femmes	31 à 54 ans 55 ans et +	Maison individuelle Maison jumelée	2 personnes 4 personnes et +	Propriétaire	Plus de 80000
Légende: (écart > 5 %, mais inférieur à 10 %) (écart de ± 10 %) (écart de ± 20 %)							
Note : Si l'option présente un écart < 5 %, elle est absente du tableau.							

L'utilisation d'un questionnaire d'enquête comme méthode de collecte de données comporte le biais de désirabilité sociale. Ce dernier peut influencer la façon dont les personnes répondent et donc biaiser les résultats. Selon ce biais, la personne répondante tentera de sélectionner ce qui semble le meilleur d'un point de vue sociétal et non selon sa réalité.

3.4.1 Aspects sociodémographiques

Quelques constats sur l'influence de caractéristiques sociodémographiques peuvent être émis à la suite de l'analyse des réponses au questionnaire d'enquête. De manière générale, le fait d'avoir un revenu différent, de posséder de bonnes connaissances des enjeux en transition écologique (TÉ) ou d'appartenir à un certain quartier ne semble pas exercer une influence significative sur les émissions de gaz à effet de serre résultantes. En ce sens, les émissions de GES des ménages de l'échantillon suivent la tendance générale suivante : plus il y a d'émetteurs (de ménages), plus les émissions sont élevées. Cela vient aussi soutenir les méthodes de mise à l'échelle proportionnelle à la population/aux activités du territoire lorsque les activités concernent les habitudes de consommation individuelles.

Neuf personnes sur dix (9/10) indiquent faire du recyclage toujours ou le plus souvent possible. Cette pratique est ancrée au sein de l'échantillon. Ce résultat peut être biaisé, mais pourrait être confirmé en faisant l'étude avec un échantillon représentatif. Cela renseigne tout de même sur

le fait que l'Arrondissement n'a pas besoin de consacrer de ressources supplémentaires pour promouvoir cette pratique.

Les personnes de plus de 55 ans émettent moins de GES que les 31 à 54 ans quand ils consomment de la nourriture. Cela peut s'expliquer par une consommation plus modeste d'aliments lors du vieillissement. Selon le recensement de 2016, la plus grande concentration de personnes de 65 ans et plus habite Ville-Émard (Ville de Montréal, 2018). Il pourrait donc être pertinent de diriger les efforts de mesures de réduction concernant la consommation alimentaire dans les autres quartiers.

Les secteurs d'émissions sur lesquelles la situation locataire ou propriétaire des personnes répondantes ont le plus d'influence sont le transport routier et l'énergie fixe (bâtiments résidentiels). Proportionnellement, les locataires émettent plus de gaz à effet de serre liés au transport routier que les propriétaires. En revanche, les propriétaires sont plus émetteurs que les locataires pour le secteur de l'énergie fixe. Ce dernier point s'explique par des logements de plus grande superficie, ce qui mène à une consommation d'énergie accrue (Whitmore & Pineau, 2021). Toujours selon le recensement de 2016, la plus grande concentration de ménages propriétaires et locataires est située dans les quartiers St-Henri, Petite-Bourgogne et Griffintown (Ville de Montréal, 2018). Ces quartiers pourraient être un bon point de départ pour les mesures de réduction d'émissions relatives aux bâtiments résidentiels. D'ailleurs, les quartiers de St-Henri, Ville-Émard et Pointe-Saint-Charles sont des quartiers dans lesquels une proportion importante des ménages doit consacrer plus de 30 % de leur revenu pour le logement (Ville de Montréal, 2018). Dans ce contexte, les personnes résidentes des quartiers de la Petite-Bourgogne et de Griffintown auraient possiblement une plus grande latitude pour intégrer des mesures de réduction plus dispendieuses dans leur mode de vie. Par exemple, pour s'acquitter d'un nouvel équipement de chauffage ou d'une taxe verte.

Du point de vue du transport routier, bien que les résultats du sondage indiquent des émissions plus élevées pour les locataires, cela fait contraste avec les résultats du recensement. Effectivement, les ménages locataires sont plus concentrés dans les quartiers Saint-Henri, Petite-Bourgogne et Pointe Saint-Charles, mais les ménages utilisant le plus leur voiture

comme conducteur pour les trajets domicile-travail sont ceux de Ville-Émard. Cependant, une bonne concentration de ménages de Saint-Henri et de Petite-Bourgogne utilise aussi leur voiture pour ces déplacements (Ville de Montréal, 2018). L'échantillon de ménage n'étant pas représentatif, il est impossible de conclure. En revanche, comme il a été présenté dans cette étude, les mesures incitatives au transport collectif dans le quartier de Ville-Émard, et ce malgré une population un peu plus âgée, peuvent engendrer une réduction des émissions de GES collectives.

Comme observé à la figure 3.13 Les quartiers de Griffintown, Saint-Henri et Ville-Émard ont des émissions d'énergie fixe plus élevées que les autres quartiers. Cela s'explique par la présence de mazout dans le profil énergétique de l'échantillon de ces quartiers. Renforçant ainsi l'idée d'effectuer une transition vers d'autres sources énergétiques pour alimenter les bâtiments. Il est important aussi de noter qu'un peu plus du tiers (1/3) des émissions du transport routier de Ville-Émard sont attribuables à la présence d'un véhicule lourd. De manière générale, comme expliqué dans la présente section, des distinctions existent d'un quartier à l'autre, ce qui permet de conclure de la pertinence de générer des résultats pour chacun d'entre eux. Effectivement, les habitudes de consommation énergétiques des acteurs d'un quartier varient d'un à l'autre, ce qui fait aussi varier les émissions de GES et ce au sein du même arrondissement.

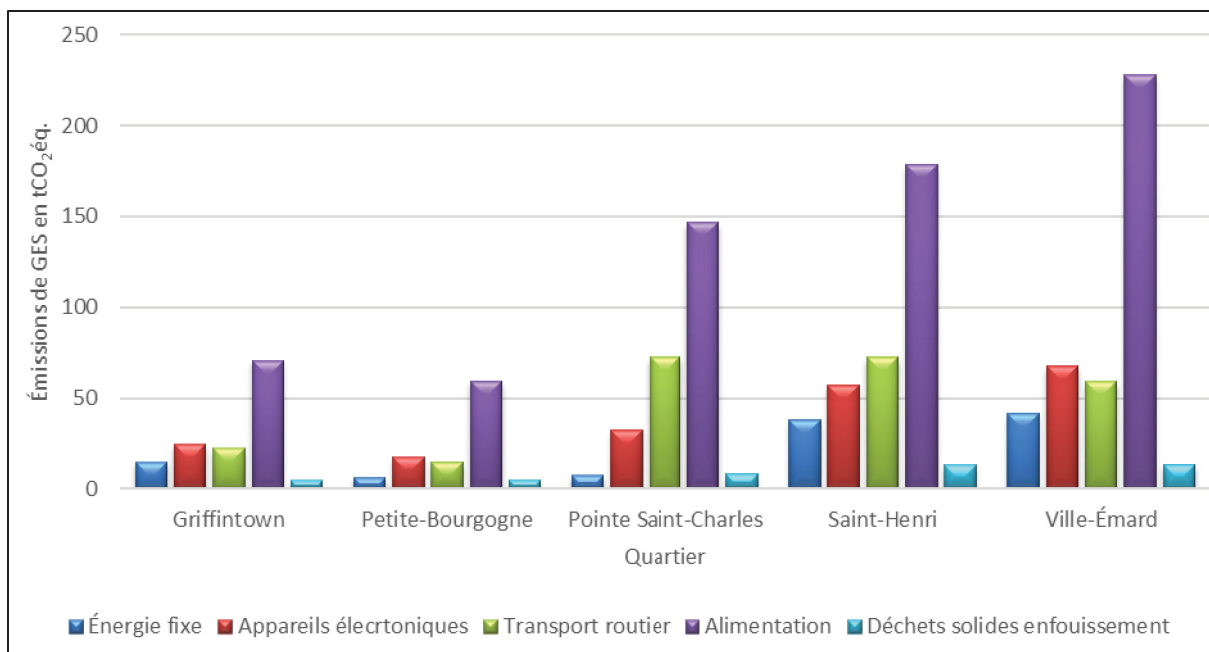


Figure 3.13 Répartition des émissions de GES en tCO₂éq. par quartier et par secteur des ménages sondés en 2022

3.4.2 Ménages et inventaire collectif

L'observation de la figure 3.14 indique que pour les secteurs comparables, les émissions de l'échantillon suivent le même ordre d'importance que celles de l'Arrondissement Le Sud-Ouest. Le transport routier est le plus grand émetteur, suivi du secteur des bâtiments résidentiels et finalement de celui des matières résiduelles.

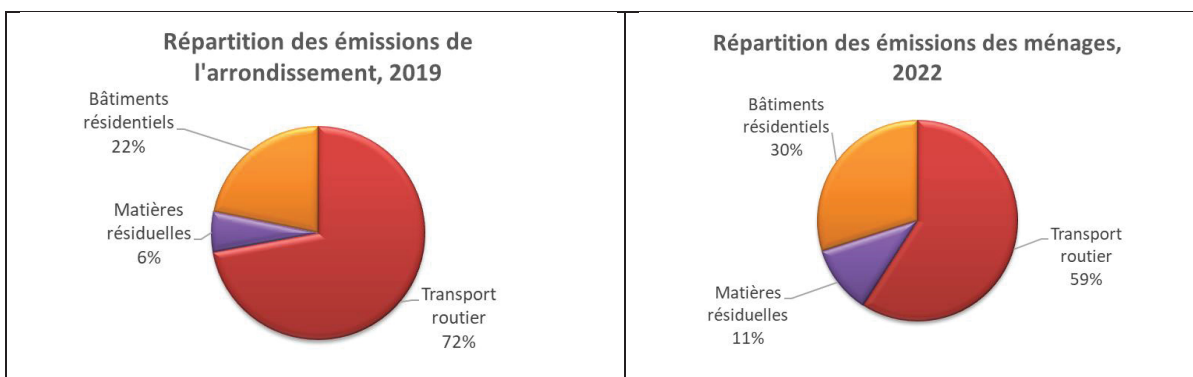


Figure 3.14 Répartition des émissions de GES en tCO₂éq. de 3 secteurs d'inventaire pour la collectivité en 2019 et l'échantillon du Sud-Ouest en 2022

Les différences observées à la figure 3.14 sont expliquées en partie par les interprétations suivantes. D'abord, le sous-secteur transport routier de l'inventaire collectif inclut tous les types de déplacements et de véhicules sur le territoire, dont les véhicules commerciaux, industriels et institutionnels. Du côté de l'échantillon, il s'agit seulement des véhicules domestiques. De plus, certaines hypothèses ont été utilisées (tout comme dans l'inventaire collectif de l'Arrondissement) pour classer les données selon les catégories de véhicules souhaitées. Par exemple, les véhicules en autopartage sont considérés comme des véhicules légers à essence de niveau 2 et les véhicules hybrides sont considérés comme des véhicules à essence. Ces hypothèses, bien que conservatrices, font augmenter l'incertitude des résultats obtenus. L'exercice reste quand même intéressant puisque les données obtenues de l'échantillon renseignent précisément sur l'année de fabrication et le modèle des véhicules. Ces informations permettent d'utiliser les facteurs d'émissions les plus appropriés pour chaque véhicule. Assurant ainsi une plus grande précision dans l'estimation des émissions.

Ensuite, les émissions des déchets solides et du traitement biologique des matières de l'échantillon sont calculées en incluant l'étape de collecte et de traitement des matières plutôt qu'en considérant seulement l'étape de décomposition des matières. Dans l'inventaire collectif, l'étape de collecte des matières est incluse dans le transport routier. De plus, le questionnaire proposait une quantité de déchets trop élevée (74 L pour un sac de déchets), le résultat obtenu est probablement surestimé.

D'autres limites sont aussi à prendre en compte dans la quantification de ce secteur auprès des ménages. Effectivement, les quantités de matières générées sont estimées seulement pour les matières organiques et les déchets ultimes comme il est présumé que les matières recyclables émettent peu de gaz à effet de serre lors de leur décomposition (verre, plastique, métaux, carton). Cependant, leur transport, ainsi que les processus de recyclage sont des émetteurs et ne sont pas pris en considération. Dans l'inventaire collectif, ces processus sont inclus dans les secteurs des bâtiments et du transport routier. Aussi, les répondants du questionnaire devaient sélectionner la quantité de matières résiduelles générées à l'intérieur d'intervalles prédéfinis.

Ainsi, la valeur centrale de chaque intervalle a été conservée pour les calculs. En ce sens, les quantités de matières générées par ménage sont des quantités moyennes générées. De ce fait, les résultats d'émissions perdent en précision.

Enfin, les données exactes de consommation d'électricité et de gaz naturel étaient disponibles pour les bâtiments résidentiels de l'Arrondissement, alors que pour l'échantillon les quantités d'énergie consommée par an pour chaque ménage sont approximatives en fonction d'une taille moyenne de logement. Ces données sont des moyennes québécoises. En ce sens, les résultats ne représentent pas les quantités réelles d'énergie utilisée par chaque ménage. Les quantités d'énergie moyennes utilisées pour la quantification datent de 2011, ce qui ne représente pas nécessairement les quantités réelles d'énergie consommée pour 2022. Cependant, les données de consommation d'énergie par ménage issues de Statistiques Canada pour la province de Québec présentent une faible variation entre 2011 et 2019. En effet, elle était de 72,4 GJ en 2011 et de 70,3 GJ en 2019 (Gouvernement du Canada, 2016). D'ailleurs le questionnaire d'enquête induisait lui-même des sources d'erreur. Précisément, la question sur le type de logement, sa grandeur et le nombre de pièces ne permettait pas d'obtenir les dimensions et les particularités (par exemple la présence d'une piscine ou d'un garage) de la résidence du ménage.

3.4.3 Aspect consommation

L'observation de la figure 3.15 renseigne sur le 1^{er} poste d'émissions en importance des ménages de l'échantillon. Il s'agit dans ce cas de l'alimentation. Cependant, pour les ménages de la province de Québec, le 1^{er} poste d'émissions en importance en 2018 était la combustion directe associée aux bâtiments et aux déplacements, le second est l'alimentation (Institut de la statistique du Québec, 2022). Même si l'énergie stationnaire et le transport (31 %) sont combinés pour les résultats de l'échantillon, le secteur de l'alimentation (48 %) reste le premier en importance. Du côté de la Ville de Montréal, en 2017, les véhicules personnels sont le plus grand contributeur aux émissions de GES, suivis en deuxième position par les aliments et boissons, la combustion domestique arrive au troisième rang (Boutin & Tacquet, 2018). En ce

sens, il est à noter que les secteurs du transport et du bâtiment pour l'étude aux ménages sont quantifiés selon une approche d'émissions directes, de leur côté, les secteurs de l'alimentation, des matières résiduelles et des appareils électroniques sont quantifiés selon une approche d'émissions indirectes. En ce sens, il est normal de noter des écarts par rapport aux études selon l'approche de consommation de Montréal et de Québec.

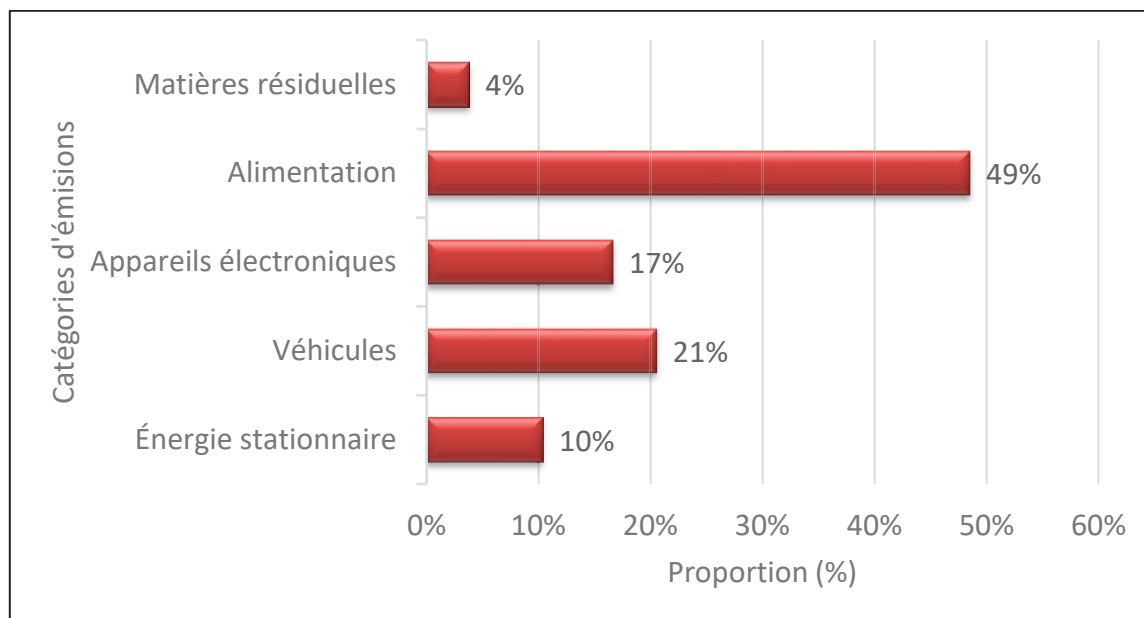


Figure 3.15 Répartition des émissions de GES en tCO₂éq. par secteur pour les ménages de l'échantillon sondé au Sud-Ouest, 2022

Quelques limites liées à la quantification du secteur du transport pour l'échantillon pourraient mener à une sous-estimation des résultats. Les quantités de carburant moyennes au 100 km pour chaque type de véhicules proviennent d'une étude réalisée par le gouvernement de la Colombie-Britannique (ICLEI Canada, s.d.). Bien que ces valeurs soient fiables et suggérées par le programme PPC pour les inventaires d'émissions de gaz à effet de serre des villes et municipalités canadiennes, elles proviennent d'un contexte externe au territoire du Sud-Ouest. Le calcul des émissions est basé sur le kilométrage quotidien indiqué par les répondants qui est ensuite multiplié par 365 pour obtenir un résultat annuel. Certains ont indiqué parcourir 0 km quotidien, même s'ils possèdent une voiture. Il est raisonnable d'estimer qu'une partie des émissions dans ce contexte n'ait pas été prise en compte, car ces personnes ne parcourent

probablement pas 0 km annuellement. De plus, les répondants peuvent avoir estimé à la hausse ou à la baisse leur kilométrage quotidien.

Une autre limite du questionnaire est qu'il n'était pas possible pour la personne répondante d'inscrire plus qu'une voiture du même type de carburant/source énergétique, par exemple, deux voitures à essences ou électriques. Cependant, la personne pouvait mentionner posséder une voiture à essence et une voiture électrique (donc deux voitures munies de deux types de carburants/sources énergétiques différentes).

L'écart par rapport à l'étude de l'Institut de la statistique du Québec (2022) pourrait aussi provenir du fait que le secteur de combustion de cette étude inclut les émissions liées aux énergies fossiles produites et utilisées pour la fabrication de biens et la dispense de services aux ménages québécois. Ce qui inclut de facto des activités industrielles et commerciales à l'intérieur et à l'extérieur de la province.

De plus, le secteur de l'alimentation du Sud-Ouest inclut seulement les aliments protéinés et non tous les types d'aliments et boissons. Le résultat obtenu pourrait être encore plus élevé pour les ménages si tous les aliments étaient considérés. L'étude des aliments protéinés demeure intéressante puisqu'il s'agit de la catégorie la plus importante, un peu plus d'un cinquième, du secteur de l'alimentation de la Ville de Montréal (Boutin & Tacquet, 2018).

En plus des aspects présentés précédemment, les constats tirés des comparaisons entre les inventaires des différentes instances gouvernementales doivent être étudiés avec prudence. Effectivement, les méthodes de quantification diffèrent. Comme mentionné en section 1.5.2, il subsiste un défi de comparaison entre les inventaires de différents territoires puisque les standards de quantification sont en constante évolution et qu'il y a autant de modèles d'inventaire qu'il y a de villes/municipalités (Bader & Bleischwitz, 2009 ; G. Chen et al., 2019).

La figure 3.16 permet de visualiser l'impact de la consommation de différents appareils électroniques du quotidien sur les émissions de GES. Ainsi, les télévisions ont le plus grand

impact. L'écart entre les émissions pour chaque appareil peut être lié à leur masse et à la quantité de ressources stratégiques (métaux rares et semiconducteurs) qu'ils contiennent (Teehan & Kandlikar, 2013). Il demeure intéressant de présenter ce sous-secteur issu des données recueillies auprès des ménages. En effet, il n'est pas inclus dans l'inventaire collectif de l'Arrondissement, ces résultats permettent la prise en compte d'émissions indirectes liées aux habitudes de consommation des citoyens.

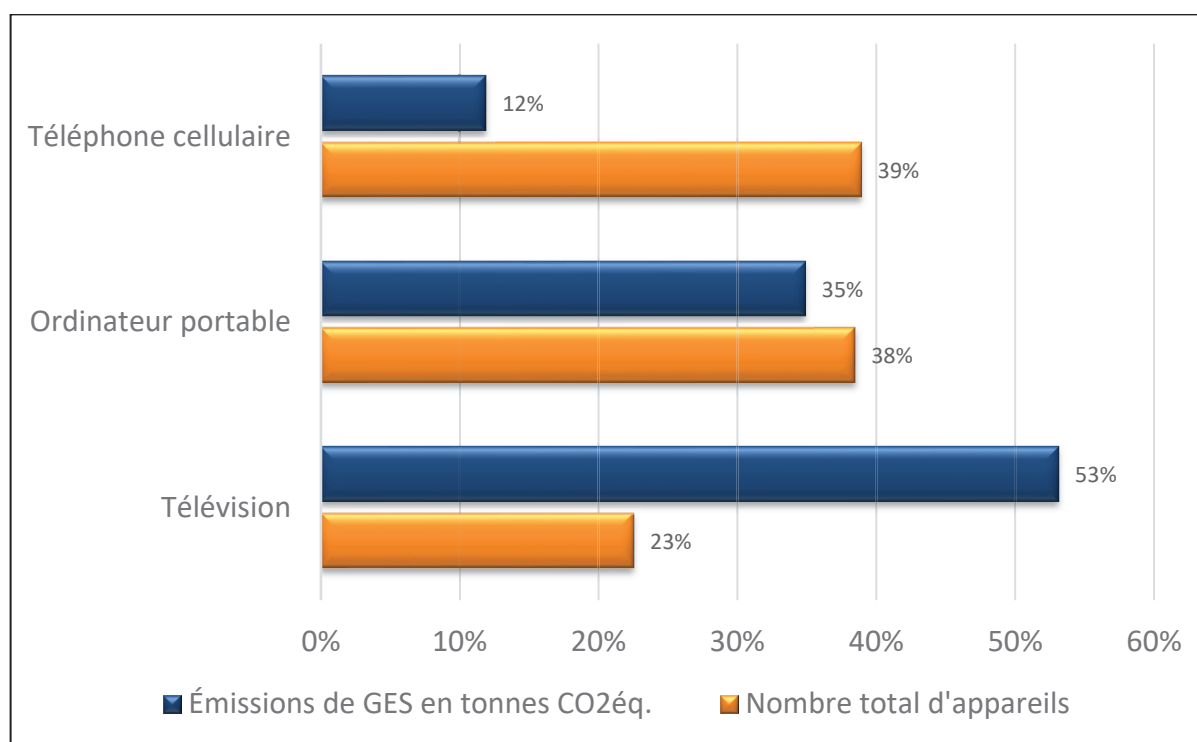


Figure 3.16 Répartition des émissions de GES en tCO₂eq. et de la quantité d'appareils appartenant aux ménages de l'échantillon du Sud-Ouest, 2019

Les résultats présentent cependant des incertitudes. En effet, les personnes répondantes pourraient avoir sous ou sur évalué les objets électroniques qu'elles possèdent. De plus, seulement trois types d'appareils ont été retenus pour cette étude : les ordinateurs portables, les télévisions et les téléphones cellulaires. Aussi, les informations concernant l'année de fabrication des appareils sont inconnues (n'ont pas été demandées dans le questionnaire). Les facteurs d'émissions sont tirés de la base de données Ecoinvent et d'une étude d'ACV sur les

téléphones cellulaires et bien qu'ils tiennent compte du cycle de vie des appareils, ils ne sont pas, dans tous les cas, directement liés au contexte du territoire québécois/canadien.

En regard du secteur de l'alimentation, un premier constat intéressant est que seulement 12 kg de protéines sont consommés environ par personne par an pour l'échantillon, alors qu'au Canada la moyenne est de 67,74 kg de protéines par personne par an. Cette valeur fait passer les émissions de CO₂ éq. de l'inventaire collectif pour le secteur des eaux usées de 8065 à 1462 tonnes pour l'année. Toutefois, il faut rappeler le caractère non représentatif de l'échantillon des ménages du Sud-Ouest et la différence de méthodologie pour quantifier la moyenne de consommation de protéines par jour par personne entre la moyenne canadienne et l'échantillon. De plus, pour les hommes et femmes adultes, il est recommandé de consommer respectivement 20,44 kg et 16,79 kg de protéines par année. La donnée du Sud-Ouest est donc inférieure aux recommandations nutritionnelles canadiennes (Santé Canada, 2023). Ces résultats permettent quand même de souligner que le portrait alimentaire du Sud-Ouest est probablement différent de celui de la moyenne canadienne. En ce sens, une étude à l'aide d'un échantillon représentatif permettrait de relever des mesures d'actions pertinentes pour l'Arrondissement en ce qui concerne la consommation alimentaire des citoyens.

Un second constat visible à figure 3.17 est la présence majoritaire de protéines issues d'une alimentation végétarienne au sein de l'échantillon. Cela pourrait en partie s'expliquer par l'offre diversifiée et accessible d'aliments de sources végétales présents dans les commerces urbains. Ces résultats pourraient aussi avoir été influencés par le profil des répondants. Comme il s'agissait de volontaires, le questionnaire a peut-être été rempli par des personnes déjà habituées à s'alimenter de sorte à réduire leur impact environnemental. Par ailleurs, 53 % des personnes répondantes ont indiqué avoir des connaissances élevées ou très élevées concernant le thème de la transition écologique.

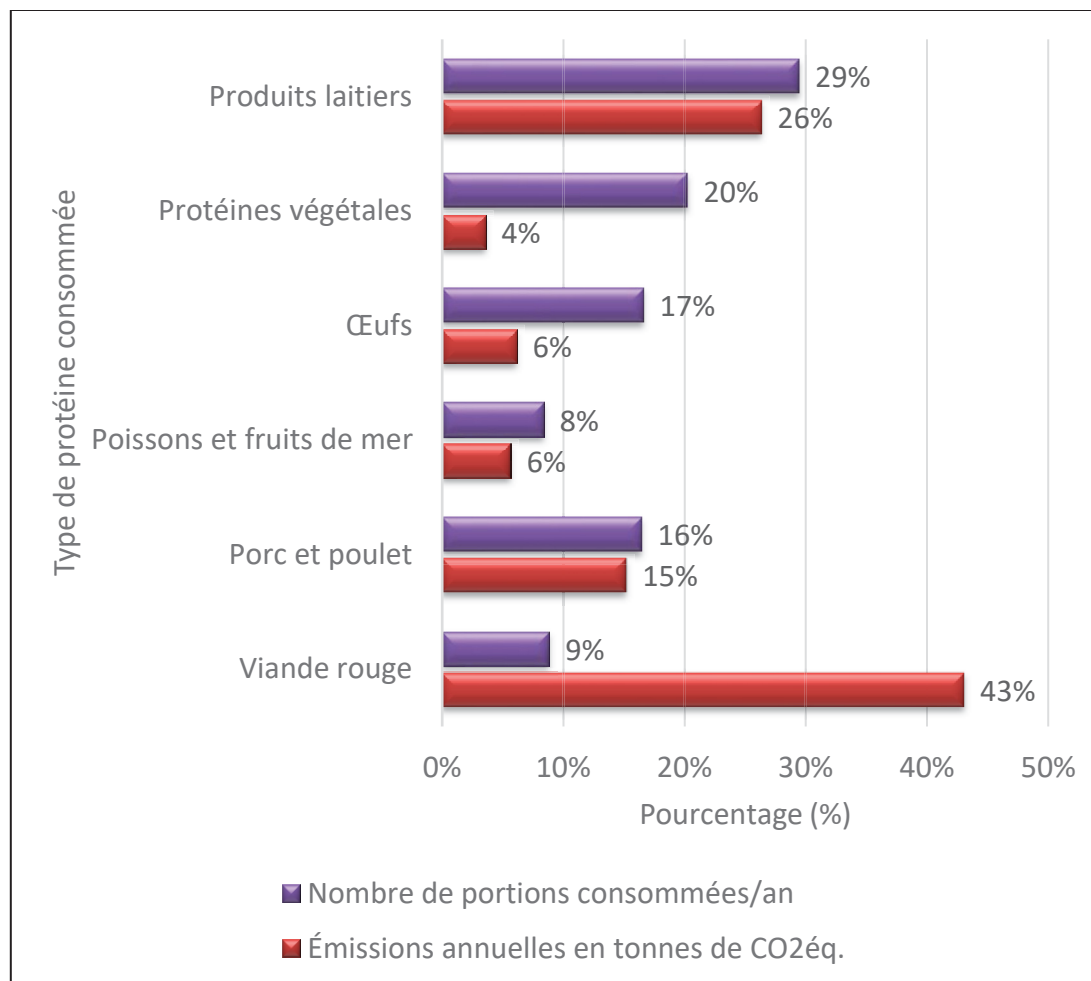


Figure 3.17 Répartition en pourcentage des portions consommées et des tonnes d'équivalent CO₂ émises selon le type de protéines consommées par l'échantillon des ménages du Sud-Ouest en 2019

Les personnes répondantes pourraient avoir sous ou sur évalué le nombre de repas qu'elles consomment contenant les protéines incluses dans le questionnaire. De plus, la quantité d'une portion peut varier d'un individu à un autre. Les résultats présentent des incertitudes en raison de ces limites du questionnaire d'enquête.

Malgré les limites méthodologiques, inclure les secteurs de l'électronique et de l'alimentation au sein de l'inventaire permet de prendre en considération des émissions indirectes au territoire de l'Arrondissement, mais engendrées par les habitudes de consommation des citoyens de celui-ci. Comme cela a été mentionné en section 1.2, les municipalités et villes ont un grand

pouvoir d'action concernant ces dernières. Elles sont dépendantes du milieu externe pour s'approvisionner, mais sont le foyer de la majorité des activités émettrices (S. Chen et al., 2020 ; Ghaemi & Smith, 2020 ; Mirabella & Allacker, 2021). À l'heure actuelle, peu de municipalités font l'exercice de comptabilisation du volet consommation de leur territoire faute de lignes directrices (Santovito et al., 2015). La méthodologie développée pour cette section de l'étude est un exemple de ce qui peut être appliqué pour comptabiliser les émissions de champ 3 issues de la consommation d'un quartier. Au chapitre 4, il sera question de pistes d'action qu'un arrondissement peut prendre concernant les émissions directes, mais aussi indirectes de GES.

Il est à noter que le questionnaire aurait pu inclure de plus amples aspects de consommation des ménages. Cependant, la durée de complétion devait rester accessible pour les personnes répondantes et donc des priorités ont été établies. Des thèmes comme le recyclage, l'agriculture urbaine, l'utilisation des écocentres, les résidus et déchets de construction, le compostage domestique et le verdissement auraient pu être abordés.

3.5 Mise à l'échelle de l'inventaire de la Ville de Montréal

Pour l'année 2019, le total des émissions de l'inventaire réel du Sud-Ouest s'élève à 517 988 tCO₂éq. Pour la même année, celui mis à l'échelle de l'inventaire de l'agglomération totalise 497 120 tCO₂éq. L'écart entre les deux résultats est très faible considérant les incertitudes liées aux estimations de l'exercice d'inventaire. Cependant, la figure 3.18 permet d'observer des différences entre les secteurs d'émissions mis à l'échelle et ceux quantifiés réellement. Ces résultats permettent de mettre de l'avant la pertinence pour un petit territoire de quantifier ses activités au regard des caractéristiques qui lui sont propres. En faisant toujours preuve de prudence considérant les différences méthodologiques entre les inventaires (défi de comparaison section 1.5.2), ainsi que les limites choisies pour l'étude (défi de frontières, section 1.5.1).

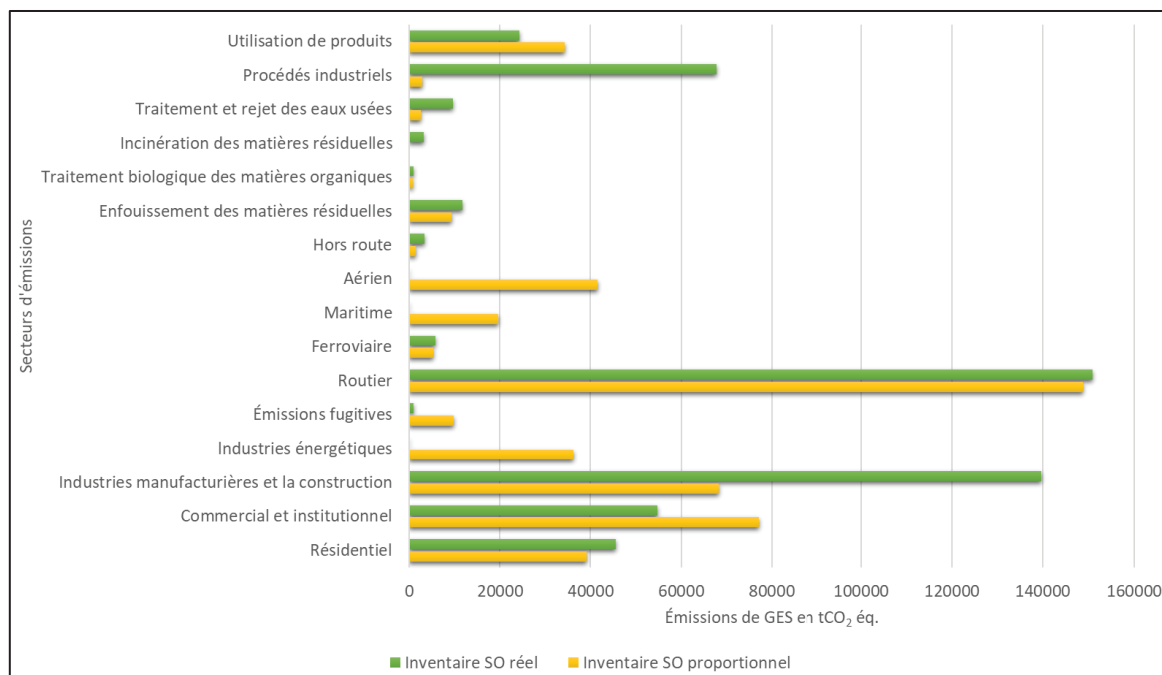


Figure 3.18 Répartition des émissions de GES en tCO₂ éq. par secteur de l'inventaire du Sud-Ouest mis à l'échelle de celui de l'agglomération de Montréal et de l'inventaire réel du Sud-Ouest en 2019

La figure 3.18 permet donc de mentionner à nouveau la présence des émissions issues du secteur industriel au Sud-Ouest. Elle permet aussi de se demander dans quelle mesure l'inventaire d'un arrondissement comme le Sud-Ouest devrait inclure des émissions de champ 3 liées au transport aérien et au transport de marchandises par voie maritime. Somme toute, l'instance gouvernementale du Sud-Ouest n'a pas de contrôle direct sur les voyages aériens ou sur les navires commerciaux, mais peut sensibiliser sa population et réguler/inciter les citoyens à adopter des comportements et habitudes sobres en carbone. Cela est aussi intrinsèquement lié à l'aménagement du territoire, sur lequel les arrondissements ont un grand pouvoir décisionnel.

En définitive, plusieurs secteurs sont comparables pour les deux inventaires. Cela s'explique par la présence de l'usage de méthodes de mise à l'échelle pour une partie des secteurs de l'inventaire de cette étude.

CHAPITRE 4

RECOMMANDATIONS ET TRAVAUX FUTURS

4.1 Recommandations et pistes d’actions

Au-delà des suggestions déjà présentées tout au long de ce mémoire, d’autres mesures de réduction d’émissions pourraient être mises en place par l’Arrondissement. Elles seront présentées et expliquées dans la section 4.1. Les explications permettent de faire ressortir les avantages, les défis et la pertinence de l’action pour l’Arrondissement.

4.1.1 Rénovations et efficacité énergétique des bâtiments

Afin de viser l’utilisation de sources d’énergie renouvelable et d’augmenter l’efficacité énergétique des bâtiments, il serait intéressant de promouvoir auprès des citoyens les subventions offertes par les instances de gouvernement fédéral, provincial et municipal (Ville de Montréal). Une liste des subventions pourrait être rendue disponible pour les acteurs concernés. Des subventions additionnelles provenant de l’Arrondissement pourraient être offertes pour des travaux d’isolation, d’étanchéité, de remplacement de portes et fenêtres et de remplacement de systèmes mécaniques (Ministère de l’Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, 2024b). Concernant le volet rénovation, il est important de rester à l’affût de l’aspect cycle de vie pour éviter le déplacement d’impact.

L’Arrondissement peut aussi réglementer les nouvelles constructions sur son territoire, en interdisant certaines sources d’énergie non renouvelables ou certains matériaux. Il peut par exemple, réglementer concernant les toitures végétales ou blanches, le nombre de cases de stationnement permises par édifice, la quantité de végétation requise sur le terrain, etc. Le secteur de l’urbanisme a aussi une influence sur le zonage qui peut par exemple influencer la mixité des usages dans les quartiers.

Le gouvernement de proximité peut aussi sensibiliser ses citoyens à réduire leur consommation d'énergie. La consommation d'énergie par habitant au Québec est plus importante que celles des États-Unis et que celles d'autres pays nordiques comme la Norvège et la Suède. Le chauffage est le procédé le plus énergivore, et ce dans tous les types de bâtiments. Les mesures de réduction d'émissions mises de l'avant dans les prochaines années devraient considérer la hausse des températures normales de saison faisant varier les besoins en chauffage et climatisation (Whitmore & Pineau, 2021). Pour appuyer la nécessité de sensibiliser les usagers des bâtiments, il est à noter que dans les bâtiments non résidentiels, trois facteurs principaux de consommation d'énergie sont identifiés : le design du bâtiment (travaux d'architecture), le système et les procédés liés à l'énergie du bâtiment (appareils, matériaux, technologie utilisée, etc.) et le comportement des occupants du bâtiment. Ce à quoi peut s'ajouter un 4^{ème} facteur, c'est-à-dire un procédé ou une activité particulièrement énergivore dans le bâtiment, par exemple, une piscine, un centre de données, etc. En comparaison à un bâtiment optimisé, un bâtiment sujet à une piètre conception de base, de piètres équipements énergétiques et de piètres occupants pourrait consommer 10 fois plus d'énergie (Baker & Steemers, 2000). Les occupants des bâtiments ont donc leur rôle à jouer dans la réduction des émissions de GES.

En vue de réaliser un bâtiment optimisé, les ingénieurs doivent nécessairement travailler de pair avec les architectes. Souvent, ces professionnels travaillent en silo et l'efficacité énergétique n'est plus une priorité, car l'ingénieur se charge de s'assurer que les flux énergétiques et aqueux s'agenceront avec les plans architecturaux. Cela ne permet pas toujours d'optimiser l'efficacité énergétique du bâtiment (Baker & Steemers, 2000). Au Sud-Ouest, l'équipe d'ingénierie à l'interne sont des chargés de projets responsables des travaux de rénovations pour plusieurs bâtiments. Ces acteurs peuvent devenir des courroies de transmission lors de projet de rénovation pour permettre une bonne coordination entre les différentes équipes de sous-traitants embauchées pour les travaux.

Au Sud-Ouest, la présence de plusieurs piscines municipales présente des défis énergétiques.

En ce sens, les pompes thermiques de bonne taille semblent être un équipement compatible avec le climat hivernal québécois. Ces pompes devraient aussi être ajustées aux besoins réels de circulation d'énergie, en tenant compte du maintien de la qualité de l'eau. Il peut être intéressant de récupérer l'énergie des eaux grises ainsi que l'énergie présente dans l'air du complexe aquatique sous forme d'humidité et de chaleur (Kampel, Aas, & Bruland, 2014). Comme pour tout autre bâtiment, une bonne isolation est aussi de mise, pour la piscine comme telle, mais aussi pour les portes, fenêtres et ouvertures de ventilation. Dans l'optique de prévenir le plus d'évaporation et d'optimiser la température de l'eau, couvrir la piscine avec une toile est une bonne pratique. Dans le même ordre d'idées, le contrôle du taux d'humidité dans l'air et de la ventilation permettront d'optimiser les dépenses énergétiques (Rojas & Grove-Smith, 2018). Comme identifié par Baker & Steemers (2000), le comportement des occupants est aussi important. En ce sens, les employés responsables pourraient être éduqués aux bonnes pratiques d'efficacité énergétique afin d'assurer leur maintien et ainsi diminuer la consommation d'énergie.

Bien qu'il s'agisse à l'heure actuelle d'une option coûteuse (Whitmore & Pineau, 2021), la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau au lieu du gaz naturel et du charbon pour notamment l'industrie du verre serait une option intéressante au Sud-Ouest.

Toujours pour le domaine industriel, l'emploi de la cloacothermie pourrait être envisagé. Ce système nécessite un étang aéré qui peut être présent dans les complexes industriels munis de systèmes de traitement des eaux usées. Il permet de récupérer la chaleur provenant des eaux usées afin de l'utiliser dans un ou des bâtiments à proximité (Chartier, 2024).

4.1.2 Véhicules lourds et le transport urbain

Le secteur des transports est inefficace énergétiquement parlant. Les pertes énergétiques liées au transport et à l'utilisation des produits pétroliers représentent un gaspillage économique. En effet, les pertes représentent environ 50 %, c'est donc dire que la moitié de chaque dollar investi dans cette source énergétique est perdue (Whitmore & Pineau, 2021). En plus de

contribuer à la réduction d'émissions de GES, optimiser les flux énergétiques du secteur des transports suppose un gain économique pour la collectivité. Les arrondissements peuvent encourager leurs citoyens en ce sens.

La réduction à la source des émissions du secteur du transport routier se fait par d'une part la diminution des véhicules en circulation et des kilomètres (km) parcourus et d'autre part par la correspondance des véhicules et des besoins. Il s'agit à ce stade d'identifier le besoin de déplacement et d'y répondre avec efficacité. Par exemple, les opérations de déneigement nécessitent un véhicule lourd. Conduire son enfant à la garderie ne nécessite pas un véhicule lourd. Cette section présente quelques pistes d'action pour tendre vers de moindres émissions.

Afin de maintenir certains services à la collectivité comme la collecte des matières résiduelles et le déneigement, l'utilisation des véhicules lourds demeure, pour le moment, une nécessité. Le recours à l'électrification est une avenue intéressante, pour faciliter cette transition, le modèle d'affaire *Équipement en tant que service* serait à explorer. Ce modèle permet de maintenir une relation avec les manufacturiers de véhicules qui vendent leur produit au kilométrage parcouru par exemple au lieu de le vendre à l'unité. En opposition au modèle traditionnel, le manufacturier a avantage à produire des unités durables et de qualité (Roger, 2023). À ce jour deux entreprises connues en Amérique du Nord offrent ce service 7GEN et WattEV (7GEN, 2024 ; ACTNews, 2022). 7GEN est d'ailleurs implantée au Québec (McKenna, 2023). Ces véhicules pourraient aussi être considérés pour les services postaux et de livraison à domicile. Des partenariats avec les organisations offrant ces services pourraient être entrepris. Les véhicules lourds peuvent aussi être munis d'un dispositif qui coupe le moteur lorsqu'ils sont à l'arrêt. Les biocarburants peuvent aussi être envisagés.

Concernant les véhicules et camions légers de l'Arrondissement, les électrifier et les mutualiser comme prévu par le Service du matériel roulant (SRM) de la Ville de Montréal semble une mesure indiquée (Service du greffe, 2019). Cette transition devrait être faite lorsque les véhicules actuels arrivent à leur fin de vie. Des formations sur les mesures d'écoconduites

pourraient être offertes aux employés. Éventuellement, ces formations pourraient aussi être présentées aux citoyens.

En lien avec la littérature et donc les mesures présentées au tableau 1.1, aménager des zones à faibles émissions au sein de l'Arrondissement et instaurer une tarification plus dispendieuse pour les véhicules alimentés aux énergies fossiles permettraient aussi la réduction des émissions directes du territoire.

En matière de transport actif, deux mesures ont été identifiées par les répondants du questionnaire d'enquête comme prioritaires. 56,28 % d'entre eux aimeraient bénéficier d'infrastructures (pistes cyclables, éclairage, trottoirs, etc.) plus sécuritaires lors des déplacements. Puis, 45,02 % des personnes répondantes aimeraient bénéficier d'espaces sécurisés pour ranger leur équipement une fois arrivées à destination. Parmi les répondants ayant un intérêt pour ces mesures, elles sont les plus populaires pour les gens des quartiers Ville-Émard, St-Henri et Pointe Saint-Charles.

Bien que l'Arrondissement ne puisse pas directement influencer les services de la STM, aménager le territoire de façon à favoriser le transport collectif est une avenue intéressante. C'est ce que soutiennent les résultats de cette étude ainsi que les travaux de Aliakbari Sani et al. (2022) et de Winter et al. (2022). La trajectoire souhaitée est une augmentation du transport en commun dans l'Arrondissement pour réduire la consommation d'énergie prioritairement à l'électrification des véhicules.

4.1.3 Tri, collecte et éducation

Le secteur des matières résiduelles n'est pas un point chaud en ce qui concerne les émissions de GES de l'Arrondissement, toutefois, miser sur une gestion efficiente des matières résiduelles permet d'avoir des effets sur la consommation en amont.

Après avoir constaté les résultats des émissions liés aux appareils électroniques, il paraît évident qu'une saine gestion en fin de vie est une mesure de réduction globale. Ainsi, assurer la collecte et le recyclage des matériaux de ces appareils permet d'éviter l'extraction de nouvelles matières premières. Cet enjeu deviendra encore plus important en regard des batteries de véhicules électriques. En ce sens, de la sensibilisation auprès des citoyens ainsi que l'étude des possibilités pour les installations de recyclage sur le territoire peuvent être faites.

D'un point de vue logistique, comme il est suggéré dans le PALTÉ, la collecte du recyclage et des matières organiques devrait être offerte pour un maximum de citoyens, commerces, institutions et industries du territoire (Arrondissement Le Sud-Ouest, s.d.). Le tableau 1.3 rappelle aussi la possibilité de tarifier les déchets ultimes selon un système d'utilisateur-payeur. Il est aussi possible de limiter le volume de déchets acceptés par unité (logement, commerce, entreprise, etc.) par collecte. Les fréquences des collectes peuvent aussi être modifiées (Winter et al., 2022). De plus, des subventions peuvent être offertes pour certains produits comme les couches lavables et les produits d'hygiène féminine. Afin d'encourager l'utilisation de ces produits, des séances d'information peuvent être offertes.

Les personnes répondantes au sondage ont aussi mentionné deux freins à leur participation à la collecte des matières qui mérite une réflexion. D'abord, la manutention des bacs par les personnes employées peut endommager les bacs, il pourrait être intéressant que la collectivité connaisse la procédure pour se procurer de nouveaux bacs en cas d'incidents de ce type. Ensuite, le tri n'est pas encore acquis, des efforts de sensibilisation doivent être poursuivis en ce sens.

4.1.4 Consommation et approvisionnement responsable

Dans le but d'encourager une consommation à faible empreinte carbone et ainsi de réduire les émissions indirectes de l'Arrondissement, encourager l'économie de partage et de

fonctionnalité sur le territoire devient très intéressant. Financer l'abonnement de la communauté à des applications comme le Partage Club™ est un moyen pour y arriver.

D'un point de vue alimentaire, favoriser les initiatives d'agriculture urbaine en optimisant la réglementation et le zonage pour les accueillir permet de réduire les freins à leur implantation.

La Ville de Montréal en 2019 avait mentionné son intention d'« inciter l'ensemble des arrondissements et des villes liées à se doter de politiques locales d'approvisionnement responsable, qui incluent des cibles précises en matière de réduction des émissions de GES. » (Service du greffe, 2019) Le Sud-Ouest s'est doté d'une politique d'achat responsable en avril 2022 (Le Sud-Ouest, s.d. ; Ville de Montréal, 2024b). La dernière étape afin de tendre vers la réduction des émissions serait de réglementer certains points de la politique au Sud-Ouest, pour s'assurer de concrétiser les actions développées. Il manque aussi des cibles précises en matière de réduction d'émissions dans la présente politique (Le Sud-Ouest, s.d.).

4.1.5 Végétation

Afin de maximiser les bénéfices des arbres au Sud-Ouest, il pourrait être intéressant d'utiliser un modèle permettant de planifier leur aménagement. Un modèle comme celui présenté dans les travaux de Brommer (2015) permet de déterminer les lieux et le nombre d'arbres pouvant être plantés en regard des contraintes actuelles du territoire.

4.2 Constats et conclusions sur la quantification à petite échelle

Les données spécifiques de consommation d'énergie sont la façon la plus efficace d'obtenir des résultats justes pour un inventaire. Sur ce point, il est intéressant pour les instances municipales de réaliser leurs exercices d'inventaire à l'interne considérant la facilité d'accès à une majorité de données nécessaires. Parfois, faute de données précises sur les réalités du quartier, l'exercice de quantification revient à mettre à l'échelle les données d'un territoire plus large. En ce sens, les mêmes méthodologies que celles d'une instance plus élevée (ville,

province, pays) peuvent être employées. Le processus d'inventaire est itératif, cela permet d'assurer un suivi des fluctuations d'émissions au fil du temps. Les méthodes de quantification peuvent aussi être revues pour représenter encore plus adéquatement la réalité du milieu.

Comme observé à la section 3.4, il est important de travailler pour obtenir le plus de données pertinentes possibles en ce qui a trait à la qualité, à la quantité et à la précision. Effectivement, mieux connaître le territoire permettra d'adapter les mesures de réduction à des besoins réels plutôt qu'hypothétiques.

En dépit de toutes les données locales collectées pour cette étude, les défis de comparaison et d'échelle présentés aux sections 1.5.2 et 1.5.5 demeurent. Afin de réduire les lacunes occasionnées par ces défis dans la présente étude, la section 4.3 présente des options pour de futurs travaux de recherche.

4.3 Futurs travaux de recherche

Les travaux de cette étude ont permis de rendre compte de l'importance d'adapter les méthodologies de quantification des émissions de GES à des échelles plus locales. Cela, dans le but d'avoir une meilleure connaissance des réalités du territoire et des habitants qui l'occupent, et donc de permettre aux gouvernements de proximité, comme les arrondissements, d'instaurer des mesures de réduction des émissions en correspondance avec ces réalités. Les travaux de recherche doivent tout de même être poursuivis en ce sens. Des pistes d'améliorations pour les prochaines études sont présentées dans cette section.

En ce qui a trait aux méthodes d'inventaire, la quantification du transport à l'échelle locale doit faire l'objet de plus amples recherches. En effet, il y a un manque dans les données connues et disponibles pour pouvoir quantifier adéquatement les émissions relevant des déplacements urbains. Le secteur de la construction pourrait aussi être quantifié plus précisément à l'aide de données d'activités locales. La quantification des charges organiques des eaux usées pourrait être précisée. La quantification des émissions qui proviennent des égouts pourrait être réalisée.

L'inventaire de consommation de la Ville de Montréal pourrait aussi être étudié afin de générer des constats et des liens avec les résultats du Sud-Ouest. Éventuellement, dresser un inventaire complet issu de la consommation pour Le Sud-Ouest permettrait d'incorporer les émissions intrinsèques du territoire et d'opter pour des mesures de réduction cohérentes.

La présente méthodologie pour l'Arrondissement gagnerait à être améliorée afin d'ajouter des secteurs d'inventaire et de préciser les résultats. Toutefois, la méthodologie utilisée doit permettre un suivi d'année en année, il faut s'assurer que l'année dix (10) soit comparable à l'année zéro (0). Cette harmonisation entre les inventaires annuels permet de vérifier si les objectifs de réduction sont atteints et si la mise en place de mesures de réduction y a contribué. Ainsi, il est important de trouver l'équilibre entre un outil efficient et pertinent et la possibilité de faire un bon suivi des mesures concrètes ayant été déployées par l'Arrondissement.

Actuellement, il n'existe pas de lignes directrices pour la comptabilisation d'émissions du champ 3, il serait intéressant pour les quartiers d'en bénéficier.

À souligner aussi, la pertinence de construire un portrait d'émissions géoréférencées, c'est-à-dire, la possibilité de connaître les endroits exacts où ont lieu les émissions et à quel moment. Cette connaissance des phénomènes en temps réel permettrait de cibler encore plus précisément les activités et les lieux où il peut être stratégique d'intervenir (Asdrubali, Presciutti, & Scrucca, 2013). La modélisation peut aussi permettre de retracer les flux d'émissions entre les différentes composantes du milieu urbain (Chen et al., 2020).

Concernant la présence de végétation urbaine, modéliser le positionnement de la plantation d'arbres pour optimiser les économies d'énergie liées à la climatisation et au chauffage au Sud-Ouest serait intéressant. Cela permettrait de quantifier hypothétiquement les résultats et ainsi d'évaluer le rapport coûts-bénéfices d'un tel projet.

Dans une prochaine enquête destinée aux ménages de l'Arrondissement, un échantillon représentatif permettrait de conclure sur les habitudes de consommation des citoyens. En effet, explorer les émissions issues de la consommation en fonction d'aspects sociodémographiques, par exemple le revenu, l'âge, le genre, etc., pourrait permettre de cibler des politiques spécifiques pour certains quartiers ou groupes de la population. D'autres secteurs auraient aussi pu être inclus comme les habitudes entourant l'habillement (l'industrie du textile) et les voyages à l'étranger en avion par exemple.

De plus, il serait intéressant de comparer le parc de véhicules de cet échantillon avec celui de la Ville de Montréal. Le secteur du transport routier étant l'un des plus émetteurs, le connaître finement est un indispensable pour optimiser les mesures de réduction d'émissions. D'ailleurs, la littérature renseigne sur le fait que plusieurs ménages résidants en bordure du canal Lachine utilisent leur voiture pour aller au travail, alors qu'elles sont à proximité de plusieurs axes cyclables (Ville de Montréal, 2018). Les raisons derrière ces habitudes en matière de mobilité pourraient faire l'objet d'études.

La méthodologie du sondage pourrait aussi être arrimée avec celles des inventaires de consommation de Montréal et de la province de Québec afin de permettre la comparaison.

CONCLUSION

Dans l'optique de respecter les objectifs de réduction d'émissions de GES anthropiques qu'ils se sont fixés, les gouvernements doivent connaître leurs réalités territoriales. Les instances municipales sont directement en lien avec les personnes résidentes. Les actions de réduction mises en place peuvent donc entraîner des répercussions sur les émissions directes et indirectes du territoire. Dans ce contexte, l'Arrondissement Le Sud-Ouest de la Ville de Montréal souhaitait réaliser un exercice d'inventaire le plus ajusté à sa réalité possible, en tenant compte de la séquestration du carbone par la végétation et les émissions liées à la consommation des ménages.

L'enjeu était le manque de ressources méthodologiques sur lesquels les arrondissements peuvent s'appuyer pour quantifier leurs émissions de GES, dans ce cas-ci plus particulièrement, l'Arrondissement Le Sud-Ouest. Les résultats de cette étude permettent d'offrir des lignes directrices en ce qui concerne des méthodes de quantification pour une grande majorité des secteurs d'inventaire d'un arrondissement. Les résultats permettent aussi de réaffirmer la pertinence d'un exercice de quantification à l'échelle locale. Ainsi, les gouvernements de proximité saisissent mieux la réalité unique de leur territoire et donc peuvent légiférer conséquemment. D'autres arrondissements pourraient utiliser les lignes directrices méthodologiques de ce projet afin d'établir le bilan de leurs émissions de GES.

Dans le cadre de cette étude, une nouvelle méthodologie d'inventaire a été proposée et appliquée au cas du Sud-Ouest pour l'année 2019. Cette méthode inclut majoritairement les émissions directes du territoire. La quantification des émissions indirectes issues de la consommation est explorée grâce à l'obtention de données obtenues auprès de ménages de l'Arrondissement au moyen d'un questionnaire d'enquête. Le bilan des émissions inclut aussi le potentiel annuel de séquestration des arbres du territoire.

Les résultats permettent de conclure que les secteurs d'émissions les plus importants pour le Sud-Ouest sont les mêmes que pour la Ville de Montréal et la Province du Québec, c'est-à-

dire le transport routier et la consommation d'énergie pour les bâtiments. L'utilisation des énergies fossiles, notamment le pétrole, le diesel, le gaz naturel et le mazout est la cause de la majorité des émissions. La transition énergétique vers des sources d'énergie renouvelables, comme l'hydroélectricité, est une option intéressante. Cela, en considérant les possibilités de déplacement d'impact dans le but de l'éviter. Malgré la faible contribution du secteur des matières résiduelles au bilan, l'Arrondissement a le plein contrôle sur ce secteur. Les mesures de réduction liées à ce secteur permettent de limiter la consommation en amont. Cela vient appuyer la pertinence d'agir en ce sens. À rappeler aussi, dans cette étude, les émissions provenant des égouts (pouvant être incluses dans le secteur des matières résiduelles) ne sont pas prises en compte. Considérant qu'ils sont potentiellement d'importants contributeurs, il s'agit d'une limite. L'énergie issue des égouts a d'ailleurs le potentiel d'être récupérée, puis intégrée dans les systèmes énergétiques urbains. Même si le transport routier est un poste d'émissions très important, le quantifier à l'échelle locale demeure un défi de taille. La méthode utilisée dans cette étude présente un portrait d'émissions similaires à celui de l'outil de Google EIE. Les hypothèses tirées de ce résultat pourraient être explorées lors de futurs travaux de recherche.

Du côté de l'inventaire municipal, l'utilisation de véhicules lourds et les bâtiments alimentés au gaz naturel et plus spécifiquement les complexes sportifs équipés de piscines sont les principaux émetteurs. Une mesure pouvant atténuer les émissions des véhicules lourds serait d'acquérir une flotte électrique vendue comme un service plutôt qu'un bien. Une compagnie émergente offre cette possibilité au Québec.

Malgré la pertinence démontrée de quantifier les émissions pour une échelle de territoire restreinte, des défis méthodologiques demeurent comme celui de devoir recourir à des méthodes de mise à l'échelle. En effet, en l'absence de données plus précises, elles restent un bon moyen d'estimation. Les limites de l'outil PPC utilisé pour cette étude doivent aussi être considérées en regard des résultats obtenus.

L'étude permet de constater la faible quantité de carbone pouvant être annuellement séquestré par les arbres urbains. La végétation ne peut donc pas compenser les émissions anthropiques de l'Arrondissement, et ce même dans un scénario où la canopée augmente. Dans ce contexte, les mesures de réduction des émissions deviennent impératives. La végétation urbaine a toutefois beaucoup de bénéfices. Au Sud-Ouest, elle pourrait, par exemple, être utilisée dans les complexes industriels pour réduire les conséquences des îlots de chaleur et l'énergie dépensée en climatisation. La quantification de la séquestration pourrait être faite par la méthode des équations allométriques pour bénéficier d'un portrait plus précis des caractéristiques des arbres présents sur le territoire.

L'impact de la consommation des résidents du Sud-Ouest sur les émissions de GES est un point notable de l'étude. Les émissions intrinsèques de l'alimentation et des appareils électroniques acquis, lorsque prises en considération, font augmenter le bilan carbone significativement. L'étude réaffirme donc la pertinence d'inclure le volet consommation (émissions de champ 3) dans les inventaires et ce même à petite échelle. En effet, comme les gouvernements de proximité peuvent intervenir sur des enjeux comme les habitudes de vie de leur population, il est adéquat d'incorporer ces secteurs d'inventaire dans le bilan. L'étude permet d'aller encore plus loin en notant des distinctions d'habitudes selon les quartiers habités, ce qui accentue l'importance de connaître leurs réalités. Cependant, cette section de l'étude ne permet pas d'émettre des conclusions en raison de son échantillon non représentatif. De plus amples travaux de recherche devraient être faits à cet égard pour mieux prioriser les secteurs auprès desquels des mesures de réduction seraient prioritaires.

En somme, cette étude au travers des différentes sections de résultats et recommandations permet de souligner les possibilités d'optimiser les flux et la circulation de l'énergie dans l'écosystème urbain au Sud-Ouest. À terme, un plan d'action de réduction d'émissions devrait accompagner la mise en œuvre de cet objectif général.

ANNEXE I

QUESTIONNAIRE D'ENQUÊTE

Introduction

L'Arrondissement du Sud-Ouest souhaite obtenir un portrait réaliste et ancré dans le territoire de ses émissions de gaz à effet de serre.

Soucieux en effet d'améliorer la résilience climatique de son territoire et par le fait même, votre bien-être, nous sollicitons votre contribution afin de comprendre vos habitudes de vie et de consommation, qui ont un impact sur ces émissions.

Ce questionnaire comporte X questions et prend environ 12 minutes à remplir. **Toutes les questions sont facultatives**, c'est-à-dire qu'à tout moment, vous pouvez décider de ne pas répondre à une question et de passer directement à la suivante. **Il est souhaitable que la personne principalement responsable des achats et du paiement des factures réponde à ce questionnaire.**

Les informations recueillies sont pour les seules fins de la présente démarche d'inventaire de nos émissions de gaz à effet de serre, en vue d'améliorer la mise en œuvre de notre Plan d'action local en transition écologique. Vos réponses demeureront en tout temps CONFIDENTIELLES et ANONYMES.

Pour en savoir plus sur cette étude, les gaz à effet de serre et l'impact environnemental de nos gestes de consommation, consultez cette page.

Pour toute question sur la démarche ou le sondage, communiquez avec la Section de la transition écologique de l'arrondissement du Sud-Ouest : so_transition_ecologique@montreal.ca

Merci de contribuer à l'essor de votre communauté!




Légende des questions :

 Comptabilisation de GES


 Démographie


 Habitudes des citoyens


 Commentaires


Démographie


Avant de débiter avec les questions liées à vos habitudes de consommation, voici quelques questions socio-démographiques. Vos réponses nous seront utiles afin de lier les actions les plus pertinentes aux différents profils du Sud-Ouest.







1.  Quel est votre code postal?
 - Espace de texte
 - Je ne sais pas / Je préfère ne pas répondre

2.  Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous ?
 - Entre 18 et 30 ans
 - Entre 31 et 54 ans
 - Plus de 55 ans
 - Je ne souhaite pas répondre


3.  Êtes-vous locataire ou bien propriétaire ?
 - Locataire
 - Propriétaire
 - Je ne souhaite pas répondre

4.  À quel genre vous identifiez-vous ?
 - Homme
 - Femme
 - Autre
 - Je ne souhaite pas répondre

5.  Quel est le niveau de revenus de votre foyer ?
 - Moins de 40 000\$
 - Entre 40 000 et 80 000\$
 - Plus de 80 000\$

6.  Sur une échelle de 1 à 10, à combien évaluez-vous votre connaissance des enjeux liés à la transition écologique ?
7.  Combien de personnes composent votre ménage, vous incluant?
- 1
 - 2
 - 3
 - ...
 - Plus que 10
-  Parmi ces personnes combien sont des enfants? (12 ans et moins)
-  Parmi ces personnes combien sont des adolescent.e.s? (13 à 17 ans)
-  Parmi ces personnes combien sont des adultes? (18 à 64 ans)
-  Parmi ces personnes combien sont des aîné.e.s? (65 ans et plus)

Énergie - AXE CONSOMMER

8.  Dans quel type de logement habitez-vous?
- Appartement
 - Quelle est la taille de votre appartement?
 - 1 ½
 - 2 ½
 - 3 ½
 - 4 ½
 - ...
 - 8 ½ et plus
 - Condo
 - Quelle est la taille de votre condo?
 - 1 ½
 - 2 ½
 - 3 ½
 - 4 ½
 - ...
 - 8 ½ et plus
 - Maison unifamiliale
 - Combien de chambres votre maison possède-t-elle?
 - 1
 - 2
 - 3
 - ...

- 10 et plus
 - Combien de salles de bain votre maison possède-t-elle?
 - 1
 - 2
 - 3
 - ...
 - 6 et plus
 - Avez-vous un sous-sol?
 - oui
 - non
 - Avez-vous un garage?
 - oui
 - non
- Maison jumelée
 - Combien de chambres votre maison possède-t-elle?
 - 1
 - 2
 - 3
 - ...
 - 10 et plus
 - Combien de salles de bain votre maison jumelée possède-t-elle?
 - 1
 - 2
 - 3
 - ...
 - 6 et plus
 - Avez-vous un sous-sol?
 - oui
 - non
 - Avez-vous un garage?
 - oui
 - non

9. 🌍 Quelle **source d'énergie alimente** votre système de chauffage principal?

- Électricité
- Mazout
- Bois
- Gaz naturel
- Géothermie

Section commentaire

- Souhaitez-vous ajouter des informations concernant votre consommation d'énergie?
 - Espace de texte

Transport - AXE SE DÉPLACER

10. 🌐 Combien de véhicules votre ménage possède-t-il?

Si 0 passer directement à cette question:

Utilisez-vous un service d'autopartage (par exemple: Communauto)?

- oui
- non

Si oui :

🌐 Combien de **kilomètres** parcourez-vous en moyenne annuellement avec des véhicules en autopartage?

- 0-10000 km
- 10000-20000 km
- ...
- 100 000 km et plus

(Pour chaque véhicule possédé:)


🌐 **Quel modèle** de véhicule possédez-vous?


À essence

- Voiture légère
- Véhicule utilitaire-sport (VUS)
- Camionnette
- Véhicule lourd (ex: camion remorque, autobus scolaire, etc.)
- Motocyclette ou scooter
- Électrique ou hybride
 - Voiture légère
 - Véhicule utilitaire-sport (VUS)
 - Camionnette
 - Véhicule lourd (ex: camion remorque, autobus scolaire, etc.)
 - Motocyclette ou scooter
- Diesel


- Voiture légère
- Véhicule utilitaire-sport (VUS)
- Camionnette
- Véhicule lourd (ex: camion remorque, autobus scolaire, etc.)
- Motocyclette ou scooter


 Modèle (marque) de votre véhicule (si vous le connaissez):

 Année de fabrication (si vous la connaissez):


11.  Combien de **kilomètres** parcourez-vous en moyenne quotidiennement avec ce véhicule?

- 0-5
- 5-10
- 10-15
- 15-20
- 20-25
- 25-30
- etc.

12.  Qu'est-ce qui pourrait vous inciter à utiliser davantage les transports actifs (marche, vélo, planche à roulettes, trottinette, etc.)?

13.  Si un système d'emprunt de vélos cargos ou bien de remorques à vélo LocoMotion existait au Sud-Ouest, l'utiliseriez-vous?

- oui
- non
- je ne sais pas

 [Si non / Question facultative] Qu'est-ce qui pourrait vous inciter à utiliser un tel mode de déplacement ?

Section commentaire

 Souhaitez-vous ajouter des informations concernant vos modes de déplacement?

- Espace de texte

Matières résiduelles - AXE CONSOMMER

14.  Faites-vous du recyclage?

- Systématiquement

- Le plus souvent possible
- De temps en temps
- Rarement
- Jamais

15. 🌍 En moyenne, combien de sacs de déchets standards (74 litres) produisez-vous par semaine?

- 0
- 0,5
- 1
- 1,5
- ...
- 10 et plus

16. 🌍 En moyenne, quelle quantité de compost (en litres) produisez-vous par semaine?

À titre comparatif, le petit bac de compostage de cuisine a une capacité de 7 litres, tandis que le bac brun résidentiel contient 45 litres.

- Aucun
- 0-10 L
- 10-20L
- 20-30L
- 30-40L
- 40L et plus

Section commentaire

📌 Souhaitez-vous ajouter des informations concernant la gestion de vos matières résiduelles?

- Espace de texte

Appareils électroniques - AXE CONSOMMER

17. 🌍 💧 Combien votre ménage possède-t-il d'ordinateurs portables?

- 0
- 1
- 2
- 3
- ...
- 10+

18. 🌍 💧 Combien votre ménage possède-t-il de téléphones cellulaires?

- 0
- 1
- 2
- 3
- ...
- 10+

19. 🌍💧 Combien votre ménage possède-t-il de télévisions?

- 0
- 1
- 2
- 3
- ...
- 10+

Alimentation - AXE SE NOURRIR

20. 🌍💧 Sachant qu'une semaine compte 14 repas (en excluant le déjeuner), combien de repas comportant les protéines suivantes votre ménage mange-t-il en moyenne par semaine?

- viande rouge (bœuf, mouton/agneau, etc.)
- porc et volaille
- poissons et fruits de mer
- oeufs
- protéines végétales (légumineuses, tofu, tempeh, lentilles, etc.)
- Produits laitiers

21. 🌍 Concernant la production et la consommation locale des aliments, indiquez svp parmi les options suivantes les pratiques mises en place pour votre ménage.

	oui (toute l'année)	oui (saisonnier)	non	Je ne sais pas/Je ne connais pas
Achat d'aliments locaux (du Québec) à l'épicerie				
Abonnement pour un				

panier de légumes biologiques				
Achat dans un magasin d'aliments en vrac				
Jardinage (aliments cultivés chez soi)				
Achat dans un marché de proximité (par exemple: le marché Atwater)				

Si toutes les options ne sont pas sélectionnées (ou répondues par la négative):


Parmi les facteurs suivants, lesquels considérez-vous être des raisons pour lesquelles vous n'avez coché aucune des cases à la question précédente?

- Allergies alimentaires
- Coûts des aliments
- Logistique (Je préfère ne pas avoir à me procurer et laver des contenants.)
- Accessibilité universelle
- Je préfère fréquenter un seul commerce pour tous mes achats alimentaires.
- Mes habitudes actuelles me satisfont.
- Je ne connais aucune des options proposées.
- Je ne sais pas/Je préfère ne pas répondre.
- Autre (préciser)

Section commentaire

- Souhaitez-vous ajouter des informations concernant vos habitudes alimentaires?
 - Espace de texte

Question ouverte

 Aimeriez-vous partager d'autres efforts de réduction que vous mettez en place concernant la réduction des émissions de gaz à effet de serre de votre ménage? (À travailler)

Aimeriez-vous nous laisser votre adresse courriel pour que nous puissions vous envoyer un estimé de l'empreinte carbone de votre ménage, ainsi que de futures communications concernant les initiatives de réduction des émissions de gaz à effet de serre de l'arrondissement? (facultatif)

- Espace pour inscrire une courriel

ANNEXE II

RÉPARTITION DES ÉMISSIONS DE LA COLLECTIVITÉ DU SUD-OUEST EN 2019 SELON LES SOUS-SECTEURS ET LES CHAMPS D'ÉMISSIONS

Tableau-A II-1 Répartition des émissions de GES en tCO₂éq. selon les champs
d'émissions pour chaque sous-secteur quantifiés pour la collectivité du Sud-Ouest en
2019

Secteur et sous-secteur	Champ 1	Champ 2	Champ 3
Énergie stationnaire			
Secteur résidentiel	44 838	744	Exclu
Secteur commercial et institutionnel	54 343	346	Exclu
Secteur manufacturier et de la construction (industriel)	139 319	284	Exclu
Secteur des producteurs d'énergie	Inclus dans secteur manufacturier	Non applicable	Exclu
Génération d'électricité distribuée sur le réseau national	Exclu		
Secteur de l'agriculture, de la foresterie et de la pêche	Non applicable	0	Exclu
Sources non-spécifiées (autres)	Non applicable	Non applicable	Exclu
Émissions fugitives découlant des activités d'extraction, de distribution et de transport du charbon	Non applicable		Non applicable

Légende

Sources requises pour le BASIC	
Sources requises pour le BASIC+ (en	
Sources incluses dans le champ 3, exclues	
Sources d'émissions non applicables	
Sources requises pour le total du territoire	

Tableau-A II-1 Répartition des émissions de GES en tCO₂éq. selon les champs d'émissions pour chaque sous-secteur quantifiés pour la collectivité du Sud-Ouest en 2019 (suite)

Secteur et sous-secteur	Champ 1	Champ 2	Champ 3
Émissions fugitives découlant des activités de production et de distribution de gaz naturel et de pétrole	885		Exclu
Transport			
Routier	150 868	Non applicable	Exclu
Ferroviaire	5 721	64	Exclu
Maritime	53	Exclu	Exclu
Aérien	Non applicable	Non applicable	Exclu
Hors-route	3 373	Non applicable	Exclu
Matières résiduelles			
Élimination des matières résiduelles (déchets) générées sur le territoire	Non applicable		11 803
Élimination des matières résiduelles (déchets) générées à l'extérieur du territoire	Exclu		
Traitement biologique des matières résiduelles (organiques) générées sur le territoire	Non applicable		895
Traitement biologique des matières résiduelles (organiques) générées à l'extérieur du territoire	Exclu		
Incinération des matières résiduelles générées sur le territoire	Non applicable		3 236
Incinération des matières résiduelles générées à l'extérieur du territoire	Exclu		
Eaux usées générées sur le territoire	Non applicable		9 708
Eaux usées générées à l'extérieur du territoire	Exclu		

Légende

Sources requises pour le BASIC	
Sources requises pour le BASIC+ (en	
Sources incluses dans le champ 3, exclues	
Sources d'émissions non applicables	
Sources requises pour le total du territoire	

Tableau-A II-1 Répartition des émissions de GES en tCO₂éq. selon les champs d'émissions pour chaque sous-secteur quantifiés pour la collectivité du Sud-Ouest en 2019 (suite)

Secteur et sous-secteur	Champ 1	Champ 2	Champ 3
Procédés industriels et utilisation de produits (PUIP)			
Procédés industriels	67 742		Exclu
Utilisation de produits	24 267		Non applicable
Agriculture, foresterie et autres utilisations des terres (AFAAT)			
Production animale	Non applicable		Exclu
Production végétale	Non applicable		Exclu
Autres sources excluant le CO ₂	Non applicable		Exclu
Autres sources scope 3			
Autres sources scope 3			Exclu
Total des émissions (tCO ₂ équivalent)	491 409	1 438	25 641
		TOTAL	518 488
		TOTAL (sans les émissions biogéniques de bois)	517 988

Légende

Sources requises pour le BASIC	
Sources requises pour le BASIC+ (en	
Sources incluses dans le champ 3, exclues	
Sources d'émissions non applicables	
Sources requises pour le total du territoire	

ANNEXE III

TABLEAUX DE REDDITION DE COMPTES D'INVENTAIRE

Tableau-A III-1 Répartition des émissions de GES des activités municipales du Sud-Ouest selon les principaux gaz comptabilisés pour le champ 1

Sources d'émissions				
Champ 1 Émissions directes	tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO ₂ éq.
Énergie stationnaire				
Secteur des bâtiments				
Gaz naturel	2169	0	0	2182
Eau et égouts				
Production d'eau potable				
Électricité	99	0	0	101
Gaz naturel	148	0	0	148
Mazout	4	0	0	4
Transport				
Parc de véhicules				
Essence	323	0	0	325
Diesel	1321	0	0	1343
Total champ 1	4061	0	0	4102

Tableau-A III-2 Répartition des émissions de GES des activités municipales du Sud-Ouest selon les principaux gaz comptabilisés pour le champ 2

Sources d'émissions				
Champ 2 Émissions indirectes - production d'énergie	tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO ₂ éq.
Énergie stationnaire				
Secteur des bâtiments				
Électricité	14	0	0	14
Éclairage municipal				
Électricité	2	0	0	2
Total champ 2	16	0	0	16

Tableau-A III-3 Répartition des émissions de GES des activités municipales du Sud-Ouest selon les principaux gaz comptabilisés pour le champ 3

Sources d'émissions				
Champ 3 Émissions indirectes - autres sources	tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO ₂ éq.
Matières résiduelles				
Enfouissement des déchets solides	0	3	0	84
Total champ 3	0	3	0	84

Tableau-A III-4 Répartition des émissions de GES de la collectivité pour le secteur de l'énergie stationnaire du Sud-Ouest selon les principaux gaz comptabilisés pour le champ 1

Sources d'émissions				
Champ 1 Émissions directes	tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO ₂ éq.
Énergie stationnaire				
Secteur résidentiel	43997	5	1	44339
Gaz naturel	32167	1	1	32361
Mazout	10781	0	0	10791
Bois de chauffage	500	4	0	116
Propane	1048	0	0	1071
Secteur commercial et institutionnel	53156	1	1	54343
Gaz naturel	39999	1	1	40239
Mazout lourd	289	0	0	291
Mazout	8093	0	0	8935
Propane	4775	0	0	4878
Secteur industriel	134019	6	4	135388
Gaz naturel	93876	2	2	94441
Mazout	6409	0	0	6432
Mazout lourd	7159	0	0	7205
Diesel	5925	0	0	5944
Kérosène	5808	0	0	5827
Gaz de distillation	0	0	0	0
GPL et LGN des usines de gaz	983	0	0	1004
Charbon	5667	0	0	5683
Déchets ligneux et liqueur résiduaire	49892	3	2	637
Coke pétrolier	8192	0	0	8214
Émissions fugitives - distribution de gaz naturel	0	35	0	885
Gaz naturel	0	35	0	885
Total émissions de CO ₂ biogéniques	50391			

Tableau-A III-5 Répartition des émissions de GES de la collectivité pour les secteurs du transport et des PIUP du Sud-Ouest selon les principaux gaz comptabilisés pour le champ 1

Sources d'émissions				
Champ 1 Émissions directes	tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO ₂ éq.
Transport				
Routier	150 134	9	1	150 869
Essence	146 245	9	1	146883
Diesel	3889	0	0	3986
Maritime	53	0	0	53
Essence de bateau	53	0	0	53
Ferroviaire	5466	0	1	5721
Diesel	5466	0	1	5721
Hors-route	3257	4	0	3373
Essence	3257	4	0	3373
PIUP				
Procédés industriels	67432	1112	1	67742
Utilisation de produits				24267

Tableau-A III-6 Répartition des émissions de GES de la collectivité du Sud-Ouest selon les principaux gaz comptabilisés pour le champ 2

Sources d'émissions				
Champ 2 Émissions indirectes - production d'énergie	tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO ₂ éq.
Énergie stationnaire				
Secteur résidentiel				
Électricité	723	0	0	744
Secteur commercial et institutionnel				
Électricité	336	0	0	346
Activités agricoles halieutiques et forestières				
Électricité	0	0	0	0
Secteur industriel				
Électricité	276	0	0	284
Transport				
Ferroviaire				
Électricité	62	0	0	64
Total champ 2	1397	0	0	1438

Tableau-A III-7 Répartition des émissions de GES de la collectivité du Sud-Ouest selon les principaux gaz comptabilisés pour le champ 3

Sources d'émissions				
Champ 3 Émissions indirectes - autres sources	tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO ₂ éq.
Matières résiduelles				
Enfouissement des déchets solides	0	472	0	11803
Compostage	0	21	1	895
Incinération des boues	0	19	9	3236
Eaux usées générées sur le territoire	0	32	30	9708
Total champ 3	0	544	40	25642

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 7GEN. (2024). Your one-stop solution for fleet electrification | 7Gen. 7 Gen. Repéré à <https://7gen.com/our-solutions/>
- Aalto, P., Haukkala, T., Kilpeläinen, S., & Kojo, M. (2021). Chapter 1 - Introduction: electrification and the energy transition. Dans P. Aalto (Éd.), *Electrification* (pp. 3-24). (S.l.) : Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822143-3.00006-8>
- ACTNews. (2022, 23 mars). How the Truck-as-a-Service Model Solves Electric Truck Growing Pains. *ACT News*. Repéré à <https://www.act-news.com/news/how-the-taas-model-can-help-shippers-carriers-deal-with-ev-growing-pains/>
- Agence Parcs Canada, G. du C. (2019, 5 septembre). Circuits et itinéraires de navigation - Circuits et itinéraires. Repéré à <https://parcs.canada.ca/lhn-nhs/qc/canallachine/activ/navigation/circuits-itineraries>
- Aliakbari Sani, S., Maroufmashat, A., Babonneau, F., Bahn, O., Delage, E., Haurie, A., ... Vaillancourt, K. (2022). Energy Transition Pathways for Deep Decarbonization of the Greater Montreal Region: An Energy Optimization Framework. *Energies*, 15(10), 3760. <https://doi.org/10.3390/en15103760>
- Andrade, J. C. S., Dameno, A., Pérez, J., Andrés, J. M. de, & Lumberras, J. (2017). Comparing Madrid and Salvador GHG emission inventories: Implications for future researches. *Journal of Operations and Supply Chain Management*, 10(1), 17-32. <https://doi.org/10.12660/joscmv10n1p17-32>
- Angel, S. (2023). Urban expansion: theory, evidence and practice, 4(1), 124-138. <https://doi.org/10.5334/bc.348>
- Arrondissement Le Sud-Ouest. (s.d.). *Plan d'action local en transition écologique du Sud-Ouest*. Montréal. Repéré à https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/38823_3354-2_brochure_vf_web_1.pdf
- Asdrubali, F., Presciutti, A., & Scrucca, F. (2013). Development of a greenhouse gas accounting GIS-based tool to support local policy making—application to an Italian municipality. *Energy Policy*, 61, 587-594. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.116>
- Audrey Laisney. (2022, 8 juillet). Déchets solides et incinération.
- Autorité régionale de transport métropolitain (ARTM). (2018). *Enquête origine-destination 2018: La mobilité des personnes dans la région métropolitaine de Montréal*. Repéré à https://www.artm.quebec/wp-content/uploads/2020/06/document-mobilite_EOD_2018.pdf
- AVCALC. (2023a). Volume to Weight conversions for common substances and materials. Repéré à <https://www.aqua-calc.com/calculate/volume-to-weight>
- AVCALC. (2023b). Wood chips, dry volume to weight conversion. Repéré à <https://www.aqua-calc.com/calculate/volume-to-weight/substance/wood-blank-chips-coma-and-blank-dry>
- Bader, N., & Bleischwitz, R. (2009). Measuring Urban Greenhouse Gas Emissions: The Challenge of Comparability. *S.A.P.I.E.N.S. Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*, (2.3). Repéré à <https://journals.openedition.org/sapiens/854>
- Baker, N., & Steemers, K. (2000). *Energy and environment in architecture: a technical design guide*. New York : E&FN Spon.

- Bartram, D., Short, M. D., Ebbe, Y., Farkas, J., Gueguen, C., Peters, G. M., ... Karthik, M. (2019). *Chapter 6: Wastewater Treatment and Discharge*. Repéré à https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/5_Volume5/19R_V5_6_Ch06_Wastewater.pdf
- Beelen, B., & Parker, W. (2022). A probabilistic approach to the quantification of methane generation in sewer networks. *Journal of Environmental Management*, 320, 115775. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115775>
- Bendahmane, S. (2020). *Inventaire d'émissions de gaz à effet de serre municipal pour le transport à partir d'une enquête Origine-Destination*. Montréal : École de technologie supérieure.
- Boisclair, V. (2022, 16 novembre). Secteur industriel : pas de transition réussie sans dialogue, selon l'IRIS. *Radio-Canada.ca*. Repéré à <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1932793/decarbonisation-industries-quebec-dialogue-travailleurs-municipalites-iris-etude>
- Bourgeault, G. (2011, 8 février). market for computer, laptop | computer, laptop | Cutoff, S. [Jeu de données]. Repéré à Base de données Ecoinvent : [ecoinvent_37_cutoff_lci_20201005_1](https://ecoinvent.org/37/cutoff_lci_20201005_1)
- Boutin, S., & Tacquet, L. (2018). *Inventaires 2017 des émissions de gaz à effet de serre de l'arrondissement de Saint-Laurent*. Repéré à http://www.enviroaccess.ca/expert-conseil/files/2013/09/Rapport-Inventaire-GES-2017_Final_.pdf
- Brommer, J. L. (2015). *Developing a Spatial Form Model to Assess Canopy Cover and Other Urban Forestry Metrics for Guelph, Ontario*. Thesis. University of Guelph, Guelph, Ontario. Repéré à <http://hdl.handle.net/10214/9209>
- Brown, D. P. (2015). Garbage: How population, landmass, and development interact with culture in the production of waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 98, 41-54. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.02.012>
- Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (Éd.). (2008). *Projet d'agrandissement du lieu d'enfouissement technique de Lachenaie (secteur nord) rapport d'enquête et d'audience publique / Bureau d'audiences publiques sur l'environnement*. Québec : (s.n.). Repéré à <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/579360?docpos=30>
- C40 Cities Climate Leadership Group. (2023a). About C40. *C40 Cities*. Repéré à <https://www.c40.org/about-c40/>
- C40 Cities Climate Leadership Group. (2023b). Montréal. *C40 Cities*. Repéré à <https://www.c40.org/cities/montreal/>
- Caro, D. (2019). Carbon Footprint. Dans *Encyclopedia of Ecology* (pp. 252-257). (S.l.) : Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10752-3>
- Chartier, S. (2024, 7 mars). Les eaux usées: une ressource trop peu exploitée. *Les Affaires*. Repéré à <https://www.lesaffaires.com/dossiers/science-recherche-et-developpement-durable-2024-2/les-eaux-usees-une-ressource-trop-peu-exploitee-2/>
- Chen, G., Shan, Y., Hu, Y., Tong, K., Wiedmann, T., Ramaswami, A., ... Wang, Y. (2019). Review on City-Level Carbon Accounting. *Environmental Science & Technology*, 53(10), 5545-5558. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b07071>
- Chen, S., Long, H., Fath, B. D., & Chen, B. (2020). Global Urban Carbon Networks: Linking Inventory to Modeling. *Environmental Science & Technology*, 54(9), 5790-5801. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c00965>

- Chocholac, J., Hruska, R., Machalik, S., Sommerauerova, D., & Sohajek, P. (2021). Framework for Greenhouse Gas Emissions Calculations in the Context of Road Freight Transport for the Automotive Industry. *Sustainability*, 13(7), 4068. <https://doi.org/10.3390/su13074068>
- Community Energy Association. (2019). Electric Vehicle Travel from Peaks to Prairies. Repéré à <https://peakstoprairies.ca/history/>
- Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada (CN). (2020). 2020 CDP Climate Change Response. Repéré à <https://www.cn.ca/-/media/Files/Delivering-Responsibly/Environment/CDP-2020-EN.pdf?la=en>
- Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada (CN). (s.d.). CN - Network Map. Repéré à <https://cnebusiness.geomapguide.ca/>
- Couillard, S., Bage, G., & Trudel, J.-S. (2009). *COMPARATIVE LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) OF ARTIFICIAL VS NATURAL CHRISTMAS TREE — Ellipsos* (Rapport No. 1043-RF3- 09). Repéré à <https://www.dropbox.com/s/vhq9lmxnkudxuc0/Christmas-Tree-LCA-ellipsos.pdf?dl=1>
- Creutzig, F., Baiocchi, G., Bierkandt, R., Pichler, P.-P., & Seto, K. C. (2015). Global typology of urban energy use and potentials for an urbanization mitigation wedge. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(20), 6283-6288. <https://doi.org/10.1073/pnas.1315545112>
- Dodman, D. (2009). Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. *Environment and Urbanization*, 21(1), 185-201. <https://doi.org/10.1177/0956247809103016>
- Environment and Climate Change. (2023). Canada's official greenhouse gas inventory. [program results]. Repéré à <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/greenhouse-gas-emissions/inventory.html>
- Environnement Canada. (2013). *Technical Document on Municipal Solid Waste Organics Processing*. Repéré à https://www.ec.gc.ca/gdd-mw/3E8CF6C7-F214-4BA2-A1A3-163978EE9D6E/13-047-ID-458-PDF_accessible_ANG_R2-reduced%20size.pdf
- Environnement et Changement climatique Canada. (2019). *RAPPORT D'INVENTAIRE NATIONAL 1990–2017 : SOURCES ET PUIITS DE GAZ À EFFET DE SERRE AU CANADA - Partie 2*. Repéré à https://publications.gc.ca/collections/collection_2019/eccc/En81-4-2017-2-fra.pdf
- Environnement et Changement climatique Canada. (2021a). *RAPPORT D'INVENTAIRE NATIONAL 1990–2019 : SOURCES ET PUIITS DE GAZ À EFFET DE SERRE AU CANADA - Partie 2* (Rapport No. EC8369). Repéré à https://publications.gc.ca/collections/collection_2021/eccc/En81-4-2019-2-fra.pdf
- Environnement et Changement climatique Canada. (2021b). *RAPPORT D'INVENTAIRE NATIONAL 1990–2019 : SOURCES ET PUIITS DE GAZ À EFFET DE SERRE AU CANADA - Partie 3* (Rapport No. EC8369). Repéré à https://publications.gc.ca/collections/collection_2021/eccc/En81-4-2019-3-fra.pdf
- Environnement et Changement climatique Canada. (2022a). *Coefficients d'émission et valeurs de référence* (Rapport No. Version 1.0). Repéré à https://publications.gc.ca/collections/collection_2022/eccc/En84-294-2022-fra.pdf
- Environnement et Changement climatique Canada. (2022b). *RAPPORT D'INVENTAIRE NATIONAL 1990–2020 : SOURCES ET PUIITS DE GAZ À EFFET DE SERRE AU*

- CANADA. Repéré à https://publications.gc.ca/collections/collection_2022/eccc/En81-4-2020-2-fra.pdf
- Environnement et Changement climatique Canada. (2023). *RAPPORT D'INVENTAIRE NATIONAL 1990–2021 : SOURCES ET PUITES DE GAZ À EFFET DE SERRE AU CANADA : Sommaire*. Repéré à https://publications.gc.ca/collections/collection_2023/eccc/En81-4-1-2021-fra.pdf
- Ercan, M., Malmudin, J., Bergmark, P., Kimfalk, E., & Nilsson, E. (2016). Life Cycle Assessment of a Smartphone. <https://doi.org/10.2991/ict4s-16.2016.15>
- Erickson, P., & Lazarus, M. (2012). Revisiting Community-Scale Greenhouse Gas Inventories. *Environmental Science & Technology*, 46(9), 4693-4694. <https://doi.org/10.1021/es301366b>
- Filimonau, V. (2018, 26 janvier). market for television | television | Cutoff, S. [Jeu de données]. Repéré à Base de données Ecoinvent : [ecoinvent_37_cutoff_lci_20201005_1_](https://www.ecoinvent.ch/data/ecoinvent_37_cutoff_lci_20201005_1_)
- Fondation David Suzuki, L. (2022). *Augmenter l'adaptation équitable aux changements climatiques : Scénarisation de la plantation de 500 000 nouveaux arbres sur le territoire de la Ville de Montréal*. Montréal. Repéré à <https://static1.squarespace.com/static/642b03cefb8ada280f4cdd20/t/6435aab95847637df16d7710/1681238732960/Sc%C3%A9narisation+de+la+plantation+de+500%C2%A0000%C2%A0nouveaux+arbres+sur+le+territoire+de+la+Ville+de+Montr%C3%A9al.pdf>
- Fong, W. K., Sotos, M., Doust, M., Schultz, S., Marques, A., & Deng-Beck, C. (2021). *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories* (Rapport No. Version 1.1). Repéré à https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/GPC_Full_MASTER_RW_v7.pdf
- Forest Research. (2023). Conversion factors. *Forest Research*. Repéré à <https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/statistics/forestry-statistics/forestry-statistics-2018/sources/timber-2/conversion-factors/>
- Fréjeau, S. (2022). Registre foncier filtré pour le Sud-Ouest.
- Galdeman, A., Ba, C. T., Zignani, M., Quadri, C., & Gaito, S. (2021). City consumption profile: a city perspective on the spending behavior of citizens. *Applied Network Science*, 6(1), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s41109-021-00406-2>
- Ghaemi, Z., & Smith, A. D. (2020). A review on the quantification of life cycle greenhouse gas emissions at urban scale. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119634. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119634>
- Gomez, D. R., & Watterson, J. D. (2007). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (Rapport No. Volume 2). IPCC. Repéré à https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf
- Goodwin, J., Gillenwater, M., Romano, D., & Radunsky, K. (2023). *Chapter 1: Introduction to National GHG Inventories*. Repéré à https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/1_Volume1/19R_V1_Ch01_Introduction.pdf
- Google Environmental Insights Explorer. (s.d.). Méthodologie - Google Environmental Insights Explorer - Prendre des décisions éclairées. Repéré à <https://insights.sustainability.google/methodology>

- Google Maps. (2022, 4 octobre). Le Sud-Ouest Montréal, QC [Carte géographique]. Repéré à https://www.google.com/search?q=sud-ouest+google+map&rlz=1C1GKLA_enCA767CA767&oq=sud-ouest+google+map&aqs=chrome..69i57j0i22i30l3.6684j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8#
- Gouvernement du Canada, S. C. (2016, 18 mars). Ajouter ou enlever des données - Consommation d'énergie des ménages, Canada et les provinces. Repéré à <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv!recreate-nonTraduit.action?pid=2510006001>
- Gouvernement du Canada, S. C. (2017a, 8 février). Profil du recensement, Recensement de 2016 - Québec [Province] et Canada [Pays]. Repéré à <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/details/page.cfm?Lang=F&Geo1=PR&Code1=24&Geo2=PR&Code2=01&Data=Count&SearchText=24&SearchType=Begins&SearchPR=01&B1=All&Custom=&TABID=3>
- Gouvernement du Canada, S. C. (2017b, 8 février). Série « Perspective géographique », Recensement de 2016 - Région métropolitaine de recensement de Montréal. Repéré à <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/as-sa/fogs-spg/Facts-cma-fra.cfm?LANG=fra&GK=CMA&GC=462&TOPIC=1>
- Gouvernement du Canada, S. C. (2021, 2 septembre). 3.2.3 Échantillonnage non probabiliste. Repéré à <https://www150.statcan.gc.ca/n1/edu/power-pouvoir/ch13/nonprob/5214898-fra.htm>
- Gouvernement du Canada, S. C. (2022, 29 septembre). Ventes de carburants destinés aux véhicules automobiles, annuel. Repéré à <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2310006601>
- Gouvernement du Québec. (2021). *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2019 et leur évolution depuis 1990*. Repéré à <https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/2019/inventaire1990-2019.pdf>
- Gouvernement du Québec. (2023). Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre. Repéré à <https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/>
- Gouvernement du Québec. - Charte de la Ville de Montréal, métropole du Québec. , 2000, c. 56, ann. I; 2017, c. 16, a. 1. (2024). Repéré à <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/C-11.4>
- Government of Prince Edward Island. (2023). Greenhouse Gas Emissions. Repéré à <https://www.princeedwardisland.ca/en/information/environment-energy-and-climate-action/greenhouse-gas-emissions>
- Health Canada. (2013, 18 mars). Nutrient Value of Some Common Foods. [datasets]. Repéré à <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/healthy-eating/nutrient-data/nutrient-value-some-common-foods-2008.html>
- Hebert, M. (2021). *Recyclage agricole des cendres de boues d'épuration municipales de Montréal: État des lieux et optimisation des pratiques*. Repéré à <http://marchebert.ca/wp-content/uploads/2021/02/Document-technique-cendres-Montre%CC%81al-fe%CC%81vri-2021.pdf>

- Hiraishi, T., Odingo, R., Penman, J., Abel, K., & Eggleston, S. (2021). *QUANTIFICATION DES INCERTITUDES EN PRATIQUE*. Repéré à https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/french/6_Uncertainty_FR.pdf
- Home Depot International, Inc. (2022). Glad 74 L Regular Black Garbage Bags (100 Count). *The Home Depot Canada*. Repéré à <https://www.homedepot.ca/product/glad-74-l-regular-black-garbage-bags-100-count-/1000406264>
- Hoornweg, D., Sugar, L., & Trejos Gómez, C. L. (2011). Cities and greenhouse gas emissions: moving forward. *Environment and Urbanization*, 23(1), 207-227. <https://doi.org/10.1177/0956247810392270>
- Hwang, H.-L., Yang, J., Wilson, D., Taylor, R., & Miao C, S. (2015). *OFF-HIGHWAY AND PUBLIC-USE GASOLINE CONSUMPTION ESTIMATION MODELS USED IN THE FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION* (Rapport No. FHWA-PL-17-012). Repéré à <https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/pubs/pl17012.pdf>
- Hydro-Québec. (2024). Les gaz à effet de serre et les réservoirs | Hydro-Québec. Repéré à <https://www.hydroquebec.com/developpement-durable/documentation-specialisee/ges-reservoir.html>
- ICLEI Canada. (s.d.). *Protocole de PPC: Supplément Canadien au Protocole International d'Analyse des Émissions*.
- ICLEI Canada, & Fédération canadienne des municipalités. (s.d.). Introduction | Outil PPC. *Outil PPC*. Repéré à <https://outilppc.ca/milestone1>
- Institut de la statistique du Québec. (2022). *Empreinte carbone des ménages au Québec. Une première estimation basée sur la consommation*. Repéré à <https://statistique.quebec.ca/fr/fichier/empreinte-carbone-menages-quebec-estimation-consommation.pdf>
- Institut de la statistique du Québec. (2024, 24 janvier). Produit intérieur brut réel par industrie, aux prix de base, données désaisonnalisées et annualisées, Québec, octobre 2023. *Institut de la statistique du Québec*. Repéré à <https://statistique.quebec.ca/fr/produit/tableau/produit-interieur-brut-reel-par-industrie-aux-prix-de-base-donnees-desaisonnalisees-et-annualisees-quebec>
- Intergovernmental Panel on Climate Changes (IPCC). (2021). EFDB - Main Page. *Emission factor database (EFDB)*. Repéré à <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>
- Jin, P., Gu, Y., Shi, X., & Yang, W. (2019). Non-negligible greenhouse gases from urban sewer system. *Biotechnology for Biofuels*, 12(1), 100. <https://doi.org/10.1186/s13068-019-1441-8>
- Jungbluth, N. (2011, 8 février). market for biowaste | biowaste | Cutoff, S. [Jeu de données]. Repéré à Base de données Ecoinvent :ecoinvent_37_cutoff_lci_20201005_1_
- Kampel, W., Aas, B., & Bruland, A. (2014). Characteristics of energy-efficient swimming facilities – A case study. *Energy*, 75, 508-512. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.08.007>
- Kellett, R., Christen, A., Coops, N. C., van der Laan, M., Crawford, B., Tooke, T. R., & Olchovski, I. (2013). A systems approach to carbon cycling and emissions modeling at an urban neighborhood scale. *Landscape and Urban Planning*, 110, 48-58. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.10.002>

- Ko, Y. (2013). Urban Form and Residential Energy Use: A Review of Design Principles and Research Findings. *Journal of Planning Literature*, 28(4), 327-351. <https://doi.org/10.1177/0885412213491499>
- Le Sud-Ouest, V. de M. (s.d.). *Politique d'achat responsable du Sud-Ouest : Local, social et durable*. Montréal : Ville de Montréal. Repéré à https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/politique_dachat_responsable_du_sud-ouest.pdf
- Leduc, G. (2008). Road Traffic Data: Collection Methods and Applications.
- Lin, T., Yu, Y., Bai, X., Feng, L., & Wang, J. (2013). Greenhouse Gas Emissions Accounting of Urban Residential Consumption: A Household Survey Based Approach. *PLOS ONE*, 8(2), e55642. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055642>
- Liu, Y., Ni, B.-J., Sharma, K. R., & Yuan, Z. (2015). Methane emission from sewers. *Science of The Total Environment*, 524-525, 40-51. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.029>
- Lotteau, M., Loubet, P., Pousse, M., Dufrasnes, E., & Sonnemann, G. (2015). Critical review of life cycle assessment (LCA) for the built environment at the neighborhood scale. *Building and Environment*, 93, 165-178. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.06.029>
- Maintenance Québec. (2019, 10 décembre). Visite de la station d'épuration Jean-R. Marcotte, Ville de Montréal. Repéré à <https://www.youtube.com/watch?v=4PVCbmxdt6Q>
- McKenna, A. (2023, 9 septembre). Des fourgons électriques pas cher pour les PME québécoises. *Le Devoir*. Repéré à <https://www.ledevoir.com/economie/797707/transport-fourgons-electriques-pas-cher-pme-quebecoises>
- McPherson, E. G., Van Doorn, N. S., & Peper, P. J. (2016). *Urban tree database and allometric equations* (Rapport No. PSW-GTR-253). Albany, CA : U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. <https://doi.org/10.2737/PSW-GTR-253>
- Mercure, P. (2023, 7 novembre). La bataille du gaz. *La Presse*. Repéré à <https://www.lapresse.ca/dialogue/chroniques/2023-11-07/la-bataille-du-gaz.php>
- Metrio inc. (2019). Émissions – GRI 305-1 - Émissions directes de gaz à effet de serre (Scope 1). Repéré à https://energir.metrio.net/indicators/environnement/emissions/emissions_assujetis_rdo
- Ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie. (2022, 11 mai). Structure économique. *Ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie*. Repéré à <https://www.economie.gouv.qc.ca/pages-regionales/montreal/portrait-regional/structure-economique>
- Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles. (2018, 16 mai). AQ routes (AQpro) [Carte géographique]. Repéré à <http://geoboutique.mern.gouv.qc.ca/>
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2024a). Déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère. Repéré à https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/declar_contaminants/index.htm

- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2024b). Programme Rénoclimat | Innovation et transition énergétiques. Repéré à <https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/residentiel/programmes/renoclimat>
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements Climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). (2022). *Guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre*. Repéré à <https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/guide-quantification/guide-quantification-ges.pdf>
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (2022). *Méthodologie de calcul d'émissions, description des secteurs et facteurs d'émission : Annexes à l'inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2019 et leur évolution depuis 1990*. Repéré à <https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/2019/inventaire1990-2019-annexes-calculs.pdf>
- Ministère du Développement durable de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (2016). *Élimination par catégorie de matières résiduelles au Québec par MRC, territoire équivalent et communauté métropolitaine - Année 2016*.
- Ministère du Développement durable de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (2016). *Élimination par catégorie de matières résiduelles au Québec par municipalité - Année 2016*. Repéré à https://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/donnees-elimination/Tonnages-2016_MUNS.pdf
- Mirabella, N., & Allacker, K. (2021). Urban GHG accounting: discrepancies, constraints and opportunities. *Buildings and Cities*, 2(1), 21-35. <https://doi.org/10.5334/bc.50>
- Montréal, V. de. (2022, 28 mai). Plan climat Montréal : objectif carboneutralité d'ici 2050. Repéré à <https://montreal.ca/articles/plan-climat-montreal-objectif-carboneutralite-dici-2050-7613>
- Montréal, V. de. (s.d.-a). Arrondissements. Repéré à <https://montreal.ca/arrondissements>
- Montréal, V. de. (s.d.-b). Le Sud-Ouest. Repéré à <https://montreal.ca/apropos/le-sud-ouest>
- Moore, D. P., Li, N. P., Wendt, L. P., Castañeda, S. R., Falinski, M. M., Zhu, J.-J., ... Zondlo, M. A. (2023). Underestimation of Sector-Wide Methane Emissions from United States Wastewater Treatment. *Environmental Science & Technology*, 57(10), 4082-4090. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c05373>
- Morissette, C. (2023, 22 novembre). Budget 2024 Programme décennal d'immobilisations 2024-2033. Montréal. Repéré à https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/COMMISSIONS_PERM_V2_FR/MEDIA/DOCUMENTS/PR%C9SENTATION_EAU_BUDGET2024_20231110.PDF
- Muthu, S. S. (Éd.). (2021). *Carbon Footprint Case Studies: Municipal Solid Waste Management, Sustainable Road Transport and Carbon Sequestration*. Singapore : Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-9577-6>
- Nguyen, T. T. T., & Wilson, B. G. (2010). Fuel consumption estimation for kerbside municipal solid waste (MSW) collection activities. *Waste Management & Research*, 28(4), 289-297. <https://doi.org/10.1177/0734242X09337656>

- Nicolau, F. (2006). valeurs-manquantes-ou-aberrantes.pdf. *Notes de cours*. Repéré à <https://www.i3s.unice.fr/~crescenz/publications/Florence/valeurs-manquantes-ou-aberrantes.pdf>
- Parcs Canada. (2022, 13 juillet). Nombre de passages des bateaux sur le Canal Lachine.
- Partenaires pour la protection du climat. (2021). Partenaires pour la protection du climat. Repéré à <https://fr.pcp-ppc.ca/>
- Pasher, J., McGovern, M., Khoury, M., & Duffe, J. (2014). Assessing carbon storage and sequestration by Canada's urban forests using high resolution earth observation data. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13(3), 484-494. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.05.001>
- Philibert, C. (2019). Direct and indirect electrification of industry and beyond. *Oxford Review of Economic Policy*, 35(2), 197-217. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grz006>
- Province of British Columbia. (2023). Provincial greenhouse gas emissions inventory - Province of British Columbia. Repéré à <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/climate-change/data/provincial-inventory>
- QGIS Development Team. (2022, 16 décembre). QGIS (version 3.28.2) [Software]. QGIS trademark. Repéré à <https://www.qgis.org/fr/site/>
- Recycle Away. (2024). Two-Stream Hanging Desk Basket for Recycling | Recycle Away. Repéré à <https://www.recycleaway.com/hanging-waste-basket-configurable-p-1905.html>
- Recyc-Québec. (2014, 3 décembre). market for municipal solid waste | municipal solid waste | Cutoff, S. [Jeu de données]. Repéré à Base de données Ecoinvent :ecoinvent_37_cutoff_lci_20201005_1_
- Régie de l'énergie du Canada. (2016). Tables de conversion d'unités d'énergie - Canada.ca. Repéré à <https://apps.cer-rec.gc.ca/Conversion/conversion-tables.aspx?GoCTemplateCulture=fr-CA>
- Régie de l'énergie du Québec. (2020). *Portrait du marché québécois de la vente au détail d'essence et de diesel*. Repéré à https://www.regie-energie.qc.ca/storage/app/media/la-regie/qui-sommes-nous/foire-aux-questions/produits-petroliers/RecensementEssenceries2019_Final_27-11-2020.pdf
- Régie de l'énergie du Québec. (2022, 27 juillet). Carburant vendu au Sud-Ouest (Essence et Diesel).
- Ressources naturelles Canada. (2009, 20 avril). ARCHIVÉE - Étape 1 : Calculez vos coûts et votre consommation d'énergie. Ressources naturelles Canada. Repéré à <https://www.rncan.gc.ca/cartes-outils-et-publications/publications/publications-de-lenergie/publications-sur-lefficacite-energetique/etape-1-calculez-vos-couts-et-votre-consommation-denergie/etape-1-calculez-vos-couts-et>
- Ressources naturelles Canada. (2012). *Le chauffage au mazout*. Repéré à https://natural-resources.canada.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/oeefiles/pdf/publications/Heating-with-Oil_FR.pdf
- Ressources naturelles Canada. (2022, 9 mai). Secteur résidentiel Québec1 Tableau 1 : Consommation d'énergie secondaire et émissions de GES par source d'énergie. Repéré à

- <https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/showTable.cfm?type=CP§or=res&juris=qc&rn=1&page=0>
- Ressources naturelles Canada. (2024, 26 mars). Secteur résidentiel Québec Tableau 14 : Nombre total de ménages par type de bâtiment et source d'énergie. Gouvernement du Canada, Ressources naturelles Canada. Repéré à <https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/showTable.cfm?type=CP§or=res&juris=qc&year=2021&rn=14&page=0>
- Ritchie, H., & Roser, M. (2022). Environmental Impacts of Food Production. *Our World in Data*. Repéré à <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food>
- Roger, C. (2023). *Modèle d'affaires équipement en tant que service : une valeur ajoutée pour les équipements véhiculaires*. Mémoire. École de technologie supérieure, Montréal. Repéré à https://espace.etsmtl.ca/id/eprint/3337/1/CONSTANTIN_Roger.pdf
- Rojas, G., & Grove-Smith, J. (2018). Improving Ventilation Efficiency for a Highly Energy Efficient Indoor Swimming Pool Using CFD Simulations. *Fluids*, 3(4), 92. <https://doi.org/10.3390/fluids3040092>
- Rousseau Mccann, A. (2021, 18 juin). [Données bâtiments municipaux / exemplarité - collecte RA-MR]. Repéré à Données brutes inédites.
- Santé Canada. (2023, 18 décembre). Tableaux des apports nutritionnels de référence : Valeurs de référence relatives aux macronutriments. [ensembles de données]. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/aliments-nutrition/saine-alimentation/apports-nutritionnels-reference/tableaux/valeurs-reference-relatives-macronutriments.html>
- Santovito, R. F., Abiko, A. K., & Bienert, S. (2015). Discrepancies on community-level GHG Emissions Inventories. *Environmental Science*. https://doi.org/10.15396/ERES2015_282
- Satterthwaite, D. (2008). Cities' contribution to global warming: notes on the allocation of greenhouse gas emissions. *Environment and Urbanization*, 20(2), 539-549. <https://doi.org/10.1177/0956247808096127>
- Service du développement économique de la Ville de Montréal. (2018). *Profil Sociodémographique Recensement 2016: Arrondissement du Sud-Ouest*. Montréal. Repéré à https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/MTL_STATS_FR/MEDIA/DOCUMENTS/PROFIL_SOCIOD%C9MO_SUD-OUEST%202016.PDF
- Service du greffe. (2019). *Lutte contre les changements climatiques, bonnes pratiques et outils d'aide à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES)*. Montréal : Ville de Montréal. Repéré à https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/COMMISSIONS_PERM_V2_FR/MEDIA/DOCUMENTS/RAPPORT_LUTTE_20191022.PDF
- Smith, C., Nicholls, Z. R. J., Froster, P., Meinshausen, M., Palmer, M. D., & Watanabe, M. (2021). *IPCC AR6 WGI: Chapter 7 : The Earth's energy budget, climate sensitivity - Supplementary Material*.
- Société de l'assurance automobile du Québec. (2020a). *Bilan 2019 : accidents, parc automobile et permis de conduire*. Repéré à <https://saaq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/espace-recherche/dossier-statistique-bilan-national-2019.pdf>

- Société de l'assurance automobile du Québec. (2020b, 14 juillet). Véhicules en circulation - Véhicules en circulation, 2019 - Données Québec [Jeu de données]. Repéré à <https://dq-prd-bucket1.s3.ca-central-1.amazonaws.com/saaq/vehicule-en-circulation-2019.csv>
- Société de transport de Montréal (STM). (2022, 19 août). Électricité métro.
- Song, C., Zhu, J.-J., Willis, J. L., Moore, D. P., Zondlo, M. A., & Ren, Z. J. (2023). Methane Emissions from Municipal Wastewater Collection and Treatment Systems. *Environmental Science & Technology*, 57(6), 2248-2261. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c04388>
- Song, N., Aguilar, F. X., Shifley, S. R., & Goerndt, M. E. (2012). Factors affecting wood energy consumption by U.S. households. *Energy Economics*, 34(2), 389-397. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.12.009>
- Statistiques Canada. (1999). Véhicules automobiles, Ventes de carburants. Repéré à <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/53-218-x/00099/4083724-fra.htm>
- Statistiques Canada. (2015, 27 novembre). Les ménages et l'environnement : utilisation de l'énergie : Tableau 4-2 — Consommation moyenne d'énergie des ménages, selon les caractéristiques du ménage et du logement, 2011 — Taille de la superficie chauffée. Repéré à <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-526-s/2013002/t006-fra.htm>
- Statistiques Canada. (2021). DONNÉES DU RECENSEMENT DE 2021_AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL_TOTAUX ET POURCENTAGES_0.XLSX. [Jeu de données]. Repéré à <http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/url/ITEM/E8425AA1354D2034E0530A9301322034>
- Stockholm Environment Institute. (2019). *Estimating consumption-based greenhouse gas emissions at the city scale*. Repéré à <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2019/03/estimating-consumption-based-greenhouse-gas-emissions.pdf>
- Teehan, P., & Kandlikar, M. (2013). Comparing Embodied Greenhouse Gas Emissions of Modern Computing and Electronics Products. *Environmental Science & Technology*, 47(9), 3997-4003. <https://doi.org/10.1021/es303012r>
- Teicher, H. M. (2023). Making embodied carbon mainstream: a framework for cities to leverage waste, equity, and preservation policy to reduce embodied emissions in buildings. *Journal of Environmental Studies and Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s13412-023-00836-7>
- Transition énergétique Québec. (2019). Facteurs d'émission et de conversion. Repéré à <https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/FacteursEmission.pdf>
- U.S. Energy Information Administration. (2021, 14 juin). Use of energy in homes - U.S. Energy Information Administration (EIA). Repéré à <https://www.eia.gov/energyexplained/use-of-energy/homes.php>
- US EPA. (2023). *Recommended Procedures for Development of Emissions Factors and Use of the WebFIRE Database* (Rapport No. EPA-453/R-23-001). North Carolina. Repéré à https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-01/Final%20WebFIRE%20Procedures%20Document_Jan%202023.pdf
- US EPA, O. (2019, 22 février). Can I use MOVES to Model Emissions from Vehicles in other Countries? *EPA*. [Overviews and Factsheets]. Repéré à <https://www.epa.gov/moves-0>

- US EPA Office of Research and Development, & Clean Air Technology Center. (2005, mai). Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) (version 3.03) [Software]. United States of America. Repéré à <https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-06/landgem-v303.xlsm>
- Via Rail Canada. (2019a). *Annual Report 2019*. Repéré à https://media.viarail.ca/sites/default/files/publications/2019%20VIA%20RAIL%20A_R_ENGLISH.pdf
- Via Rail Canada. (2019b). *Sustainability Report 2019*. Repéré à https://media.viarail.ca/sites/default/files/publications/2019_Sustainability_Report_EN.pdf
- Viana, L. R., Cheriet, M., Nguyen, K.-K., Marchenko, D., & Boucher, J.-F. (2022). Sending fewer emails will not save the planet! An approach to make environmental impacts of ICT tangible for Canadian end users. *Sustainable Production and Consumption*, 34, 453-466. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.09.025>
- Ville de Montréal. (2013, 14 octobre). Quadrillage SQRC (Système québécois de référence cartographique) [Carte géographique]. Repéré à <https://donnees.montreal.ca/dataset/quadrillage-sqrc>
- Ville de Montréal. (2018). *L'Atlas sociodémographique 2016 : Arrondissement du Sud-Ouest*. Ville de Montréal. Repéré à https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/MTL_STATS_FR/MEDIA/DOCUMENTS/LE%20SUD-OUEST_2016.PDF
- Ville de Montréal. (2019). *Ensemble des secteurs d'industrie*. Montréal. Repéré à https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/MTL_STATS_FR/MEDIA/DOCUMENTS/ENSEMBLE%20DES%20SECTEURS_2019.PDF
- Ville de Montréal. (2022a, 13 octobre). Indice canopée Sud-Ouest.
- Ville de Montréal. (2023a). *Émissions de gaz à effet de serre de la collectivité montréalaise - Inventaire 2019 et 2020*. Repéré à https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/inventaires_des_émissions_de_gaz_a_effet_de_serre_2019_et_2020_-_collectivite_montrealaise_-sommaire_vf_1.pdf
- Ville de Montréal. (2023b, 21 mars). Plan d'urgence climatique 2021-2030 de Saint-Laurent. Repéré à <https://montreal.ca/articles/plan-durgence-climatique-2021-2030-de-saint-laurent-20949>
- Ville de Montréal. (2023c, 18 décembre). Nouveaux bâtiments : interdiction des appareils de chauffage à combustion. Repéré à <https://montreal.ca/articles/nouveaux-batiments-interdiction-des-appareils-de-chauffage-combustion-61223>
- Ville de Montréal. (2023d, 29 décembre). Comptages des véhicules, cyclistes et piétons aux intersections munies de feux de circulation - Site web des données ouvertes de la Ville de Montréal. Repéré à <https://donnees.montreal.ca/dataset/comptage-vehicules-pietons>
- Ville de Montréal. (2024a, 6 mars). Nouveaux bâtiments : interdiction des appareils de chauffage à combustion. Repéré à <https://montreal.ca/articles/nouveaux-batiments-interdiction-des-appareils-de-chauffage-combustion-61223>
- Ville de Montréal. (2024b, 5 avril). Le Sud-Ouest engagé dans l'achat local et responsable. Repéré à <https://montreal.ca/articles/le-sud-ouest-engage-dans-lachat-local-et-responsable-28157>

- Ville de Montréal, S. des infrastructures du réseau routier. (2022b, 8 juin). Limites administratives de l'agglomération de Montréal (arrondissements et villes liées) [Carte géographique]. Repéré à <https://donnees.montreal.ca/dataset/limites-administratives-agglomeration>
- Wagner, S., Beltran, A., Brouillard, V. A., Marquis, M.-È., & Sternon, Y. (2016). *Inventaire des émissions de gaz à effet de serre 2013 - Collectivité montréalaise*. Repéré à https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/inventaire_ges_collectivite_montrealaise_2013.pdf
- Wang, F., Harindintwali, J. D., Yuan, Z., Wang, M., Wang, F., Li, S., ... Chen, J. M. (2021). Technologies and perspectives for achieving carbon neutrality. *The Innovation*, 2(4), 100180. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2021.100180>
- Wang, Y., & Akbari, H. (2016). Analysis of urban heat island phenomenon and mitigation solutions evaluation for Montreal. *Sustainable Cities and Society*, 26, 438-446. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.04.015>
- Weidema, B. P., Thrane, M., Christensen, P., Schmidt, J., & Løkke, S. (2008). Carbon Footprint. *Journal of Industrial Ecology*, 12(1), 3-6. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00005.x>
- Whitmore, J., & Pineau, P.-O. (2021). *L'état de l'énergie au Québec, Édition 2021*. Montréal, Qc. : HEC Montréal. Repéré à https://www.connaissancedesenergies.org/sites/default/files/pdf-pt-vue/EEQ2021_web.pdf
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2007). A Definition of 'Carbon Footprint'. Repéré à <https://wiki.epfl.ch/hdstudio/documents/articles/a%20definition%20of%20carbon%20footprint.pdf>
- Wiedmann, T., Schandl, Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., West, J., & Kanemoto, K. (2013). The material footprint of nations. *PNAS*, 112(20), 6271-6276. <https://doi.org/10.1073/pnas.1220362110>
- Williams, J. P., Ars, S., Vogel, F., Regehr, A., & Kang, M. (2022). Differentiating and Mitigating Methane Emissions from Fugitive Leaks from Natural Gas Distribution, Historic Landfills, and Manholes in Montréal, Canada. *Environmental Science & Technology*, 56(23), 16686-16694. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c06254>
- Winter, J., Johnston, S., & Eidelman, G. (2022). *The Municipal Role in Climate Policy – IMFG* (Rapport No. 3). Toronto, Ontario, Canada : University of Toronto. Repéré à <https://imfg.munkschool.utoronto.ca/report/climate-policy/>
- Witi, J., & Romano, D. (2019). *Chapter 8: Reporting Guidance and Tables*. Repéré à https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/1_Volume1/19R_V1_Ch08_Reporting_Guidance.pdf
- Xu, L., Cui, S., Tang, J., Yan, X., Huang, W., & Lv, H. (2018). Investigating the comparative roles of multi-source factors influencing urban residents' transportation greenhouse gas emissions. *Science of The Total Environment*, 644, 1336-1345. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.072>

BIBLIOGRAPHIE

- Boukili, Vanessa K. S., Daniel P. Bebbler, Tegan Mortimer, Gitte Venicx, David Lefcourt, Mark Chandler, and Cristina Eisenberg. "Assessing the Performance of Urban Forest Carbon Sequestration Models Using Direct Measurements of Tree Growth." *Urban Forestry & Urban Greening* 24 (May 1, 2017): 212–21. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.015>.
- Seattle, Madeleine, Lauren Stanislaw, Robert Xu, and Madeleine McPherson. "Integrated Transportation, Building, and Electricity System Models to Explore Decarbonization Pathways in Regina, Saskatchewan." *Frontiers in Sustainable Cities* 3 (November 3, 2021). <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.674848>.
- Auclair, Olivia, and Sergio A. Burgos. "Protein Consumption in Canadian Habitual Diets: Usual Intake, Inadequacy, and the Contribution of Animal- and Plant-Based Foods to Nutrient Intakes." *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 46, no. 5 (May 2021): 501–10. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0760>.
- Poore, J., and T. Nemecek. "Reducing Food's Environmental Impacts through Producers and Consumers." *Science (New York, N.Y.)* 360, no. 6392 (June 1, 2018): 987–92. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>