

DÉVELOPPEMENT DURABLE : VERS UNE MESURE DE L'INTENSITÉ CARBONE DES ACTIVITÉS MUNICIPALES AU QUÉBEC

BRYAN CAMPBELL
MICHEL MAGNAN
ROBERT NORMAND
ELIZABETH LABONTÉ
LÉO LAMY-LALIBERTÉ



Les rapports de projet sont destinés plus spécifiquement aux partenaires et à un public informé. Ils ne sont ni écrits à des fins de publication dans des revues scientifiques ni destinés à un public spécialisé, mais constituent un médium d'échange entre le monde de la recherche et le monde de la pratique.

Project Reports are specifically targeted to our partners and an informed readership. They are not destined for publication in academic journals nor aimed at a specialized readership, but are rather conceived as a medium of exchange between the research and practice worlds.

Le CIRANO est un organisme sans but lucratif constitué en vertu de la Loi des compagnies du Québec. Le financement de son infrastructure et de ses activités de recherche provient des cotisations de ses organisations-membres, d'une subvention d'infrastructure du gouvernement du Québec, de même que des subventions et mandats obtenus par ses équipes de recherche.

CIRANO is a private non-profit organization incorporated under the Quebec Companies Act. Its infrastructure and research activities are funded through fees paid by member organizations, an infrastructure grant from the government of Quebec, and grants and research mandates obtained by its research teams.

Les partenaires du CIRANO – CIRANO Partners

Partenaires Corporatifs - Corporate Partners

Autorité des marchés financiers
Banque de développement du Canada
Banque du Canada
Banque Nationale du Canada
Bell Canada
BMO Groupe financier
Caisse de dépôt et placement du Québec
Énergir
Hydro-Québec
Intact Corporation Financière
Investissements PSP
Manuvie
Mouvement Desjardins
Power Corporation du Canada
VIA Rail Canada

Partenaires gouvernementaux - Governmental partners

Ministère des Finances du Québec
Ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie
Innovation, Sciences et Développement Économique Canada
Ville de Montréal

Partenaires universitaires - University Partners

École de technologie supérieure
École nationale d'administration publique de Montréal
HEC Montreal
Institut national de la recherche scientifique
Polytechnique Montréal
Université Concordia
Université de Montréal
Université de Sherbrooke
Université du Québec
Université du Québec à Montréal
Université Laval
Université McGill

Le CIRANO collabore avec de nombreux centres et chaires de recherche universitaires dont on peut consulter la liste sur son site web. CIRANO collaborates with many centers and university research chairs; list available on its website.

© Avril 2025. Bryan Campbell, Michel Magnan, Robert Normand, Elizabeth Labonté, Léo Lamy-Laliberté. Tous droits réservés. *All rights reserved.* Reproduction partielle permise avec citation du document source, incluant la notice ©. *Short sections may be quoted without explicit permission, if full credit, including © notice, is given to the source.*

Les idées et les opinions émises dans cette publication sont sous l'unique responsabilité des auteurs et ne représentent pas les positions du CIRANO ou de ses partenaires. *The observations and viewpoints expressed in this publication are the sole responsibility of the authors; they do not represent the positions of CIRANO or its partners.*

Développement durable : Vers une mesure de l'intensité carbone des activités municipales au Québec

Bryan Campbell^{}, Michel Magnan[†], Robert Normand[‡], Elizabeth Labonté[§],
Léo Lamy-Laliberté^{**}*

Résumé/Abstract

Le projet vise à élaborer un modèle de tableau de bord des émissions de gaz à effet de serre (GES) pour les municipalités québécoises. Aux fins du tableau de bord, les émissions de GES sont converties en équivalent carbone. Ce tableau de bord se focalise sur les émissions de portées 1 et 2 découlant des activités de la ville, telles que consignées dans les états financiers de celle-ci. Globalement, la méthodologie utilisée repose sur l'intersection entre les états financiers d'une ville et sa réalité d'exploitation amenant des émissions de carbone. Compte tenu des connaissances actuelles, les secteurs d'activité suivants sont ciblés, car ils représentent des sources potentielles importantes d'émissions de carbone sur lesquelles les villes ont une capacité d'action directe : 1) le transport; 2) la consommation d'énergie stationnaire (gaz et électricité), essentiellement pour le parc immobilier; 3) la gestion des matières résiduelles (y compris le traitement des eaux usées). Quatre villes ont accepté de participer à ce projet-pilote : Trois-Rivières, Victoriaville, Varennes et Nicolet.

L'objectif est de fournir un cadre analytique simple et rigoureux aux principaux acteurs pour que la mesure des émissions de GES puisse s'intégrer dans leur politique financière et leur reddition des comptes. Les municipalités et les autres organismes municipaux appliquent les normes comptables canadiennes pour le secteur public établies par le Conseil sur la comptabilité dans le secteur public (CCSP). Cette normalisation apporte de la clarté et permet de comparer facilement les villes entre elles sur le plan financier et sur celui de l'exploitation. En outre, les règles et l'encadrement du ministère des Affaires municipales renforcent cette standardisation. En effet, chaque poste budgétaire rend compte de l'ensemble des factures et des déboursés pour un bien ou un service donné. Or, ces factures reflètent à la fois un prix unitaire et une quantité donnée.

Sur la base d'analyse en profondeur des comptes budgétaires composant le grand livre comptable, nous avons repéré ceux qui contiennent des dépenses génératrices d'émissions de carbone. Les déboursés sous-tendant ces comptes (essentiellement les factures qui les constituent) sont ensuite revus afin de déterminer les prix unitaires et les quantités d'intrants unitaires (p. ex. litres d'essence) consommées. Pour terminer, en nous appuyant sur les

^{*} CIRANO

[†] Université Concordia, CIRANO

[‡] Polytechnique Montréal, CIRANO

[§] Polytechnique Montréal

^{**} Polytechnique Montréal

protocoles reconnus et des données de balisage (Protocole des GES et base de données ecoinvent), nous avons associé une quantité d'émissions de carbone par unité d'intrant consommée et, par conséquent, estimé la quantité totale de carbone émise pour un compte budgétaire donné. Un ratio tonnes de carbone émises par dollar dépensé peut alors être inféré pour les trois grands secteurs d'activité visés. On produit pour chaque ville un tableau de bord de synthèse s'appuyant sur une méthodologie standardisée et des hypothèses validées.

Nos analyses reflètent le fait que l'intensité carbone par dollar dépensé est conditionnelle à certains choix stratégiques : utilisation d'électricité ou de gaz naturel pour le chauffage des bâtiments, utilisation de véhicules électriques ou à essence, collecte et gestion de déchets sélective avec ou sans obligation de compostage. D'autres dimensions (p. ex. la superficie de la municipalité) peuvent également avoir un effet sur l'intensité carbone des dépenses et sont également examinées, mais la mesure de leur impact exige un échantillonnage plus grand. Enfin, nos travaux font également ressortir un certain nombre d'enjeux dans l'utilisation systématique de l'approche proposée par un plus grand nombre de municipalités. La résolution de ces enjeux nécessite de poser certaines hypothèses et d'effectuer d'autres manipulations, que nous analysons.

The aim of the project is to develop a greenhouse gas (GHG) emissions dashboard model for Quebec municipalities. For the purposes of the dashboard, GHG emissions are converted to carbon equivalents. The dashboard focuses on Scope 1 and 2 emissions arising from the city's activities, as recorded in its financial statements. Overall, the methodology used is based on the intersection between a city's financial statements and its operating reality, which generates carbon emissions. Based on current knowledge, the following sectors of activity are targeted, as they represent major potential sources of carbon emissions over which cities have a direct capacity of action: 1) transportation; 2) stationary energy consumption (gas and electricity), mainly for the real estate; 3) waste management (including wastewater treatment). Four cities have agreed to take part in this pilot project: Trois-Rivières, Victoriaville, Varennes and Nicolet.

The aim is to provide a simple, rigorous analytical framework for key players to integrate GHG emissions measurement into their financial policy and reporting. Municipalities and other municipal organizations follow the Canadian Public Sector Accounting Standards established by the Public Sector Accounting Standards (PSAS). This standardization provides clarity and makes it easy to compare the financial and operating performance of different cities. In addition, the rules and guidelines of the Ministry of Municipal Affairs reinforce this standardization. In fact, each budget item accounts for all invoices and disbursements for a given good or service. These invoices reflect both a unit price and a specific quantity.

Based on an in-depth analysis of the budgetary accounts making up the accounting ledger, we have identified those that contain carbon-generating expenses. The disbursements underlying

these accounts (essentially the invoices that make them up) are then reviewed to determine the unit prices and unit input quantities (e.g. liters of petrol) consumed. Finally, using recognized protocols and benchmarking data (GHG Protocol and ecoinvent database), we associate a quantity of carbon emissions per unit of input consumed and, consequently, estimate the total quantity of carbon emitted for a given budget account. A ratio of tons of carbon emitted per dollar spent can then be inferred for the three main sectors of activity targeted. A summary dashboard is produced for each city, based on a standardized methodology and validated scenarios.

Our analyses reflect the fact that carbon intensity per dollar spent is conditional on strategic choices such as the use of electricity or natural gas to heat buildings, the use of electric or gas-powered vehicles, and selective waste collection and management with or without composting obligations. Other dimensions (e.g. municipal area) can also have an effect on the carbon intensity of expenditure and are also examined, but measuring their impact requires a larger sample size. Finally, our work also highlights a number of challenges in the systematic use of the proposed approach by a larger number of municipalities. Resolving these issues requires certain hypotheses and other manipulations, which we analyze.

Mots-clés/Keywords : Tableau de bord, gaz à effet de serre (GES), émissions, municipalités, politique financière / Dashboard, greenhouse gases (GHG), emissions, municipalities, financial policy

Pour citer ce document / To quote this document

Campbell, B., Magnan, M., Normand, R., Labonté, E., & Lamy-Laliberté, L. (2025). Développement durable : Vers une mesure de l'intensité carbone des activités municipales au Québec (2025RP-13, Rapports de projets, CIRANO.) <https://doi.org/10.54932/DUSE4052>

Table des matières

	Page
1. Introduction	5
2. Fondements de l'approche de mesure utilisée	11
2.1 Un référentiel mondial	11
2.2 Un référentiel québécois pour les municipalités	14
2.3 Approche méthodologique proposée	16
3. Méthodologie	18
3.1 Mise en contexte	18
3.1.1 Portée de l'analyse	18
3.1.2 Sources de données à l'échelle des municipalités	18
3.1.3 Portée et critères de sélection des dépenses	19
3.2 Impact carbone : base d'estimation	20
3.2.1 La base de données ecoinvent	20
3.2.2 Modèle de système d'attribution du carbone	21
3.3 Impact carbone : application	23
3.3.1 Bâtiments et installations à usage commercial ou institutionnel	24
3.3.2 Transport	26
3.3.3 Déchets	28
3.4 Considérations additionnelles	29
3.4.1 Énergie stationnaire	29
3.4.2 Transport	30
3.4.3 Déchets	30
4. Résultats	34
4.1 Aperçu des villes participantes	34
4.2 Paramètres	34
4.2.1 Prix et tarifs	35
4.2.2 Facteurs d'émission	36
4.3 Tableaux de bord d'émissions de carbone	37
4.3.1 Présentation des tableaux de bord individuels par ville	37
4.3.2 Analyse comparative	39
5. Analyse globale et recommandations – Enjeux de mesure et de communication	41
5.1 Traçabilité de l'intensité carbone	42
5.2 Disponibilité de l'intensité carbone en cas d'externalisation	43
5.3. Conditionnement ou traitement des déchets	43
5.4 Services conjoints ou régionaux	44
5.5 Classification comptable	45
5.6 Vers un catalogue de mesure des émissions	45
6. Conclusion	47
Références	49
Annexe	64

Liste des tableaux

		Page
Tableau 1	Catégories d'impact	51
Tableau 2	Tarifs énergétiques pour 2023	52
Tableau 3	Facteurs d'émissions de différentes sources d'énergie	53
Tableau 4	Tarifs moyens des carburants de transport pour 2023	54
Tableau 5	Paramètre propre à la ville de Nicolet – Déchets	55
Tableau 6	Paramètre propre à la ville de Nicolet – Coût de traitement des eaux	56
Tableau 7	Quantité de matière résiduelle éliminée par catégories de matières résiduelles. Quantités de déchets éliminés par habitant en moyenne en 2021 par catégorie	57
Tableau 8	Tableaux de bord sommaires	58
Tableau 9	Intensité carbone (kg de CO ₂) par dollar dépensé selon les secteurs d'activité	62
Tableau 10	Tableau sommaire des émissions de carbone des secteurs combinés relativement à différents indicateurs	63

1. INTRODUCTION

Selon un récent rapport de KPMG International, l'atteinte des cibles mondiales et nationales de carboneutralité repose en grande partie sur les décisions et actions des villes en matière de gestion des risques climatiques¹. Cependant, la capacité des administrations municipales d'agir en ce qui touche la carboneutralité est à géométrie variable, d'autres ordres de gouvernement étant impliqués. En outre, les émissions de carbone attribuées à une ville proviennent essentiellement des activités de ses citoyens et des entreprises en activité sur son territoire. Selon certaines estimations, les émissions émanant des services offerts par l'administration municipale représentent environ 3 % des émissions totales d'une collectivité². Cependant, la gestion de la carboneutralité par l'administration municipale peut avoir un effet d'entraînement important sur la population et le secteur privé en général³. La transparence en matière de développement durable (par l'intermédiaire de la plateforme CDP [autrefois Carbon Disclosure Project], par exemple) nécessite des efforts de mesure et de suivi continus et rigoureux pour une prise de décisions et des actions éclairées.

Dans ce contexte, notre projet vise l'élaboration d'un modèle de tableau de bord des émissions de carbone découlant des activités propres à la gestion d'une ville. Par carbone, nous entendons les émissions de gaz à effet de serre (GES), soit principalement le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O). Les émissions de méthane et de protoxyde d'azote sont converties en équivalent de dioxyde de carbone, ou équivalent CO₂, pour faciliter l'analyse et l'interprétation. Ces émissions résultent des décisions et choix de l'administration municipale et envoient un signal important à la communauté en ce qui a trait à la lutte contre les changements climatiques.

¹ <https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2022/10/net-zero-readiness-spotlight-cities.html?33>

Il est à noter que le rapport traite de l'ensemble des émissions de carbone émanant d'une ville, la plus grande partie provenant des activités des entreprises et des citoyens qui se trouvent sur son territoire.

² <https://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/climat-municipalites2/profil-emissions.pdf>

³ https://imfg.munkschool.utoronto.ca/wp-content/uploads/2022/08/imfgwdw_no3_climatepolicy_august_25_2022.pdf

Notre projet s'inscrit dans la continuité de plusieurs initiatives de mesure des émissions de carbone adoptées par les villes, mais il se concentre sur leurs activités les plus poussées en matière de carbone, avec un cadre d'analyse et d'estimation structuré, mais moins complexe⁴. En effet, quoique des données de type macro existent, et malgré l'importance de limiter et réduire les GES, peu de municipalités ont les ressources nécessaires pour évaluer leurs propres émissions et leurs effets. L'ampleur des coûts inhérents en ressources financières et humaines et l'absence d'un cadre simple et rigoureux expliquent cette situation. La mesure de l'empreinte carbone repose sur un ensemble de postulats et d'hypothèses portant notamment sur le cycle de vie des biens matériels détenus et exploités, et implique également la collecte de données très granulaires, exercice difficile lorsque les systèmes d'information n'ont pas été conçus dans une telle perspective.

Premier choix critique dans la réalisation du projet : la détermination de la portée des émissions à consigner dans le tableau de bord. L'une des difficultés est de faire en sorte que l'intensité carbone d'une ville reflète ses émissions directes et indirectes. Les émissions directes proviennent de sources détenues ou contrôlées par la ville. Les émissions indirectes résultent des activités de la ville, mais émanent de sources détenues ou contrôlées par d'autres entités ou organisations, par exemple, des fournisseurs.

À cet égard, le Protocole des gaz à effet de serre (Protocole des GES), référence incontournable en la matière, distingue trois portées d'émission⁵ :

- **Les émissions de portée 1** relèvent directement de l'organisation, c'est-à-dire qu'elles viennent de sources directement contrôlées par celle-ci. Essentiellement, à l'échelle d'une municipalité, il s'agit des émissions découlant de l'utilisation de carburant par les véhicules municipaux, de la gestion des déchets et matières résiduelles et des activités industrielles que pourrait mener une ville.

⁴ On peut citer notamment le matériel produit par l'initiative « C40 Cities », dont fait partie la ville de Montréal. En outre, le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) a développé une approche de mesure des GES s'inspirant des comptes financiers des villes, mais il se concentre uniquement sur les émissions de GES de portée 1.

⁵ <https://ghgprotocol.org/>

- **Les émissions de portée 2** découlent essentiellement de la consommation d'énergie (électricité et gaz) par l'infrastructure physique (immeubles) d'une organisation.
- **Les émissions de portée 3** viennent d'activités d'actifs qui ne sont pas directement contrôlés par l'organisation, mais résultent de l'achat de produits auprès de fournisseurs ou de clients utilisant les produits. La majorité des émissions totales de GES d'une organisation sont généralement de portée 3; ce sont les plus difficiles à calculer et elles peuvent avoir des répercussions majeures sur l'organisation et l'économie dans laquelle elle exerce ses activités.

Aux fins de ce projet, nous nous focalisons sur le niveau d'émissions de carbone découlant des activités directement sous le contrôle des municipalités, c'est-à-dire les émissions dites de portées 1 et 2⁶. Plus précisément, et à la lumière des connaissances actuelles sur l'intensité carbone des activités municipales, nous nous concentrons sur les secteurs d'activité suivants : 1) l'énergie consommée pour le fonctionnement des infrastructures physiques, ou énergie stationnaire; 2) le transport (essentiellement la consommation d'essence et de diesel); 3) la gestion des déchets et matières organiques. Un quatrième secteur, qui touche les procédés industriels, n'a pas été évalué en raison du manque d'information à cet égard.

L'approche retenue pour la réalisation de ce projet s'appuie sur un système d'information existant dans toutes les villes, soit celui de l'information financière menant à la production des états financiers. Ce système d'information est encadré par des normes comptables et gouvernementales précises qui régissent la reddition de compte par les villes. Ces mêmes normes déterminent comment les factures d'achats de biens et services sont ventilées et attribuées. Enfin, comme les villes visées sont québécoises, elles sont assujetties à l'encadrement du ministère des Affaires municipales, ce qui rend leurs données et systèmes comparables. Notre approche est également compatible avec le cadre de référence proposé par le ministère de l'Environnement du Québec dans les guides et profils jusqu'à présent.

⁶ <https://fondsmunicipalvert.ca/ressources/fiche-dinformation-gouvernance-municipale-pour-une-decarbonisation-en-profondeur>

Nous considérons que l'établissement d'un tableau de bord des émissions de carbone s'appuyant sur le système d'information financière en vigueur dans la plupart des villes donne un potentiel d'application générale à notre approche. Une fois cette approche validée de manière plus exhaustive, on pourrait envisager le déploiement de l'outil à plus grande échelle. Il faut toutefois préciser que, préalablement à ce déploiement, une licence d'utilisation devrait avoir été négociée et obtenue de la part d'ecoinvent, le fournisseur de facteurs d'émissions de carbone. En outre, il faudrait résoudre certains enjeux de systématisation ou, à tout le moins, atténuer leur impact.

Après avoir déterminé la portée des émissions à inclure dans le tableau de bord, nous devons trouver quatre villes représentatives des grandes catégories de municipalités québécoises⁷. Notre choix initial s'est porté sur Trois-Rivières (plus de 100 000 habitants), Victoriaville (entre 25 000 et 99 999 habitants), Varennes (entre 10 000 et 24 999 habitants) et Nicolet (moins de 10 000 habitants). Chaque ville a été contactée et des rencontres préliminaires et de suivi ont été réalisées avec les responsables du dossier de développement durable et des représentants de la direction financière. Ces rencontres ont permis d'évaluer quelles informations sont disponibles, et ce, de manière comparable entre les municipalités.

Le troisième enjeu méthodologique porte sur l'estimation des émissions de portées 1 et 2 pour les secteurs d'activité ciblés. L'intuition guidant notre approche est la suivante (en nous focalisant sur les intrants à forte intensité carbone) :

Dépense (selon les états financiers) = Prix moyen de l'intrant X Quantité d'intrants consommée

À partir de la quantité d'intrants consommée, il sera possible d'estimer les émissions de carbone générées en se servant d'outils référentiels reconnus. Une analyse des postes de charges présentés aux états financiers ainsi que des comptes comptables sous-jacents tels que reflétés dans les grands livres des villes nous permet de faire le lien avec les déboursés (factures), qui contiennent les informations de base (p. ex. quantités d'essence, de diesel ou d'électricité achetées). Notons qu'aux fins de nos analyses, les activités pour lesquelles la ville avait recours à des sous-traitants, comme le déneigement ou la gestion des déchets, ont été internalisées, c'est-à-dire que nous avons

⁷https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/organisation_municipale/organisation_territoriale/BRO_OrganisationMunicipale_2020.pdf

posé l'hypothèse que ces activités étaient conduites par la ville elle-même. Cette hypothèse permet de comparer l'intensité carbone de ces activités entre des villes qui ont fait des choix d'externalisation ou d'internalisation différents. Une fois les factures types d'achat d'intrants à forte intensité carbone identifiées et leurs données colligées, nous rapprochons cette information avec des outils de référence (p. ex. base de données ecoinvent) afin d'obtenir un portrait des émissions de portées 1 et 2 sous le contrôle des villes. Nous avons également fait certains choix méthodologiques et posé certaines hypothèses pour obtenir des mesures relativement fiables et comparables. À cet égard, le Protocole des GES fournit un ensemble de facteurs d'émission par défaut pour les activités commerciales de secteurs précis. Ces facteurs d'émission sont des moyennes basées sur les ensembles de données les plus complets disponibles et sont identiques à ceux utilisés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Cette préférence pour des facteurs d'émission précis plutôt que généraux est conforme au Programme canadien de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES). L'approche pourra être généralisée lors d'un projet distinct.

Les résultats de nos analyses montrent que plusieurs choix stratégiques ont une incidence importante sur les émissions de carbone d'une ville. Par exemple, la collecte sélective des déchets et le compostage ont un impact majeur sur l'intensité carbone de la gestion des déchets. Le chauffage à l'électricité plutôt qu'au gaz naturel a également un impact majeur. D'autres choix représentent des défis lors de l'élaboration d'un tableau de bord complet des émissions de carbone. Par exemple, certaines municipalités ont leur propre corps de police alors que d'autres ont recours à la Sûreté du Québec. Comme celle-ci couvre un vaste territoire, il est difficile d'évaluer l'impact de sa couverture d'une ville en particulier sur les émissions de carbone totales de celles-ci. De même, certaines villes assument elles-mêmes des activités alors que d'autres ont recours à la municipalité régionale de comté (MRC) pour ces mêmes activités. Montrer un portrait complet demanderait d'avoir accès aux données de la MRC, ce qui est hors de portée pour le présent projet.

Il faut préciser que l'objet des tableaux de bord par ville n'est pas nécessairement de comparer celles-ci entre elles, mais bien de leur permettre d'établir leur propre diagnostic et de mesurer l'évolution de leurs émissions dans le temps. En d'autres termes, les indicateurs contenus dans le tableau de bord deviennent une référence de départ dans la gestion de la décarbonation. Des

analyses comparatives intervalles peuvent être utiles, mais dans l'optique de mieux comprendre l'impact carbone de certaines pratiques.

Le produit final du projet est fourni dans une annexe sous forme de chiffrier Excel. Il s'agit de tableaux de bord pour les villes ayant participé au projet accompagnés d'une matrice complète compilant données factuelles, hypothèses validées et paramètres afin d'obtenir des mesures des émissions de carbone de portées 1 et 2 pour les secteurs d'activité concernés (énergie stationnaire, transport et gestion des déchets).

2. FONDEMENTS DE L'APPROCHE DE MESURE UTILISÉE

La comptabilité des émissions de carbone, que ce soit pour les organisations en général ou les villes en particulier, est un sujet pour lequel il existe une documentation abondante, particulièrement variée et, souvent, très technique. Par conséquent, nous n'avons pas l'intention dans cette section de récapituler cette littérature. Outre l'aspect technique de plusieurs sources, l'approche poursuivie dans le présent projet limiterait l'utilité sur le plan pratique d'une telle recension. Notre objectif est plutôt de situer notre méthodologie dans le contexte d'une initiative internationale en cours visant à mesurer et à déclarer l'inventaire des gaz à effet de serre (GES) associés à l'activité économique d'une ville donnée.

Nous nous concentrons d'abord sur une méthodologie adoptée par de nombreuses villes pour mesurer leur empreinte carbone de manière quantifiable, cohérente et comparative. Nous examinons ensuite une méthode propre aux municipalités qui a été introduite au Québec. Elle utilise un cadre qui distingue les inventaires collectifs des inventaires corporatifs. Nous terminons en présentant la méthodologie proposée dans ce projet, qui permet d'analyser les émissions de carbone associées à l'inventaire corporatif.

2.1 Un référentiel mondial

Le Protocole mondial pour les inventaires d'émissions de gaz à effet de serre à l'échelle communautaire (GPC) représente un cadre essentiel dans la mesure et la gestion des émissions de gaz à effet de serre au niveau communautaire ou municipal⁸. Fruit d'une collaboration entre l'Institut des ressources mondiales (WRI), le C40 Cities Climate Leadership Group (qui comprend Montréal) et l'ICLEI – Gouvernements locaux pour le développement durable, le GPC fournit une approche robuste et transparente pour quantifier et rendre compte des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle des villes.

⁸ Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories - An Accounting and Reporting Standard for Cities (2014, 2021). <https://ghgprotocol.org/ghg-protocol-cities>

Le GPC exige des villes qu'elles mesurent et déclarent leur inventaire de GES en utilisant deux approches distinctes, mais complémentaires : l'une enregistre les émissions provenant des activités de production et de consommation ayant lieu à l'intérieur des limites de la ville (y compris certaines provenant de l'extérieur); l'autre caractérise toutes les émissions par portée, selon l'endroit où elles se produisent physiquement : portée 1 (émissions directes provenant de sources dans les limites de la ville), portée 2 (émissions indirectes de la consommation d'énergie fournie par le réseau) et portée 3 (autres émissions indirectes). Des exigences de déclaration très précises sont établies pour garantir la qualité des données et assurer une plus grande cohérence entre les différents territoires de compétence.

Le GPC décrit des méthodes standardisées pour calculer et rendre compte des émissions de gaz à effet de serre directes et indirectes. Cela inclut les émissions provenant de divers secteurs comme :

- les transports – émissions générées par modes, comme les transports routiers et ferroviaires, évaluées à l'aide de différentes méthodologies telles que la répartition du carburant vendu en fonction du profil des déplacements;
- l'énergie stationnaire – principalement la consommation d'électricité, divisée en huit sous-secteurs, dont les bâtiments résidentiels;
- les déchets solides et les eaux usées – traités dans la ville ou transportés vers d'autres villes pour y être traités, produisant des émissions par décomposition ou incinération;
- les processus industriels – émissions provenant d'activités industrielles non liées à l'énergie et de l'utilisation de produits;
- les activités agricoles, forestières et de pêche – diverses voies d'émission, y compris les changements d'affectation des sols.

Pour établir leurs inventaires, les villes doivent estimer les émissions de GES en multipliant les données d'activité au sein d'un secteur par un facteur d'émission associé à l'activité, lequel mesure la masse des émissions de GES par rapport à une unité d'activité. Les données d'activités pour la ville peuvent devoir être mises à l'échelle à partir de données relatives à une source géographique plus large; les facteurs d'émission doivent être adaptés au contexte urbain et au contexte propre à l'activité mesurée. Le GPC propose différentes méthodes d'estimation pour déterminer les

émissions totales pour des activités précises. Il appartient à la ville de choisir la méthodologie appropriée.

Le niveau de complexité technique requis pour estimer les émissions de GES peut être assez intimidant. Les approches ascendantes nécessaires à l'industrie chimique dans le secteur des procédés industriels nécessitent une compréhension des processus chimiques constitutifs afin de déterminer le type particulier d'émission produite. En revanche, les approches descendantes dans le domaine des transports peuvent nécessiter une estimation par modèle de la nature des déplacements dans la zone métropolitaine au cours d'une période donnée, qui est ensuite mise à l'échelle pour répondre aux objectifs de l'inventaire.

Dans ce contexte, le GPC :

- Aide les villes à dresser un inventaire complet et solide des gaz à effet de serre;
- Permet aux villes d'établir un inventaire des émissions pour l'année de référence, de fixer des objectifs de réduction et de suivre les performances ultérieures;
- Assure une mesure et une déclaration cohérentes et transparentes des émissions de gaz à effet de serre entre les villes selon des principes de comptabilité et de déclaration internationalement reconnus;
- Permet d'agréger les inventaires des villes aux niveaux infranational et national.

Plus important encore, le GPC indique en détail comment les inventaires peuvent être utilisés pour définir des objectifs d'atténuation et suivre les performances au fil du temps.

S'appuyant sur cette norme internationale, le *Guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre* du Québec adapte ces principes à un contexte régional, offrant des méthodologies détaillées pour quantifier les émissions propres au paysage environnemental et industriel du Québec⁹. Ce guide reprend l'approche de référence du GPC en incorporant des spécificités locales telles que les émissions provenant de l'exploitation minière et du traitement des minéraux, le rôle des forêts

⁹ *Guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre* (2022)

<https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/guide-quantification/index.htm>

et des zones humides dans la séquestration du carbone, et les stratégies d'atténuation des émissions tenant compte des dynamiques écologiques et socioéconomiques propres au Québec.

Le guide décrit les principes généraux pour la quantification des émissions de gaz à effet de serre (GES). Il prend en compte les émissions directes et indirectes, en mettant un accent particulier sur les émissions provenant des processus de combustion, des processus industriels et d'autres sources. Le guide souligne également le cas unique des émissions de CO₂ biogénique et fournit des exemples de sources d'émissions dans différentes phases de mise en œuvre d'un projet. Une approche globale de la quantification, du rapport et de l'évaluation du potentiel de réchauffement des émissions est détaillée, mettant en évidence l'importance d'une méthodologie rigoureuse dans la quantification des émissions.

Une part importante du guide est consacrée à la quantification des émissions de GES, abordant les émissions des systèmes de combustion fixes et mobiles, les émissions indirectes liées à la consommation d'électricité, et les émissions des processus industriels. D'autres aspects comprennent les émissions liées à la production et à l'utilisation d'hydrogène, l'utilisation d'explosifs, les émissions fugitives des équipements de réfrigération et de climatisation, la déforestation, ainsi que le rôle des forêts et des zones humides dans l'atténuation du changement climatique. Le guide aborde également les émissions résultant de l'inondation des écosystèmes, soulignant l'importance de considérer les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O dans de tels scénarios.

Le guide présente différents types de mesures de réduction des émissions de GES, détaillant les processus de quantification des émissions de ces mesures d'atténuation. Il décrit un plan pour la mise en œuvre de ces mesures et le suivi des émissions, abordant également le concept des émissions évitées.

2.2 Un référentiel québécois pour les municipalités

Le programme Climat Municipalités (2009-2012) a été essentiel à la mise en œuvre du Plan d'action sur les changements climatiques du Québec (2006-2012)¹⁰. Son objectif principal était

¹⁰ Guide d'inventaire des émissions de gaz à effet de serre d'un organisme municipal (2012) – Programme Climat municipalités :
https://www.rncreq.org/documents/GuidedinventairedesemissionsdeGESpourunemunicipalite_000.pdf

d'encourager les organisations municipales à s'engager dans la réduction des émissions de GES et l'adaptation aux changements climatiques. Les municipalités participantes, représentant 79 % de la population du Québec, ont réalisé des inventaires de GES pour repérer les principales sources d'émissions et prioriser les stratégies locales de réduction. La participation de 253 municipalités de tailles diverses issues de toutes les régions administratives du Québec témoigne de la popularité du programme.

Après la présentation du *Guide d'inventaire des émissions de gaz à effet de serre d'un organisme municipal* (2009), le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) a publié le *Profil des émissions de gaz à effet de serre des organismes municipaux du Québec* (2013), faisant état des résultats des inventaires des municipalités participant au programme Climat Municipalités et se basant sur le *Guide d'inventaire des émissions de gaz à effet de serre d'un organisme municipal* (2012)¹¹.

Les champs d'application de l'inventaire correspondent au type de contrôle exercé par l'organisme municipal sur un secteur d'activité donné. Le premier champ correspond aux activités sur lesquelles l'organisme municipal peut agir directement pour réduire ses émissions. Le deuxième champ comprend les émissions générées par un service dont l'organisme municipal est responsable, mais qui est assuré par une autre organisation. Le degré d'exactitude exigé pour calculer les émissions du deuxième champ est inférieur à celui exigé pour calculer les émissions du premier champ. Des estimations pourraient donc convenir. Le troisième regroupe toutes les autres émissions sur un territoire donné.

Compte tenu de ces distinctions, l'inventaire de la ville comporte deux dimensions : collectif et corporatif.

L'inventaire collectif comprend principalement les émissions issues des transports routiers et de la gestion des déchets, ces activités représentant 97,4 % des émissions totales. À lui seul, le

¹¹ Fonds vert. 2018. Profil des émissions de gaz à effet de serre des organismes municipaux du Québec. Bibliothèque de l'Assemblée nationale.

transport routier génère 90,9 % des émissions. Parmi les tendances observées, on note la diminution des émissions par habitant avec l'augmentation de la taille de la population municipale.

L'inventaire corporatif englobe les émissions découlant d'activités d'administration municipale telles que les bâtiments, les véhicules municipaux et le traitement des eaux usées. Ces émissions représentent en moyenne 2,6 % des émissions totales d'une municipalité. Malgré leur contribution relative inférieure par rapport aux émissions collectives, ces secteurs sont importants, car les municipalités y exercent un contrôle direct et peuvent mettre en œuvre diverses mesures de réduction.

Les émissions des bâtiments municipaux, principalement dues au chauffage, à la climatisation et à l'éclairage, représentent en moyenne 30,1 % des émissions de l'inventaire corporatif. La majorité de ces émissions provenaient de la consommation de gaz naturel. L'étude suggère que des mesures potentielles de réduction des émissions dans ce secteur pourraient se concentrer sur l'efficacité énergétique ou le remplacement des combustibles fossiles par des sources d'énergie renouvelable comme l'hydroélectricité.

Pour leur part, les émissions des flottes de véhicules municipaux et d'autres équipements motorisés constituent la plus grande source d'émissions au sein de l'inventaire corporatif, représentant 45,1 % des émissions. Une proportion considérable de ces émissions provient de camions lourds diesel utilisés pour le déneigement et la collecte des déchets. Les petites municipalités ont des émissions par habitant proportionnellement plus élevées dans ce secteur, ce qui fait ressortir les défis relatifs à la précision des données et les possibilités d'amélioration grâce à l'adoption de véhicules électriques, hybrides et fonctionnant avec des carburants non conventionnels.

Enfin, les émissions du traitement des eaux usées, incluant le méthane et l'oxyde nitreux issus des réactions biochimiques lors des processus de traitement, représentent 24,8 % des émissions de l'inventaire corporatif. L'analyse montre que les grandes municipalités ont des émissions par habitant plus faibles dans ce secteur, principalement en raison d'un plus grand nombre de fosses septiques dans les petites municipalités, qui émettent plus de GES par habitant que les stations d'épuration urbaines.

2.3 Approche méthodologique proposée

Dans le cadre de ce projet, nous proposons une approche différente. La plupart des inventaires d'émissions de gaz à effet de serre (GES) au niveau municipal s'appuient sur un modèle basé sur la localisation. Notre perspective est axée sur les états financiers (dépenses d'exploitation). Cette approche vise à capter toutes les sources d'émissions significatives en les alignant avec les dépenses d'exploitation de la municipalité. En fait, nous analysons l'inventaire corporatif décrit ci-dessus – avec l'ajout du traitement des déchets – du point de vue des coûts.

L'idée centrale est de se baser sur les périmètres traditionnels (portée 1 et portée 2), mais d'exclure la contrainte de localisation géographique dans la comptabilisation des émissions. Cela dit, afin de produire un résultat de manière relativement simple pour les organismes municipaux, seules les émissions émanant d'activités courantes seront considérées (ce qui exclut les dépenses d'investissement). En outre, nous nous focalisons sur les émissions au cours d'une année, et non sur l'ensemble des émissions au cours d'un cycle de vie d'un actif ou d'une dépense. La section suivante explique plus en détail la méthodologie adoptée pour le projet.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 Mise en contexte

3.1.1 Portée de l'analyse

Contrairement à des approches de mesure de l'inventaire carbone ou de cycle de vie carbone, lesquelles requièrent la collecte de données très granulaires et la mise de l'avant de nombreuses hypothèses, l'approche proposée dans ce rapport se focalise sur les émissions de GES, présentées en équivalent carbone, découlant des opérations courantes d'une municipalité, telles que consignées dans ses états financiers. Notre objectif est donc de brosser un portrait des émissions de carbone au cours d'une période donnée (généralement une année financière), le tout d'une manière relativement simple et cohérente. Bien que la mesure puisse apparaître imparfaite et incomplète, selon notre conjecture, sur un cycle pluriannuel, une municipalité pourra suivre et juger de l'impact de ses décisions financières et matérielles sur l'évolution de ses émissions carbone. Précisons que nous nous concentrons uniquement sur les émissions de carbone de portées 1 et 2, c'est-à-dire celles qui sont directement du ressort des autorités municipales.

3.1.2 Sources de données à l'échelle des municipalités

Dans ce contexte, le grand livre comptable des municipalités (ou livre de comptes) constitue la principale source de données utilisée. C'est un registre comptable qui permet d'apprécier la situation financière d'une municipalité dans sa globalité. Les comptes d'exploitation reflètent l'incidence financière de toutes les opérations conduites par une municipalité au cours d'une année, que ce soit en termes de revenus ou de charges. Les comptes de bilan reflètent l'impact financier cumulé des activités d'acquisition d'actifs et de prise en charge de passifs de la municipalité, à un moment donné (généralement la fin de l'année financière).

Chaque municipalité est dotée d'un grand livre et la classification des données y est standardisée selon les normes établies par le ministère des Affaires municipales et de l'Habitation du Québec. Le grand livre permet d'accéder à l'ensemble des données comptables (budget original et modifié, solde d'ouverture, résultat à ce jour, régularisations, etc.) pour chacun des postes de dépense. Cette notion est importante, car pour un poste donné, par exemple la gestion de la matière résiduelle, la somme totale du poste ne peut pas être prise telle quelle. Il faut étudier les différentes transactions

ou postes de dépense pour exclure les activités (dépenses) n'ayant pas d'impact carbone selon notre méthodologie de calcul (axée sur les émissions de portées 1 et 2). Un exemple serait l'exclusion des dépenses associées à l'achat de bacs noirs pour la collecte des déchets. La catégorie de donnée utilisée pour la dépense d'une activité est le solde au compte de grand livre en fin d'année financière.

Le processus de collecte de données comptables pertinentes se fait lors d'entrevues en personne avec le service des finances d'une municipalité. En effet, il est nécessaire de bien comprendre l'activité qui a entraîné la dépense et de quelle manière l'activité s'est déroulée afin de bien comptabiliser l'impact carbone par la suite. Par exemple, même si un montant précis est établi pour un type de dépense, l'impact carbone pourra différer nettement selon les méthodes utilisées pour fournir le service.

3.1.3 Portée et critères de sélection des dépenses

L'étude se concentre sur les émissions de portée 1 et 2, soit les émissions de carbone issues des dépenses directes des municipalités. Notre analyse se concentre sur les dépenses municipales :

- opérationnelles, c'est-à-dire touchant les activités courantes de la municipalité;
- récurrentes (qui reviennent d'une année à l'autre);
- communes aux villes de même taille;
- ayant un impact carbone;
- notables sur le plan financier (> 1 % du budget d'exploitation).

L'application de ce filtre permet de retenir trois catégories des dépenses responsables de la plus grande part des émissions de carbone de portées 1 et 2 des municipalités et pour lesquelles on dispose de données :

- l'énergie stationnaire (p. ex. : chauffage);
- le transport (p. ex. : essence consommée);
- la gestion des matières résiduelles (GMR) (p. ex. : collecte et traitement des déchets).

La sélection de ces trois catégories de dépenses est cohérente avec l'approche recommandée par différentes références internationales et expliquée à la section 3.3.

D'autres activités des municipalités génèrent des émissions potentiellement importantes de carbone, mais ne sont pas considérées dans le cadre du projet en raison de l'absence de sources de données permettant d'évaluer de façon précise l'impact carbone. On pourrait citer en exemple les parcs industriels et les services de police, pour lesquels il est difficile de trouver des indicateurs d'émissions et d'imputer les impacts. Dans certains cas, tels que les services de police, les villes financent les services, mais ne contrôlent pas la fourniture du service.

3.2 Impact carbone : base d'estimation

À partir des postes de dépenses ciblés, nous sommes en mesure de désigner les achats (factures) de biens et services ayant un impact carbone (p. ex. achat d'essence ou de diesel pour les véhicules de la ville; facture d'un fournisseur de services impartis, tel que le déneigement). Cet impact carbone s'inspire de la méthode d'analyse du cycle de vie mentionnée dans le « GHG Protocol for Cities ». La méthode générale propose un cadre permettant de transformer une quantité physique en une quantité de GES sous forme de kilogrammes d'équivalent CO₂. Ainsi, l'impact d'un litre d'essence consommé par un camion correspond aux émissions d'équivalent CO₂ émanant de sa combustion.

3.2.1 La base de données ecoinvent

Pour effectuer une telle conversion, deux outils sont nécessaires. Premièrement, il faut avoir accès à une base de données recueillant les données d'impact de l'ensemble des activités à l'étude. Dans ce cas-ci, nous utilisons la base de données ecoinvent. (Pour plus d'information sur celle-ci, voir <https://ecoinvent.org/database/>). La base de données ecoinvent constitue un inventaire mondial d'activités humaines représentant des milliers de processus de production de biens et services. Elle couvre tous les secteurs industriels. Ces activités consomment des ressources naturelles extraites de l'environnement ainsi que des produits issus d'autres activités humaines (intrants). Elles génèrent des émissions dans l'eau, l'air et le sol. Plus précisément, ecoinvent contient plus de 20 000 ensembles de données fiables d'inventaire du cycle de vie d'une vaste gamme de secteurs industriels. Chaque activité de la base de données ecoinvent est attribuée à un emplacement

géographique. Ecoinvent étant une base de données de fond, l'objectif est de couvrir les activités dans les zones géographiques les plus pertinentes pour le produit ou le service sélectionné. La couverture géographique dépend de la qualité et de la disponibilité des données. Ainsi, presque chaque activité de la base comporte un ensemble de données représentant le processus à l'échelle mondiale, c'est-à-dire la production mondiale moyenne. À titre d'exemple, une activité donnée aura un impact carbone différent selon qu'elle est réalisée au Québec à partir d'électricité fournie par Hydro-Québec (hydroélectricité à faible empreinte carbone) ou dans une région où l'électricité provient de centrales thermiques au charbon.

Pour chaque ensemble de données, les scores d'évaluation d'impact sur le cycle de vie (ACV) de plusieurs méthodes d'évaluation d'impact (telles que « GIEC 2021 », « EF v3.1 » ou « ReCiPe ») et les catégories d'impact correspondantes (telles que « changements climatiques », « toxicité humaine », « utilisation de l'eau » ou « utilisation des terres ») sont disponibles. La structure de la base de données permet aux utilisateurs de suivre les impacts de leurs produits tout au long de la chaîne d'approvisionnement et de comprendre leurs résultats. De plus, elle offre une flexibilité, car elle permet différentes utilisations des données en fonction des besoins des utilisateurs. Outre les scores d'évaluation d'impact des bases de données LCIA pour des produits individuels, on peut, par exemple, s'intéresser également aux profils d'émission, aux nomenclatures, aux flux de matériaux, aux comptes de masse, d'eau et de carbone, ou aux mélanges technologiques moyens. Aux fins du présent rapport, nous avons recours à la catégorie d'impacts découlant des changements climatiques.

3.2.2 Modèle de système d'attribution du carbone

Deuxièmement, un modèle de système (« System Model ») est utilisé pour interpréter de manière standardisée d'attribution du carbone. Le modèle sélectionné pour l'étude est celui de système d'attribution avec coupure (« Allocation, Cut-off »), une fonctionnalité d'ecoinvent. Les modèles de système fixent les règles méthodologiques pour calculer les inventaires du cycle de vie (ICV) des produits et services et appliquent différentes hypothèses pour déterminer l'offre (liaison) et la répartition des impacts entre producteurs et consommateurs de produits et services (attribution et substitution).

Le modèle d'attribution est une approche attributionnelle pour convertir les activités multiproduits en activités monoproduits. La clé d'imputation détermine la part de chaque intrant et émission affectée au produit de référence et aux sous-produits ayant une valeur économique. La base de données ecoinvent repose sur une allocation économique (basée sur le prix) à quelques exceptions près, comme pour l'énergie, pour laquelle la répartition est basée sur l'exergie¹².

Le modèle d'attribution avec coupure est basé sur l'approche du contenu recyclé, ou coupure. Dans ce modèle de système, les déchets sont la responsabilité du producteur (« pollueur-payeur ») et il existe une incitation à utiliser des produits recyclables qui pourraient être disponibles (*cut-off*). La philosophie sous-jacente de cette approche est que la production primaire (première) de matériaux est toujours attribuée au principal utilisateur du matériau. Si un matériau est recyclé, le producteur primaire ne reçoit aucun crédit carbone pour sa fourniture. En conséquence, les matériaux recyclables sont disponibles sans imputation carbone pour les processus de recyclage et les matériaux secondaires (recyclés) ne prennent en charge que les impacts des processus de recyclage. Par exemple, le papier recyclé ne prends en charge que les impacts de la collecte des vieux papiers et du processus de recyclage consistant à transformer les vieux papiers en papier recyclé. Il est exempt de toute charge carbone liée aux activités forestières et à la transformation nécessaire à la production primaire du papier.

Le modèle d'attribution avec coupure fait la distinction entre les déchets et les matières recyclables. À l'instar des produits recyclables, les producteurs de déchets ne reçoivent aucun crédit pour le recyclage ou la réutilisation des produits résultant d'un traitement de déchets. Par exemple, la chaleur issue de l'incinération des déchets solides municipaux peut être utilisée pour chauffer des maisons ou des bureaux et a donc de la valeur. Néanmoins, l'incinération est entièrement affectée au traitement des déchets. Par conséquent, la charge est attribuée au producteur de déchets tandis que la chaleur est fournie sans charge.

¹² En thermodynamique, l'exergie est une grandeur physique permettant de mesurer la qualité d'une énergie. C'est la partie utilisable d'un joule. Le joule, qui a pour symbole J, est l'unité d'énergie du Système international (SI), une unité dérivée qui sert à quantifier l'énergie, le travail et la quantité de chaleur.

3.3 Impact carbone : application

De manière complémentaire au modèle de système, il est nécessaire de suivre une méthodologie de quantification d'impact. La méthodologie sélectionnée pour notre étude est « Impact 2002+ ». Pour brosser le portrait d'émissions de carbone des municipalités, les sources d'émissions sont divisées en différentes catégories, selon le Protocole mondial pour les inventaires de gaz à effet de serre à l'échelle communautaire (ICLEI, 2021).

Le tableau 1 présente les différentes catégories d'impacts du protocole des Partenaires dans la protection du climat (ICLEI, 2021). Selon des travaux antérieurs, quatre secteurs représentent la majeure partie des émissions de carbone des administrations municipales¹³. Toutefois, le secteur désigné comme Procédés industriels et usage de produits n'a pas été retenu aux fins du projet. En effet, aucune donnée pour ce type de procédé n'a été fournie par les villes. Ce secteur représente des « émissions non liées à l'énergie attribuables aux procédés industriels (produits minéraux, industries chimiques, production de métal, etc.) » (ICLEI, 2021). La quantification des émissions de carbone par les secteurs d'activité d'une ville autres que ceux retenus ne changerait pas de manière significative le portrait de la situation ni son évolution, mais exigerait des efforts importants. Par conséquent, notre approche méthodologique se concentre sur les trois secteurs critiques présentés au tableau 1 et exclut les procédés industriels. Les détails sur les données incluses et exclues, les démarches de calculs ainsi que l'approche méthodologique sont examinées plus loin. La logique sous-tendant notre démarche (calculs et estimations) est résumée ci-dessous et présentée de manière plus élaborée en annexe au présent rapport. Ce résumé succinct n'est présenté qu'à titre indicatif, car il repose sur plusieurs hypothèses et paramètres, notamment par rapport à l'origine de la dépense, à savoir si le déneigement est effectué par les équipements de la ville ou a été externalisé.

¹³ Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission – An accounting and reporting standard for cities. 2014. Greenhouse Gas Protocol. World Resources Institute. Récupéré le 20 juillet 2024 de: [Inventories://ghgprotocol.org/sites/default/files/2022-12/GPC_Executive_Summary_1.pdf](https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/2022-12/GPC_Executive_Summary_1.pdf)

Résumé de l'approche méthodologique utilisée dans le projet

1. Dépense de carburant pour le transport lié au déneigement :	100 000 \$
2. Clé d'imputation (en \$/litre), en fonction de l'analyse des factures, de la nature des dépenses (internalisées ou externalisées) et de discussions avec les responsables fonctionnels (approvisionnements, finances, travaux publics) :	1,906
3. Estimation du nombre de litres consommés :	52 466
4. Facteur d'émission en termes d'émission de carbone par litre (kg/l) selon le facteur extrait d'ecoinvent) :	2,66
5. Estimation des émissions de carbone découlant du déneigement (en kg) :	139 560
6. Intensité carbone par dollar dépensé en déneigement (émissions en kg/dépense totale de déneigement) :	1,395
7. L'exercice est repris pour toutes les dépenses de transport comportant des achats de carburant pour arriver à une intensité carbone par dollar dépensé en transport.	

3.3.1 Énergie stationnaire : Bâtiments et installations à usage commercial et institutionnel

Le premier secteur d'émissions inclut les impacts associés à toute utilisation de l'énergie autre que pour le transport, soient essentiellement les bâtiments et installations à usage commercial et institutionnel qui consomment de l'énergie stationnaire. Dans le cadre de la présente étude, seules les missions associées aux activités standard d'une municipalité sont incluses. Ainsi, les émissions du volet commercial ont été omises puisqu'elles ne proviennent pas directement des services offerts par une municipalité. La principale source d'énergie consommée se trouve sous forme d'électricité, mais on peut également avoir du gaz naturel ou du mazout servant au chauffage des bâtiments. L'électricité consommée pour l'éclairage public (rues, parcs, etc.) est également incluse dans cette catégorie, de même que celle consommée pour l'approvisionnement en eau potable et le traitement des eaux usées. Il est à noter que seules les émissions directes sont prises en compte. Il s'agit donc des émissions associées à l'électricité consommée et à la combustion stationnaire de gaz naturel et de mazout.

Plusieurs informations financières et données d'impact sont requises pour établir un profil de carbone pour la catégorie :

- Toutes les dépenses en électricité pour l'année étudiée et les numéros des postes de dépenses qui y sont associés (\$)
- Le tarif d'électricité payé par la ville pour chacun de ces comptes (\$kWh), lequel peut varier considérablement d'un compte à l'autre selon le type de tarif associé au compte
- Le pourcentage moyen associé aux charges de puissance (%)¹⁴
- Toutes les dépenses en gaz naturel et/ou mazout de même que les numéros de comptes associés (\$)
- Le prix moyen du gaz naturel (mazout) dans les cas applicables, pour l'année étudiée (\$/l)
- Les facteurs d'émission des différentes sources d'énergie

L'objectif est d'être en mesure de lier les dépenses à des quantités. En connaissant les dépenses et les tarifs, il est possible de trouver la quantité d'énergie consommée, pour ensuite calculer les émissions de carbone de celle-ci en multipliant la quantité d'énergie consommée par son intensité d'émissions par unité d'énergie, le facteur d'émission. Les paramètres utilisés pour la conversion de la dépense énergétique en quantité d'émissions de GES des villes sont présentés aux tableaux 2 et 3 et concernent principalement les tarifs d'électricité, de gaz naturel et de mazout, de même que l'impact carbone associé à l'achat d'électricité ou à la consommation de carburant.

Grâce aux factures représentatives des postes budgétaires que les villes nous ont fournies, il a été possible d'observer des tendances quant aux tarifs d'électricité payés par les villes pour différents types de services (p. ex. hôtel de ville, aréna, piscine, usine de traitement des eaux, station de pompage, etc.). Une hypothèse a cependant été émise en ce qui concerne l'éclairage public étant donné que les tarifs fonctionnent par forfaits et semblent varier de ville en ville et de poste en poste. De plus, l'énergie consommée par l'éclairage public n'est pas toujours comptée, donc une approximation de la consommation annuelle a dû être effectuée. Par conséquent, nous postulons que les villes fonctionnent selon un service d'éclairage public complet alimenté par Hydro-Québec basé sur des lampadaires avec luminaires DEL. Ces lampadaires ont une puissance de 65 W,

¹⁴ La charge de puissance est facturée par Hydro-Québec lorsque la puissance permise par le tarif est dépassée. Elle est souvent appliquée au tarif général de puissance moyenne M.

fonctionnent 345 heures par mois et coûtent 26,97 \$ mensuellement (Hydro-Québec, 2024a, 2024b).

Il a également été nécessaire de poser une hypothèse pour les postes où un tarif de puissance moyenne ou élevée est en vigueur. En effet, pour la comptabilisation carbone, seule la consommation d'électricité (kilowattheure) est pertinente. Cette charge supplémentaire peut aller de 10 à 42 % du sous-total avant les taxes (sous-total avant taxes = puissance facturée + consommation en kWh facturée). Il s'agit donc d'un montant qui ne peut pas toujours être ignoré et que l'on doit soustraire des calculs, car il ne représente pas une consommation d'énergie additionnelle. Dans le cadre de l'étude, une moyenne de cette proportion de charge supplémentaire a été établie à partir d'une série de factures fournies par les villes. Une approche plus rigoureuse consisterait à établir une moyenne annuelle propre à chaque poste de dépense en se basant sur les factures ne s'appliquant qu'au poste de dépense en question. Pour cette même raison, les taxes ont été soustraites puisque le tarif n'inclut pas les taxes, contrairement aux prix des carburants (transport).

3.3.2 *Transport*

Le second secteur ayant un impact carbone considérable est celui lié au transport. Il s'agit surtout de l'essence et du diesel consommés pour le fonctionnement du parc de véhicules de la municipalité étudiée, de même que les différents services offerts par celle-ci tels que la collecte de déchets et le déneigement.

Pour ces deux services en particulier, puisque les villes doivent souvent faire affaire avec des sous-traitants, des hypothèses ont dû être posées.

Démarche adoptée pour déterminer les impacts associés à l'essence consommée pour la collecte des déchets :

1. Isoler le coût associé à la collecte et au transport des déchets;
2. Poser l'hypothèse que la consommation de diesel correspond à 20 % de ce coût;
3. Diviser le coût obtenu par le prix moyen du diesel durant les mois d'hiver;

4. Multiplier la quantité de litres par le facteur d'émissions de CO₂ du diesel.

La démarche pour la collecte de neige effectuée par des sous-traitants est identique.

La seconde catégorie d'impacts est liée aux véhicules. Il s'agit principalement de l'essence et du diesel consommés par le parc de véhicules de la municipalité étudiée, de même que les différents services connexes offerts par celle-ci, tels que la collecte de déchets et le déneigement.

Les villes tiennent généralement des documents où la quantité de carburant consommée durant l'année pour chacun de leurs véhicules est détaillée et associée aux comptes dans le grand livre comptable. Il s'agit simplement de comptabiliser le total de litres de diesel et d'essence pour l'année, et ce, pour chacun des comptes. À cet égard, la direction des comptes fournisseurs de Victoriaville nous explique qu'elle doit toujours effectuer un équilibrage des comptes en fin d'année, ce qui explique pourquoi les dépenses dans le document détaillé de consommation d'essence ne concordent pas forcément avec le solde de fin du grand livre comptable. Une hypothèse a donc été posée pour parer à cette différence : un ratio essence/diesel a été établi pour chacun des comptes à partir de l'information donnée dans le document détaillé des dépenses en carburant. Ce ratio a ensuite été appliqué aux valeurs du grand livre comptable.

Les informations financières et d'impact requises pour établir un profil de carbone pour la catégorie « transports » sont les suivantes :

- Quantité de carburant consommé par le parc de véhicules de la ville pour chaque type de carburant (essence, diesel, etc.);
- Tous les coûts en carburant ainsi que les numéros des postes de dépenses associés à ces quantités de carburant.

Pour les villes n'ayant pas été en mesure de fournir un détail des types de carburants consommés par le parc de véhicules, il a été posé comme hypothèse que les services d'incendie, la voirie municipale, les services de déneigement et de gestion des déchets utilisent du diesel. Cette hypothèse est basée sur le cas des villes pour lesquelles les détails sont disponibles puisque ces postes nécessitent en majorité l'usage de camions qui fonctionnent au diesel. Selon cette hypothèse, le reste des postes de dépenses utilisent de l'essence seulement. En outre, afin d'intégrer dans l'estimation des émissions de carbone d'une ville celles provenant des fournisseurs de services externalisés (p. ex. le déneigement), il est posé comme hypothèse que les dépenses de

carburant dans la facturation des fournisseurs (transport et collecte) représentent 15 % des dépenses totales. Ce ratio a été validé auprès de responsables des approvisionnements et des travaux publics.

Concernant les services de police, en raison du manque de détails sur les coûts liés à leur quote-part, mais aussi du fait que la Police est une dépense sur laquelle les municipalités n'ont pas réellement de prise, l'impact des services de Police pour les municipalités qui n'ont pas leur propre service de police est exclu. En outre, pour deux villes de même taille, il n'est pas assuré qu'il y ait symétrie dans les dépenses. Toutefois, pour la ville de Trois-Rivières, qui a son propre service de Police, il serait possible de le prendre en compte, en raison de l'accessibilité aux données.

L'impact du transport en commun a quant à lui été exclu, étant donné qu'il aurait fallu prendre en compte l'impact des véhicules des habitants de la ville pour établir les émissions épargnées par le transport en commun, et que cet aspect déborde du cadre de la présente étude.

3.3.3 Déchets

La troisième catégorie d'impacts concerne les déchets, soit les déchets solides (déchets municipaux), les déchets traités de manière organique (matières compostables), ainsi que les eaux usées. Selon la méthodologie employée, le recyclage est perçu comme sans impact pour la ville. En effet, l'impact associé au transport de la matière recyclable a été pris en compte dans la section précédente. L'impact du traitement de la matière recyclable est estimé comme négligeable et celui de la transformation est associé à d'autres entités que les municipalités.

Les données utilisées pour la catégorie des déchets proviennent directement des municipalités puisque celles-ci ont, la plupart du temps, le tonnage, c'est-à-dire la quantité moyenne de déchets par habitant de la municipalité, associé à la collecte des déchets. Pour les villes qui ne connaissent pas ces informations, on utilise une donnée générique de Recyc-Québec pour les moyennes provinciales.

Puisque toutes les villes ne sont pas en mesure de fournir un rapport de gestion des matières résiduelles détaillant la quantité de déchets de chaque catégorie générée annuellement par la ville ainsi que leurs caractéristiques techniques telles que le taux d'humidité et leur composition, on utilise les données issues du rapport de gestion des matières résiduelles produit par Recyc-Québec

en 2021. La quantité moyenne de déchets par habitant tirée du rapport est simplement multipliée au nombre d'habitants de la ville étudiée pour connaître la quantité totale de déchets générés par la ville en question. Pour la ville de Nicolet, une hypothèse précise a dû être mise de l'avant quant à l'utilisation de l'huile de chauffage (mazout) pour le traitement des eaux : cette dépense étant négligeable, elle a été exclue des estimations et calculs.

Pour le traitement des eaux usées, on doit connaître cinq éléments :

- La quantité d'eau traitée annuellement;
- La méthode de traitement (physique ou physico-chimique);
- La quantité de boues générées;
- Le moyen de disposer des boues;
- Le coût de traitement.

Le seul paramètre constant pour la catégorie « eaux usées » est le facteur d'émission pour le traitement de l'eau qui est de $2,11E-01$ kg éq. CO_2/m^3 d'eau traitée (ecoinvent 2024).

Le tableau 7 présente le paramètre propre à la ville de Nicolet pour le coût d'un mètre cube d'eau. Étant donné que la municipalité de Nicolet effectue le traitement des eaux pour les villes environnantes, le budget indique un produit (revenu) plutôt qu'une dépense pour ce poste budgétaire. Il a cependant été possible de déterminer les coûts engendrés par le traitement de l'eau de la ville de Nicolet uniquement, en se basant sur le coût/ m^3 moyen payé par les autres villes pour qui Nicolet fait le traitement (voir le tableau 6).

3.4 Considérations additionnelles

3.4.1 *Énergie stationnaire*

Puisque la quantité d'électricité est déduite selon le tarif applicable à chaque poste de dépense, il est nécessaire de soustraire les taxes. Cette étape est propre à l'électricité puisque pour les autres catégories d'impacts, on associe le coût (tout inclus) à une quantité connue. Or, pour l'essence, on utilise le coût tout inclus pour trouver la quantité de kilowattheures consommés par les villes. Ainsi, la seule manière de s'affranchir de cette étape serait que les villes gardent une trace du total de kilowattheures consommés dans l'ensemble de leurs installations. Puisque les différents types d'installations et de bâtiments de la ville représentent différents comptes chez Hydro-Québec, il faudrait scruter les factures une à une et faire le décompte des kilowattheures consommés. Il s'agit d'une tâche supplémentaire qui peut représenter un travail fastidieux. Simplement connaître les taux applicables aux différents comptes de dépenses fournit une approximation de l'impact et constitue un processus plus facile à implanter pour les municipalités.

D'autre part, il arrive qu'une puissance soit facturée pour des activités qui consomment beaucoup d'électricité.

3.4.2 *Transport*

Pour la catégorie des transports, l'hypothèse du carburant qui représentait 15 % des coûts pour les services externes a été appuyée par un calcul effectué pour les services de déneigement de la ville de Varennes (voir en annexe). Pour augmenter la précision et la rigueur, les villes pourraient exiger, dans les appels d'offres, que les soumissionnaires indiquent la proportion de leurs tarifs étant associée aux dépenses en carburant.

3.4.3 *Déchets*

Pour déterminer l'impact des déchets, les quantités de tonnage fournies par les villes ont été utilisées. Des variations dans la quantité de CO₂ émis par habitant peut varier en raison de ce que ces chiffres incluent. En effet, les déchets peuvent être de source résidentielle (collecte municipale), mais également provenir d'institutions, de commerces et d'industries (ICI), de la

collecte d'encombrants, des écocentres, des boues de fosses septiques, des boues de traitement des eaux usées municipales, des matériaux de construction, etc.

Certaines villes ont plus d'informations que d'autres concernant le tonnage de déchets générés au sein de leur municipalité (boues d'épurations d'eaux usées, branches, etc.), mais la plupart étaient seulement en mesure de fournir les tonnages de déchets, recyclage et compostage sans pouvoir nous indiquer s'il s'agissait des quantités totales envoyées à l'enfouissement (dans le cas des déchets) ou uniquement des quantités ramassées lors de la collecte des déchets domestiques.

Si ces données ne représentaient que les déchets domestiques, il serait possible de les compléter avec celles tirées du rapport sur la gestion des matières résiduelles de Recyc-Québec (2023) (tableau 8). Par exemple, la connaissance du tonnage de déchets domestiques envoyés à l'enfouissement permettrait d'y ajouter les quantités associées aux autres catégories de déchets non incluses dans l'information fournie par la ville en multipliant les chiffres du tableau (kg/habitant) par le nombre d'habitants de la ville étudiée. Cette approche requiert cependant un niveau plus précis et complexe de suivi des quantités de matières résiduelles générées sur le territoire de la ville. Cette précision est possible pour les plus grandes villes, mais peut être nettement plus complexe pour de plus petites villes comme Nicolet. En effet, cette dernière n'a pas été en mesure de fournir un chiffre pour le tonnage des déchets. La moyenne de 716 kg/habitant du tableau ci-dessus a donc été utilisée dans son cas.

Enfin, il existe plusieurs méthodes de traitement des matières résiduelles, et ce, pour tous les types de déchets (déchets ultimes, matières recyclables, matières organiques, etc.). Pour cette étude, un nombre limité de villes a été étudié et, de ce fait, une quantité limitée de scénarios de traitement a été analysée. Dans une optique de généralisation de la méthode, il serait intéressant d'incorporer des facteurs d'émissions applicables à tous les scénarios possibles de traitement des matières résiduelles. Par exemple, enfouissement avec récupération du biogaz et sans récupération du biogaz, ou encore le traitement par incinération.

Déchets organiques :

Le traitement des déchets organiques n'a pas d'impact lorsque ceux-ci sont revalorisés par voie de compostage ou en biogaz, par exemple. Cet état de fait est imputable au modèle choisi dans la base de données ecoinvent.

Il semble également que certaines des villes traitent les boues de fosses septiques de manière biogénique (en épandage dans les champs). Or, ce type de traitement n'est pas inclus dans nos bases de données. Si la source d'émissions de GES est biogénique, elle n'est pas considérée dans le calcul d'impact.

Puisqu'il s'agit de déchets d'origine biogénique, le modèle utilisé considère que les émissions liées au traitement de ces déchets sont nulles. Il n'y a donc pas d'impact sur l'inclusion ou non des boues. La catégorie de déchets dans laquelle sont incluses les boues demeure cependant importante étant donné que les boues n'ont pas d'impact si elles sont traitées de manière biogénique, mais en ont un si elles sont envoyées à l'enfouissement.

Eaux usées

Il existe deux manières de comptabiliser les émissions directes émises par le traitement des eaux usées. La première requiert les informations suivantes :

- Type de traitement;
- Nombre de personnes desservies par ce service;
- Nombre de fosses septiques;
- Facteurs d'émissions de CH₄ et NO₂ propres à la méthode de traitement.

Il faut ensuite calculer les émissions de CH₄ et de NO₂ émises par le traitement des eaux usées et par les fosses septiques et ensuite convertir ces émissions en équivalent CO₂.

La seconde méthode requiert les informations suivantes :

- Quantité d'eau traitée annuellement;
- Facteur d'émission tiré de la base de données ecoinvent associé au traitement des eaux usées.

Une comparaison a été effectuée entre les deux méthodes pour deux des villes où le nombre de fosses septiques dans la ville était connu (Nicolet et Trois-Rivières). Les résultats obtenus avec les deux méthodes se trouvaient dans le même ordre de grandeur, mais la seconde méthode semble sous-estimer les émissions par rapport à la première. En effet, la seconde méthode a donné des

émissions qui représentaient 50 % de ceux obtenus avec la seconde méthode pour la ville de Nicolet, et 80 % pour la ville de Trois-Rivières.¹⁵

Dans une perspective de généralisation de notre projet à plusieurs villes, la seconde méthode est possiblement plus pratique puisqu'elle ne nécessite que deux informations et peut être appliquée à n'importe quelle méthode de traitement des eaux. La sous-estimation peut être due au fait que la première méthode prend en compte les émissions issues des rejets d'eau de la centrale de traitement et l'impact des fosses septiques, alors que la seconde ne considère que les émissions venant directement du traitement de l'eau qui passe par la centrale.

¹⁵ Il faut noter que certaines villes utilisent des méthodes de calcul et des bases d'information différentes, ce qui mène à des estimations d'émissions de gaz différentes. L'approche proposée dans ce rapport utilise comme source d'information la base de données ecoinvent, laquelle s'applique bien aux approximations découlant des coûts des intrants. Cette approche favorise également la généralisation de la méthode.

4. RÉSULTATS

4.1 Aperçu des villes participantes

En ce qui concerne la taille, les villes participantes sont représentatives des quatre catégories où réside la grande majorité de la population québécoise (chiffres disponibles les plus récents) :

- Trois-Rivières : 144 472 habitants (ville de plus de 100 000 habitants)
- Victoriaville : 48 852 habitants (ville de 25 000 à 99 999 habitants)
- Varennes : 21 433 habitants (ville de 10 000 à 24 999 habitants)
- Nicolet : 8 510 habitants (ville de 2 500 à 9 999 habitants)

L'onglet Données démo + villes de l'annexe dynamique (Excel) liée au présent rapport contient d'autres informations sur les villes participants. Sans surprise, les ressources financières des municipalités sont étroitement corrélées avec leur population, celles-ci allant de près de 18 millions de dollars pour Nicolet à 362 millions de dollars pour Trois-Rivières, un ratio de 20 à 1, alors que leurs populations respectives affichent un ratio comparable de 16,8.

Outre leur population et la superficie de leur territoire, les villes comportent plusieurs autres attributs qui peuvent influencer l'ampleur de leurs activités et, ultimement, leur niveau d'émissions carbone. Par exemple, la densité relative de leur population, le nombre total de kilomètres de voies circulables et la composition relative de leur tissu commercial et industriel peuvent influencer sur les dépenses de transport ainsi que sur les volumes de déchets à traiter. En outre, la superficie totale des municipalités comprend des cours d'eau de plus ou moins grande importance ou des terrains non aménagés, ce qui influe sur la densité réelle et la concentration des rues et des infrastructures physiques. Aux fins de la présente analyse, et dans un objectif de simplicité, ces facteurs ne sont pas considérés.

4.2 Paramètres

L'onglet Hypothèses et paramètres de l'annexe dynamique Excel présente le détail des hypothèses et paramètres clés qui sous-tendent l'élaboration du modèle de calcul des émissions de carbone pour les trois secteurs prioritaires, à savoir : l'énergie stationnaire, le transport et la gestion des déchets. Plusieurs aspects sous-tendant ces hypothèses et paramètres sont expliqués à la section 3, Méthodologie. Dans la plupart des cas, les sources sur lesquelles nous nous appuyons sont

explicitement citées. Une première série de paramètres porte sur les prix et tarifs alors qu'une seconde porte sur les facteurs d'émission.

4.2.1 Prix et tarifs

Le tableau 2 présente les principaux paramètres utilisés pour déterminer l'impact carbone des villes dans la catégorie « énergie stationnaire : bâtiments et installations à usage commercial et institutionnel ». Ils concernent principalement les tarifs de l'électricité, du gaz naturel et du mazout pour 2023, de même que l'impact carbone associé à l'achat d'électricité ou à la combustion de carburant.

Varennnes et Victoriaville paient leur électricité selon différents tarifs qui varient en fonction de l'utilisation (p. ex. station d'épuration ou poste de pompage). Nous avons obtenu le détail des tarifs ainsi payés par les villes. Nous avons aussi analysé leur consommation d'électricité par type d'installation. En ce qui a trait à Nicolet, nous avons émis des hypothèses en fonction du type d'installation de la ville. En ce qui a trait au gaz naturel et à l'huile à chauffage (mazout), les prix sont ceux communiqués par Énergir (gaz) et facturés par les fournisseurs (mazout).

Il existe un enjeu particulier concernant la tarification et la consommation d'électricité. En effet, bien qu'Hydro-Québec facture les villes sur la base de leur consommation en fonction de différents tarifs, cette consommation doit respecter certaines conditions. Ainsi, si une ville consomme un certain nombre de kilowattheures pour une installation donnée, elle sera facturée en fonction du tarif qui y est associé. En revanche, si le rythme de consommation est trop rapide pour un laps de temps donné (en d'autres termes, si la puissance utilisée excède l'entente de tarification), Hydro-Québec facturera alors un supplément, lequel s'ajoutera à la facture totale. Les estimations de la proportion du supplément de puissance sur la facturation d'électricité sont détaillées dans le tableau et découlent essentiellement des postes ayant généralement ce type de tarif.

L'intensité carbone du secteur transport reflète essentiellement la consommation d'essence et de diesel pour le fonctionnement des véhicules municipaux dans l'accomplissement de leurs différentes fonctions, ce qui inclut, entre autres, le déneigement ainsi que le transport de déchets. Pour le prix de l'essence et du diesel, nous nous appuyons sur l'information publiée par la Régie

de l'énergie quant aux prix moyens ayant eu cours en 2023. Par ailleurs, les données de consommation d'essence et de diesel sont inférées à partir des soldes de comptes budgétaires en appliquant les estimations de prix unitaire. Dans le cas où ces activités sont externalisées, des échantillons de factures de fournisseurs ont été collectées et analysées. À partir des informations contenues sur ces factures et à la suite de discussions avec différents gestionnaires municipaux (finances, travaux publics), il a été établi que la dépense de carburant représente en moyenne 15 % de la facturation des fournisseurs de services de transport. À partir de cette hypothèse, la dépense d'essence peut être inférée et une quantité d'essence consommée estimée en appliquant le prix moyen unitaire.

4.2.2 Facteurs d'émission

La première étape du travail a permis d'extraire des soldes des différents comptes budgétaires à forte intensité carbone les quantités d'électricité, gaz naturel, huile ou essence consommées directement pour l'exploitation des infrastructures de la ville (chauffage, éclairage et fonctionnement des infrastructures physiques) et pour le transport (déneigement, camions de travaux publics, transport des déchets). La seconde étape consiste à estimer les émissions de carbone associées à cette consommation, c'est-à-dire les facteurs d'émission.

Les facteurs d'émission (ou *impact score* selon la nomenclature d'ecoinvent) utilisés dans le cadre du projet sont basés sur différentes références selon la nature de la source d'émission. L'onglet Hypothèses et paramètres du tableau Excel en annexe présente les facteurs d'émission utilisés ainsi que la référence utilisée. Tous les facteurs sont présentés en kilogrammes d'équivalent CO₂ (kg éq. CO₂) par unité de référence consommée (p. ex. litre d'essence ou mètre cube de gaz naturel).

Un enjeu particulier est celui des émissions de carbone découlant du traitement des déchets et du traitement des eaux. À cet égard, il est nécessaire d'avoir une estimation des quantités d'unités traitées, lesquelles sont disponibles dans certains cas, mais pas nécessairement de manière uniforme entre les villes. En outre, certaines villes externalisent la collecte des déchets et les factures des sous-traitants ne sont pas toujours explicites quant aux quantités de déchets collectées. Afin d'assurer une uniformité et une comparabilité entre les villes, les données manquantes sont

alors estimées selon la population de la ville et les quantités standard documentées dans les références officielles.

4.3 Tableaux de bord d'émissions de carbone

4.3.1 Présentation des tableaux de bord individuels par ville

Le tableau 8 (panels A, B, C et D) présente les tableaux de bord sommaires pour chacune des villes analysées (A : Trois-Rivières, B : Victoriaville, C : Varennes et D : Nicolet). Chaque panel reflète une synthèse des données détaillées contenues dans les onglets individuels par ville du chiffrier Excel en annexe. Trois secteurs émetteurs de carbone sont considérés : « énergie stationnaire », « transport » et « gestion des matières résiduelles et des eaux usées ». À des fins de présentation, certaines informations ont été agrégées, notamment les détails touchant la consommation d'essence ou de diesel ainsi que le traitement des déchets solides ou organiques. En outre, certaines dépenses représentent des achats directement effectués par la ville (p. ex. pour l'essence ou le diesel) alors que d'autres sont des achats de services auprès de fournisseurs pour lesquels une portion a été attribuée à la consommation d'essence ou de diesel (p. ex. recours à des sous-traitants pour le déneigement). Le chiffrier Excel contient tous ces détails.

Le panel A présente les données pour Trois-Rivières. En ce qui a trait à l'énergie stationnaire, la ville a recours au gaz naturel et à l'électricité. Les chiffres relatifs au coût (1 233 867 \$ pour le gaz naturel et 6 979 328 \$ pour l'électricité) et à la clé d'imputation (dollars par mètre cube pour le gaz naturel et dollars par kWh pour l'électricité) reflètent l'ensemble des factures et comptes faisant état de ces achats. La quantité utile de gaz naturel (8 091 992 m³) est inférée du coût total et de la clé d'imputation (prix par mètre cube). Cette quantité consommée est par la suite convertie en kilogrammes d'équivalent CO₂ en s'appuyant sur les travaux de l'INRS, lesquels nous fournissent l'*Impact score* ou facteur d'émission de 1,9 kg d'équivalent CO₂ par mètre cube de gaz naturel. En bout de piste, chaque dollar dépensé pour l'achat de gaz naturel équivaut à des émissions de 12,46 kg d'équivalent CO₂.

La même démarche est utilisée pour les achats d'électricité. Toutefois, pour ceux-ci, nous avons utilisé la quantité communiquée par la ville dans son bilan carbone plutôt que la quantité inférée via les différents comptes budgétaires. L'enjeu est que la ventilation de la dépense (et de la

consommation) d'électricité entre les différents postes budgétaires de la ville est effectuée de manière relativement arbitraire et ne considère pas les particularités (p. ex. facturation supplémentaire de puissance) qui se rattachent à des fonctionnalités de postes budgétaires précis. Nous avons tenté d'estimer la consommation d'électricité par poste budgétaire selon des hypothèses et paramètres utilisés dans d'autres villes (Varennnes et Victoriaville) et c'est cette démarche qui nous fournit une consommation calculée inférieure à celle déclarée. L'écart est significatif en termes de kWh (environ 8 000 000) et en termes relatifs (environ 10 %), mais n'a pas d'impact sur notre mesure d'impact (kilogramme[s] de carbone par dollar dépensé), car ultimement, nous utilisons les chiffres globaux tels que déclarés par la ville. Chaque dollar dépensé en électricité représente 0,15 kg d'émissions d'équivalent CO₂.

Le deuxième volet du Panel A porte sur le transport et, plus particulièrement, les achats directs ou indirects d'essence et de diesel. La consommation de carburant est inférée des factures comptabilisées dans les comptes budgétaires, qu'elles soient directes ou indirectes (achat de services de sous-traitants qui consomment de l'essence ou du diesel). Des sous-traitants sont essentiellement retenus pour le déneigement et la collecte et le transport des déchets solides. Globalement, il ressort de l'exercice que le transport a généré des émissions de 13 628 737 kg d'équivalent CO₂, soit 1,40 kg par dollar dépensé. Le facteur d'émission pour les émissions découlant de la consommation de carburant provient d'ecoinvent.

Enfin, le troisième volet du Panel A porte sur la gestion des matières résiduelles et des eaux usées. En ce qui a trait aux émissions découlant des matières résiduelles, on y retrouve à la fois celles provenant des déchets solides éliminés par enfouissement et celles émanant des solides traités par procédé biologique. Dans ce dernier cas, selon ecoinvent, il est présumé que ce mode de traitement des déchets n'entraîne aucune émission, ce qui évidemment a un impact majeur sur le bilan carbone d'une ville et sur les émissions par dollar dépensé. L'estimation d'émissions découlant de la gestion des déchets s'élève à 18 883 353 kilogrammes d'équivalent CO₂, pour un ratio de 2,69 kg par dollar dépensé. En ce qui a trait au traitement des eaux usées, on estime les émissions à 5 890 225 kg, pour un ratio de 1,08 par dollar dépensé. Globalement, la gestion des matières

résiduelles et des eaux usées affiche un ratio d'émissions en kilogrammes par dollar dépensé de 1,98.¹⁶

Pour les autres villes, étant donné que la démarche est similaire à celle exposée ci-dessus, nous nous concentrons sur la présentation du ratio d'émissions par dollar dépensé. Le panel B présente les données pour Victoriaville. Les ratios d'émissions (en kilogramme[s] d'équivalent CO₂) par dollar dépensé s'établissent à 1,39 pour l'énergie stationnaire, 1,40 pour le transport et 2,66 pour la gestion des matières résiduelles et des eaux usées.

Le panel C présente les données pour la ville de Varennes. Les ratios d'émissions (en kilogrammes d'équivalent CO₂) par dollar dépensé s'établissent à 0,82 pour l'énergie stationnaire, 1,40 pour le transport et 4,91 pour la gestion des matières résiduelles et des eaux usées.

Enfin, le panel D présente les données pour la ville de Nicolet. Les ratios d'émissions (en kilogrammes d'équivalent CO₂) par dollar dépensé s'établissent à 0,14 pour l'énergie stationnaire, 1,39 pour le transport et 2,73 pour la gestion des matières résiduelles et des eaux usées.

4.3.2 *Analyse comparative*

Le tableau 9 présente les résultats du processus d'estimation des émissions de carbone en kilogrammes de CO₂ par dollar dépensé selon le secteur d'activité concerné pour chacune des villes. Le tableau dynamique Excel présenté en annexe donne une vue plus granulaire de la matrice d'estimation. L'analyse comparative des émissions estimées entre les villes permet aussi de saisir l'impact carbone des différents choix de gestion en ce qui a trait à ces secteurs.

¹⁶ Il faut noter que l'estimation des émissions relatives au traitement des eaux usées selon la méthodologie utilisée dans le rapport diffère de celle produite par la ville de Trois-Rivières. Notre approche est fondée sur les données recueillies de la base de données ecoinvent. Dans ce cas précis, nos estimations ne rejoignent pas celles de la municipalité. Par souci d'homogénéité entre les municipalités, pour ce poste, nous présentons uniquement les résultats reposant sur une seule méthodologie. Nous remercions les responsables de la ville de Trois-Rivières pour nous avoir guidé et aidé à comprendre les sources de ces différences. Dans une optique de généralisation de la méthodologie, nous tenterons d'intégrer les différentes méthodologies d'impact dans le futur.

Par exemple, pour l'énergie stationnaire, les niveaux d'émissions par dollar dépensé varient entre 0,14 kg (Nicolet); 0,823 kg (Varennnes); 1,39 kg pour Victoriaville et 2,00 kg pour Trois-Rivières. Cette variance s'explique essentiellement par le recours ou non au gaz naturel pour le chauffage et le fonctionnement des installations municipales. Pour le transport, les émissions par dollar dépensé sont comparables d'une ville à l'autre, les types d'activités poursuivies, les hypothèses et les paramètres étant fort semblables.

La gestion des déchets (solides et eaux usées) affiche une variance importante entre les villes. Nicolet et Victoriaville ont des taux d'émission par dollar comparables (respectivement 2,73 et 2,66). Cependant, le ratio de Trois-Rivières se situe plus bas (1,98) alors que Varennnes affiche un ratio plus élevé (4,91). Cette différence peut s'expliquer de plusieurs manières. Par exemple, le recours à la collecte sélective de compost et au compostage réduit considérablement les émissions. Par ailleurs, le niveau de détail dans le suivi et la comptabilisation des quantités de déchets – une comptabilisation plus fine et à portée plus large – peut avoir comme effet d'augmenter le tonnage de déchets enregistré et, par conséquent, le taux d'émission par dollar dépensé. À cet égard, Varennnes semble avoir un système de saisie des données relatives aux déchets particulièrement bien développé.

Des réalités différentes expliquent les écarts d'émission de GES entre les différentes municipalités, que ce soit un contexte de choix historiques, de taille de population, de degré d'urbanisation ou de superficie et bien d'autres. Néanmoins, les dirigeants sont bien au fait des particularités de chacune des municipalités et de leurs défis propres.

Le tableau 10 présente deux autres indicateurs soit les émissions par habitant et par millier de kilomètres de superficie. Ainsi, en fonction de la population, les émissions en kilogrammes par habitant sur une base annuelle varient de 295 pour Victoriaville à 466 pour Varennnes. Bien que notre analyse ne porte que sur quatre villes, il semble y avoir des effets d'échelle en faveur des municipalités plus peuplées et urbanisées. À l'opposé, si on considère la superficie couverte des municipalités, le nombre de kilogrammes émis par millier de kilomètres carrés de la municipalité est nettement à l'avantage des municipalités rurales.

5. ANALYSE GLOBALE ET PISTES DE SOLUTION – ENJEUX DE MESURE ET DE COMMUNICATION

Le présent projet nous a permis d'élaborer un modèle ou prototype de tableau de bord des émissions carbone pour quatre municipalités québécoises. Ce tableau de bord, basé sur les postes budgétaires à haute intensité carbone des villes, peut s'exprimer en kilogrammes d'émissions de carbone par dollar dépensé, par habitant ou par kilomètre carré au cours de l'année financière 2023 (voir le tableau 10 et le chiffrier Excel). Idéalement, il pourrait être établi chaque année et permettrait ainsi aux dirigeants (élus et nommés) d'une ville de suivre l'impact de ses mesures de lutte contre les changements climatiques en analysant l'évolution des indicateurs clés. En outre, quoique cela ne constitue pas l'objectif principal du projet, il devient possible de comparer les villes entre elles, ce qui permet d'apprécier l'impact relatif de politiques ou mesures de lutte contre les changements climatiques. Cette comparaison peut éventuellement permettre aux dirigeants municipaux de tirer les leçons appropriées des initiatives prises par leurs pairs d'autres villes.

Nos travaux ont toutefois révélé que même une approche de mesure des émissions de carbone se voulant simple et agile comporte plusieurs aléas et requiert nombre de paramètres et d'hypothèses. Par conséquent, la systématisation de la collecte et de la mesure des émissions de carbone représente un défi, car une part de jugement et de travail manuel est nécessaire. Néanmoins, le potentiel de généralisation demeure. La transférabilité de notre méthode à d'autres municipalités nécessitera des ajustements pour refléter la situation de chacune. Mais une grande partie de la collecte de données et des hypothèses sont transférables et faciliteront l'estimation des émissions de carbone. En outre, les municipalités rencontrées pourront, par la suite, évaluer l'impact carbone de façon récurrente.

Les principaux enjeux rencontrés se présentent à trois niveaux et peuvent influencer la fiabilité de la mesure des émissions de carbone inférée : 1) la traçabilité de l'intensité carbone des activités municipales dans le système d'information financière; 2) la disponibilité de l'intensité carbone lorsque les activités municipales sont externalisées; 3) le conditionnement ou le traitement appliqué dans la gestion des déchets, solides ou eaux usées. Un quatrième enjeu est d'un autre

ordre et porte sur la classification comptable elle-même. Nous examinons tour à tour ces enjeux afin d'offrir des pistes de solution à long terme.

5.1 Traçabilité de l'intensité carbone

Selon la prémisse de notre approche, les postes budgétaires d'une municipalité reflètent l'ensemble de ses activités et les dépenses qui s'y retrouvent peuvent donc être ultimement rapprochées à des émissions de carbone. En pratique, toutefois, si dans certains cas l'information relative à la consommation d'un bien ou d'un service à intensité carbone suit effectivement le processus de comptabilisation de la dépense, dans d'autres cas l'information n'est pas aussi granulaire et la quantité consommée doit être inférée à partir de paramètres de prix. En outre, des postes budgétaires qui sont en apparence à forte intensité carbone peuvent contenir des achats de biens et services à impact mineur ou négligeable. On peut penser ici à l'achat de bacs de recyclage comptabilisé dans le compte de transport des déchets, lequel est principalement composé de dépenses directement liées à la flotte de camions, notamment des achats d'essence ou de diesel.

Pour faciliter la mesure et la communication des émissions de carbone de portées 1 et 2 d'une municipalité, on se demande si les achats d'intrants ne devraient pas être repérés et classifiés selon l'impact carbone que leur consommation ou utilisation générera. Chaque compte budgétaire pourrait être éclaté en deux sous-comptes selon le niveau d'intensité. Le facteur d'émission par dollar dépensé utilisé dans le présent projet pourrait être appliqué aux sommes dépensées inscrites dans les comptes à intensité carbone. Une mise à jour annuelle de ce facteur permettrait une estimation flexible et rapide des émissions. En outre, le processus pourrait être systématisé assez facilement.

Une autre approche, qui s'inspire des propositions de Kaplan et Ramannah (2021)¹⁷, serait d'adosser tout compte budgétaire financier à un compte budgétaire carbone où la quantité de carbone de tout intrant serait comptabilisée dès l'achat. Un suivi à l'échelle du système d'information de la ville serait alors possible, les données budgétaires et carbone étant assorties.

¹⁷ Kaplan, R. Ramannah, K. 2021. « Accounting for climate change. » Harvard Business Review. Novembre-décembre. <https://hbr.org/2021/11/accounting-for-climate-change>

Ces deux approches peuvent éventuellement servir de base pour la mesure et la communication des émissions de portée 3.

5.2 Disponibilité de l'intensité carbone en cas d'externalisation

Nos travaux nous ont permis de confirmer que le périmètre des activités municipales est à géométrie variable tout comme les émissions de carbone qui en résultent. Ainsi, certaines villes assument l'entièreté des activités de gestion des déchets solides alors que d'autres les ont externalisées. Une comparaison entre deux villes ayant fait des choix différents à cet égard amènera donc une conclusion erronée quant à l'efficacité de leur plan de lutte contre les changements climatiques. De même, une ville pourra améliorer son profil d'émissions de carbone en externalisant plusieurs de ses activités de base, mais dont l'intensité carbone est importante.

Dans une perspective nationale, il convient donc d'adopter un périmètre modèle des activités municipales qui influenceront sur le profil d'émissions d'une ville sans égard à la forme juridique ou économique de qui assume cette activité. De la même manière, chaque ville devrait se doter d'un cadre de référence afin d'assurer la cohérence dans le temps de sa démarche d'estimation des émissions de carbone.

Toutefois, outre la nécessité de cohérence et de comparabilité d'une ville à l'autre et au fil du temps pour une même ville, ces deux approches de suivi de l'intensité carbone requièrent également que plus de détails soient fournis sur les factures de fournisseurs pour les activités externalisées (p. ex. déneigement) et, possiblement, dans les documents d'appels d'offres.

5.3. Conditionnement ou traitement des déchets

Le choix d'une municipalité en ce qui concerne le conditionnement ou le traitement des déchets, solides ou liquides (eaux usées), peut avoir un effet différentiel conséquent sur les émissions de carbone. Or, l'estimation de ces émissions présente un niveau d'incertitude considérable à plusieurs niveaux. Premièrement, les volumes traités (kilogrammes, mètres cubes) ne sont pas toujours enregistrés ou connus. Deuxièmement, même si les volumes traités sont connus, ce n'est pas systématiquement le cas de leur ventilation en fonction de leur origine (résidentiel ou

industriel/commercial). De surcroît, la nature des rejets varie systématiquement selon leur origine et, de ce fait, possiblement leur impact carbone. Troisièmement, les conditions climatiques et la saisonnalité peuvent également avoir un effet sur les processus biologiques et chimiques sous-tendant le traitement des déchets, surtout liquides. Enfin, principalement dans les municipalités en zones rurale ou semi-urbaine, il ressort de notre étude que l'accès aux systèmes d'égouts municipaux est variable et que des proportions plus ou moins grandes des citoyens ont recours à des systèmes de fosses septiques, avec ou sans champ d'épuration. Par conséquent, une comparaison entre deux villes quant à leur profil d'émissions pourra varier selon que les résidents ont recours aux égouts municipaux (avec volumes de traitement connus et incidence carbone mesurable) ou à des systèmes individuels.

La résolution de ces enjeux peut prendre différentes formes, mais nous croyons que le recours à quelques points de références de base et non la recherche de détails additionnels est la voie à prendre à moyen terme. Ainsi, la ventilation entre le nombre d'habitants (base résidentielle) et le nombre de contribuables commerciaux, institutionnels et industriels ainsi que le recours à des références nationales de volume moyen de déchets selon la source suffiront pour obtenir une estimation d'émissions relativement fiable. De même, le nombre relatif d'habitations reliées au réseau d'égouts par rapport au nombre total d'habitations permettra d'inférer le nombre de systèmes de gestion des eaux usées individuels de type fosse septique.

5.4 Services conjoints ou régionaux

Dans plusieurs villes, des services tels que la police, le transport collectif ou la gestion des déchets sont assurés par des entités régionales desservant plusieurs municipalités. Dans ces cas, la mesure des émissions de carbone découlant des services ou des activités propres à une ville devient problématique et repose soit sur des estimations à distance ou sur un travail d'analyse en profondeur au sein de l'organisme offrant ces services. Si ces organismes ont eux-mêmes une comptabilité carbone assez élaborée une ventilation des émissions par ville desservie devient nécessaire, laquelle repose sur des déterminants ou inducteurs fiables. Toutes ces approches peuvent être utilisées, mais il sera nécessaire d'être cohérent afin de maintenir la comparabilité interville.

5.5 Classification comptable

En principe, la charte des comptes budgétaires de l'ensemble des villes devrait être identique. Dans la mesure où toutes les villes ont des obligations de reddition de comptes similaire et sont sous la gouverne du ministère des Affaires municipales, on pourrait penser que les numéros de compte, les postes comptables qui y sont associés et les dépenses (et revenus) qui s'y retrouvent sont similaires d'une ville à l'autre. Toutefois, même si c'est en grande partie le cas, il y a en pratique une certaine variance. Il en résulte que les postes budgétaires à intensité carbone n'ont pas nécessairement le même label comptable ou la même numérotation dans toutes les villes, ce qui empêche l'élaboration d'une approche standardisée d'estimation d'émissions à plus grande échelle. L'ampleur et l'incidence de cette diversité seraient à vérifier avant de mettre de l'avant un outil de mesure générique des émissions.

5.6 Vers un catalogue de mesure des émissions

Comme nous l'avons mentionné en début de rapport, notre approche de mesure se focalise sur les émissions de portées 1 et 2 découlant des activités municipales à intensité carbone, c'est-à-dire l'infrastructure physique de la ville (essentiellement la consommation d'énergie stationnaire par les bâtiments, l'éclairage public, etc.), le transport et la gestion des déchets et matières résiduelles. Ces trois activités sont reconnues dans les références internationales comme étant à forte intensité carbone. De ce fait, les émissions que nous estimons sous-tendent l'inventaire carbone « corporatif » des municipalités (institutionnel), c'est-à-dire celui découlant de ses activités en propre.

Cependant, dans une perspective plus globale, certains choix des municipalités peuvent rendre floue la frontière entre corporatif et collectif. Par exemple, une municipalité peut décider d'avoir une offre de services de transport en commun élaborée et diversifiée. Cette décision entraînera cependant une hausse des émissions dites corporatives en raison de l'énergie consommée par les véhicules (autobus, tramway, métro) de transport public. En revanche, les émissions collectives risquent de baisser si de nombreux citoyens décident d'abandonner leur automobile et d'utiliser plutôt le transport collectif pour se déplacer. Une autre ville pourra décider au contraire de réduire au plus strict minimum l'offre de transport en commun. Cette décision amènera une baisse de ses émissions corporatives, mais aussi une hausse potentiellement importante de ses émissions

collectives. Pour comparer adéquatement deux villes, entre elles et dans le temps, il est donc important d'avoir une vue sur leurs choix stratégiques eu égard aux activités à haute intensité carbone. Notre analyse n'inclut pas le transport en commun pour cette raison. Une appréciation globale de l'empreinte carbone d'une ville se doit donc de considérer ces choix et de les pondérer dans toute analyse comparative.

6. CONCLUSION

Notre analyse nous a permis de concevoir et présenter des tableaux de bord des émissions carbone de portées 1 et 2 pour quatre municipalités québécoises : Trois-Rivières, Victoriaville, Varennes et Nicolet. Nos résultats ont nécessité un certain nombre d'hypothèses et de choix méthodologiques afin d'obtenir des portraits des émissions qui soient comparables entre les villes et dans le temps pour une seule et même ville. Les émissions estimées à la suite de notre analyse nous révèlent que des choix opérationnels et stratégiques peuvent avoir une incidence importante sur le profil d'émissions d'une municipalité. En outre, plusieurs enjeux se présentent dans l'estimation des émissions de carbone, lesquelles peuvent être compensées ou atténuées. Nous examinons ces enjeux et offrons des pistes de réflexion (et potentiellement de solution) dans une perspective à long terme. Le principal livrable de ce projet est un chiffrier Excel, présenté en annexe.

Quoique l'approche utilisée repose sur des hypothèses et paramètres et puisse sembler relativement technique, nous considérons qu'elle est robuste dans la mesure où notre démarche est cohérente avec celle prescrite par le Protocole des gaz à effet de serre et s'appuie sur des références reconnues (p. ex. ecoinvent, travaux de l'INRS). En outre, même si l'analyse porte uniquement sur les émissions de portées 1 et 2 émanant de trois secteurs d'activité des villes (énergie stationnaire, transport, gestion des matières résiduelles et des eaux usées), ces secteurs sont reconnus pour avoir un impact carbone important. Enfin, les émissions inférées reflètent le cycle de vie de leur source (électricité, gaz naturel, mazout, essence, diesel, gestion des déchets, traitement des eaux usées), c'est-à-dire l'ensemble des émissions ayant été générées dans le cycle de consommation et de traitement. Par conséquent, les émissions et émissions par dollar dépensé comportent une dimension à long terme.

Certains choix ont dû être effectués dans le cadre de notre analyse. Ainsi, les émissions découlant des dépenses d'investissement sont exclues, car elles requièrent trop d'hypothèses arbitraires. Toutefois, cet aspect des activités municipales pourrait être évalué dans une prochaine étape. Enfin, les émissions de portée 3, reflétant la chaîne de valeur, sont également exclues. De même, tout ce qui touche aux approvisionnements pourrait être évalué dans un prochain projet.

Des travaux réalisés dans le cadre de ce projet ressortent trois recommandations touchant la comptabilisation et la communication des émissions de portées 1 et 2.

Recommandation 1

Dans une perspective de développement durable et de transparence, la quantité d'énergie assortie aux achats de services devrait faire partie de l'information requise lors d'appels d'offres. En outre, les factures de sous-traitants pour le volet du transport devraient ventiler les achats d'énergie inclus dans la facture.

Recommandation 2

Dans une perspective de développement durable et de transparence, les systèmes d'information financière où sont consignées les opérations des villes devraient être assortis de registres auxiliaires reflétant les achats et/ou consommations d'énergie, qu'elle soit stationnaire ou serve de carburant. Cette comptabilisation permettra d'estimer plus facilement les émissions de carbone en fin de période et de les communiquer.

Recommandation 3

La gestion des matières résiduelles ainsi que la gestion des eaux usées sont des opérations émettrices de gaz à effet de serre. Toutefois, une gestion des matières résiduelles orientée vers le compostage est considérée comme ayant un impact carboneutre. Une approche de gestion des déchets plus sélective est donc une piste importante à considérer pour toute ville souhaitant améliorer son bilan carbone.

RÉFÉRENCES

Ecoinvent. (2024). Treatment of wastewater, average, wastewater treatment. Québec, Canada.
https://ecoquery.ecoinvent.org/3.10/cutoff/dataset/25848/impact_assessment

Énergir. (2024). Le prix du gaz naturel et son historique. [Données historiques].
<https://energir.com/fr/grandes-entreprises/prix-du-gaz-naturel/prix-et-historique>

Hydro-Québec. (2024a). Grille des tarifs d'électricité.
<https://www.hydroquebec.com/data/documents-donnees/pdf/grille-tarifaire.pdf>

Hydro-Québec. (2024b). Tarifs d'électricité. <https://www.hydroquebec.com/data/documents-donnees/pdf/tarifs-electricite.pdf>

ICLEI. (2021). Protocole des partenaires dans la protection du climat. [Rapport].
https://cdn.prod.website-files.com/6022ab403a6b2126c03ebf95/613b753371718079924cc3fb_Protocole%20PPC.pdf

Recyc-Québec. (2023). Bilan 2021 de la gestion des matières résiduelles au Québec. [Rapport].
<https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2021-elimination.pdf>

Régie de l'énergie. (2024a). Prix moyen affiché pour l'essence ordinaire par région administrative du Québec. [Données historiques]. https://www.regie-energie.qc.ca/storage/app/media/consommateurs/informations-pratiques/prix-petrole/Tableaux/region-administrative/ordinaire/prix-moyen-quotidien/ordinaire_moyen_reg_quot2023.pdf

Régie de l'énergie. (2024b). Prix moyen affiché pour le diesel par région administrative du Québec. [Données historiques]. https://www.regie-energie.qc.ca/storage/app/media/consommateurs/informations-pratiques/prix-petrole/Tableaux/region-administrative/diesel/prix-moyen-quotidien/diesel_moyen_reg_quot2023.pdf

[energie.qc.ca/storage/app/media/consommateurs/informations-pratiques/prix-petrole/Tableaux/region-administrative/carburant-diesel/prix-moyen/diesel_moyen2023.pdf](https://www.regie-energie.qc.ca/storage/app/media/consommateurs/informations-pratiques/prix-petrole/Tableaux/region-administrative/carburant-diesel/prix-moyen/diesel_moyen2023.pdf)

Régie de l'énergie. (2024 c). Prix moyen de détail pour le mazout léger par région administrative du Québec. [Données historiques]. <https://www.regie-energie.qc.ca/storage/app/media/consommateurs/informations-pratiques/prix-petrole/Tableaux/region-administrative/mazout/mensuel/mazout2023.pdf>

Ville de Nicolet. (2023). Facture d'Hydro-Québec pour la station de pompage.

Ville de Varennes. (2023a). Facture d'Hydro-Québec pour l'hôtel de ville.

Ville de Varennes. (2023b). Facture d'Hydro-Québec pour la patinoire extérieure.

Ville de Varennes. (2023 c). Facture d'Hydro-Québec pour un pavillon de parc.

Ville de Varennes. (2023d). Facture d'Hydro-Québec pour la station d'épuration.

Ville de Varennes. (2023e). Facture d'Hydro-Québec pour les ateliers municipaux.

Ville de Varennes. (2023f). Facture d'Hydro-Québec pour la bibliothèque.

Ville de Varennes. (2023g). Facture d'Hydro-Québec pour le complexe aquatique.

Tableau 1
Catégories d'impact

Indice de référence	Secteur d'activité / sources d'émissions
I	BÂTIMENTS ET INSTALLATIONS À USAGE COMMERCIAL ET INSTITUTIONNEL
1.1	Émissions provenant de la combustion stationnaire de combustible (ex. : gaz naturel, mazout)
1.2	Émissions provenant de l'électricité achetée
II	TRANSPORT
2.1	Émissions provenant de la combustion de carburant pour le transport routier (ex. : essence, diesel, GNC, etc.)
2.2	Émissions provenant de l'électricité achetée pour le transport routier
III	DÉCHETS
3.1	Élimination des déchets solides
3.1.1	Émissions issues de la production et de l'élimination des déchets solides par enfouissement ou dépotoir à ciel ouvert
3.2	Traitement biologique des déchets
3.2.1	Émissions issues des déchets solides traités par procédé biologique
3.3	Incinération et brûlage à ciel ouvert
3.3.1	Émissions issues des déchets solides traités par incinération ou brûlage à ciel ouvert
3.4	Eaux usées
3.4.1	Émissions provenant du traitement des eaux usées
IV	PROCÉDÉS INDUSTRIELS ET USAGE DE PRODUITS
4.1	Émissions provenant de l'utilisation de produits à l'intérieur des frontières de la ville

Tableau 2
Tarifs énergétiques pour 2023

Paramètre	Donnée	Unité	Source/justification
Prix du gaz naturel moyen en 2023	0,152 48	\$/m ³	(Énergir, 2024)
Prix de l'électricité moyen en 2023 (Tarif valide jusqu'à 15 090 kWh/mois. Équivaut au tarif général G de petite puissance.)	0,102 3	\$/kWh	(Ville de Nicolet, 2023)
Prix de l'électricité pour l'éclairage public en 2023 (éclairage des rues)	0,114 68	\$/kWh	(Hydro-Québec, 2024a, 2024b).
Prix par luminaire pour l'éclairage public en 2023 (éclairage des rues)	29,978	\$/luminaire	Tarif mensuel par lampadaire pour le service complet des luminaires DEL de 65 W pour une utilisation mensuelle de 345 heures (Hydro-Québec, 2024a, 2024b)
Prix de l'huile de chauffage (mazout) moyen en 2023	1,57	\$/litre	(Régie de l'énergie, 2024 c)

Tableau 3
Facteurs d'émissions de différentes sources d'énergie

Paramètre	Donnée	Unité	Source/justification
Combustion de gaz naturel	1,9	kg éq. CO ₂ /m ³	(INRS)
Consommation d'électricité	0,014	kg éq. CO ₂ /kWh	(Ecoinvent)
Combustion de mazout	2,73	kg éq. CO ₂ /litre	(Transition énergétique, gouvernement du Québec).

Tableau 4

Tarifs moyens des carburants de transport pour 2023

Paramètre	Donnée	Unité	Source/justification
Prix de l'essence moyen en 2023	1,658	\$/litre	(Régie de l'énergie, 2024a)
Prix du diesel moyen en 2023	1,902	\$/litre	(Régie de l'énergie, 2024b)

Tableau 5

Paramètre propre à la ville de Nicolet – Déchets

Paramètre	Donnée	Unité	Source/justification
Quantité de déchets générée par la ville de Nicolet	716	kg de déchets/habitant	(Recyc-Québec, 2023)

Tableau 6

Paramètre propre à la ville de Nicolet – Coût de traitement des eaux

Paramètre	Donnée	Unité	Source/justification
Coût pour le traitement d'un m ³ d'eau	0,919 7	\$/m ³	Coût établi à partir de ce que les municipalités ont payé en fonction de leur consommation d'eau. Données tirées du grand livre comptable de Nicolet (\$) et du rapport 2023 de la consommation d'eau des municipalités fourni par Nicolet

Tableau 7

Quantité de matière résiduelle éliminée par catégories de matières résiduelles. Quantités de déchets éliminés par habitant en moyenne en 2021 par catégorie

Quantité de matières résiduelles éliminées par catégories de matières résiduelles
(en tonnes)

Catégories de matières	2018	2019	2020	2021	Différence 2018-2021	kg/hab. 2021
Déchets d'origine municipale	2 037 000	1 986 000	2 046 000	1 938 000	- 5 %	225
Résidus provenant d'ICI	1 901 000	2 112 000	1 927 000	1 947 000	2 %	226
Résidus provenant du secteur CRD	839 000	815 000	802 000	1 018 000	21 %	118
Résidus encombrants	25 000	54 000	51 000	35 000	40 %	4
Résidus d'écocentres	74 000	94 000	108 000	106 000	43 %	12
Résidus de centres de tri CRD	130 000	290 000	338 000	339 000	161 %	39
Résidus de centres de tri autres que CRD	151 000	104 000	145 000	143 000	- 5 %	17
Matières de la collecte sélective acheminées à l'élimination sans tri	N.D.	N.D.	3 000	3 000	S.O.	0
Résidus de centres de compostage et collecte de matière organique	11 000	9 000	11 000	20 000	82 %	2
Balayures de rue	39 000	8 000	45 000	39 000	0 %	5
Résidus d'incinération	93 000	83 000	82 000	77 000	- 17 %	9
Sols éliminés	6 000	7 000	1 000	400	- 93 %	0
Animaux morts	N.D.	5 000	3 000	3 000	S.O.	0
Autres	56 000	134 000	117 000	96 000	71 %	11
Boues municipales incinérées	338 000	325 000	286 000	299 000	- 12 %	35
Boues municipales enfouies	123 000	118 000	86 000	77 000	- 37 %	9
Autres boues enfouies (agroalimentaires, industrielles, etc.)	26 000	15 000	14 000	18 000	- 31 %	2
Total	5 848 000	6 159 000	6 065 000	6 160 000	5 %	716

Source : Recyc-Québec, 2023.

Tableau 8 – Panel A
Tableau de bord sommaire – Ville de Trois-Rivières

Fonction	Coût (\$)	Clé d'imputation	Quantité utile	Unité	Impact score	Impact absolu kg éq. CO ₂	kgCO ₂ /\$
Énergie stationnaire							
<i>Gaz naturel</i>		\$/m ³			kg éq. CO ₂ /m ³		
	1 233 867	0,152 48	8 091 992	m ³	1,9	15 374 785	12,46
<i>Électricité*</i>		\$/kWh			kg éq. CO ₂ /kWh		
	6 979 328	0,095 69	72 937 294	kWh	0,014 125	1 030 239	0,15
<i>Coût total</i>	8 213 195					16 405 025	2,00
Transport							
<i>Diesel et essence**</i>		\$/litre		L	kg éq. CO ₂ /litre		
<i>Coût total</i>	9 766 540	1,854	5 268 337	L	2,587	13 628 737	1,40
Gestion des matières résiduelles et des eaux usées							
		\$/kg de déchets		kg	kg éq. CO ₂ /kg de déchets traités		
<i>Matières résiduelles***</i>	7 030 790		35 117 000	kg	0,53788	18 883 353	2,69
<i>Traitement des eaux usées</i>	5 456 291		27 939 592	m ³	2.11E-01	5 890 225	1,08
<i>Coût total</i>	12 487 082					24 773 578	1,98

* Selon la consommation réelle et non la consommation ventilée. La clé d'imputation présentée est une moyenne pondérée, différentes utilisations subissant des tarifs différenciés. ** La clé d'imputation ainsi que l'Impact score sont pondérés selon les consommations respectives de diesel et d'essence. *** Matières organiques comprises.

Tableau 8 – Panel B
Tableau de bord sommaire – Victoriaville

Fonction	Coût (\$)	Clé d'imputation	Quantité utile	Unité	Impact score	Impact absolu kg éq. CO ₂	kgCO ₂ /\$
Énergie stationnaire							
<i>Gaz naturel</i>		\$/m ³			kg éq. CO ₂ /m ³		
	314 546	0,152 48	2 072 868	m ³	1,9	3 938 450	12,52
<i>Électricité*</i>		\$/kWh			kg éq. CO ₂ /kWh		
	2 804 686	0,103 1	27 190 320	kWh	0,014 125	384 063	0,14
<i>Coût total</i>	3 119 232					4 322 513	1,39
Transport							
<i>Diesel et essence**</i>		\$/litre		L	kg éq. CO ₂ /litre		
<i>Coût total</i>	1 435 231	1,866	769 585	L	2,60	2 003 850	1,40
Gestion des matières résiduelles et des eaux usées							
		\$/kg de déchets		k	kg éq. CO ₂ /kg de déchets traités		
<i>Matières résiduelles***</i>	2 011 947		10 364 432	kg	0,53788	5 570 823	2,77
<i>Traitement des eaux usées</i>	1 023 933		11 822 963	m ³	2.11E-01	2 492 517	2,43
<i>Coût total</i>	3 035 880					8 063 340	2,66

* La clé d'imputation présentée est une moyenne pondérée, différentes utilisations subissant des tarifs différenciés.

** La clé d'imputation ainsi que l'Impact score sont pondérés selon les consommations respectives de diesel et d'essence. *** Matières organiques incluses.

Tableau 8 – Panel C
Tableau de bord sommaire – Ville de Varennes

Fonction	Coût (\$)	Clé d'imputation	Quantité utile	Unité	Impact score	Impact absolu kg éq. CO ₂	kgCO ₂ /\$
Énergie stationnaire							
Gaz naturel		\$/m ³		m ³	kg éq. CO ₂ /m ³		
	36 918	0,152 48	242 119		1,9	460 026	12,461
Électricité		\$/kWh			kg éq. CO ₂ /kWh		
	627 296	0,102 5	6 117 352	kWh	0,014 125	86 408	0,138
Coût total	664 214					546 434	0,82
Transport							
Diesel et essence**		\$/litre		L	kg éq. CO ₂ /litre		
Coût total	592 287	1,85	319 894	L	2,583	826 426	1,40
Gestion des matières résiduelles							
		\$/kg de déchets		kg	kg éq. CO ₂ /kg de déchets traités		
Traitement des matières résiduelles***	1 599 667	0,033 565 954	17 007 869	kg	0,455	7 746 311	4,84
Traitement des eaux usées	157 298		4 139 465	m ³	2.11E-01	872 682	5,55
Coût total	1 756 965					8 618 993	4,91

* La clé d'imputation présentée est une moyenne pondérée, différentes utilisations subissant des tarifs différenciés.

** La clé d'imputation ainsi que l'Impact score sont pondérés selon les consommations respectives de diesel et d'essence. *** Matières organiques comprises.

Tableau 8 – Panel D

Tableau de bord sommaire – Ville de Nicolet

Fonction	Coût (\$)	Clé d'imputation	Quantité utile	Unité	Impact score	Impact absolu kg éq. CO ₂	kgCO ₂ /\$
Énergie stationnaire							
<i>Électricité</i>		\$/kWh			kg éq. CO ₂ /kWh		
<i>Coût total</i>	524 103,19	0,102 5	5 034 464,99	kWh	0,014 125	71 111,82	0,14
Transport							
<i>Diesel et essence**</i>		\$/litre		L	kg éq. CO ₂ /litre		
<i>Coût total</i>	213 883,50	1,90	123 424,60	L	2,29	296 662,17	1,39
Gestion des matières résiduelles							
		\$/kg de déchets		kg	kg éq. CO ₂ / kg de déchets traités		
Enfouissement***	204 522,73	0,033565954	6 093 160	kg	0,53788	3 277 388,90	16,02
Traitement des eaux usées	1 085 144,49		1 179 890	m ³	2.11E-01	248 744,41	0,23
<i>Coût total</i>	1 289 667,22					3 526 133,31	2,73

* La clé d'imputation présentée est une moyenne pondérée, différentes utilisations subissant des tarifs différenciés. ** La clé d'imputation ainsi que l'Impact score sont pondérés selon les consommations respectives de diesel et d'essence. *** Matières organiques comprises.

Tableau 9

**Intensité carbone (kg de CO₂) par dollar dépensé
selon les secteurs d'activité**

Ville	Énergie stationnaire	Transport	Déchets	Secteurs combinés
Trois-Rivières	2,00	1,40	1,98	1,80
Victoriaville	1,39	1,40	2,66	1,90
Varennnes	0,82	1,40	4,91	3,32
Nicolet	0,14	1,39	2,73	1,92

Tableau 10

**Tableau sommaire des émissions de carbone des secteurs
combinés relativement à différents indicateurs**

	kg de CO ₂ par \$ dépensé	kg de CO ₂ par habitant	kg de CO ₂ par 1 000 km ²
Trois-Rivières	1,80	323	160
Victoriaville	1,90	294	167
Varennnes	3,32	466	106
Nicolet	1,92	458	30

Annexe

Démarche détaillée

Aperçu

Le but de cette annexe est d'illustrer avec plus de détails l'approche méthodologique utilisée pour l'estimation des émissions en provenance de la consommation d'énergie, qu'elle soit stationnaire ou serve de carburant au transport. Le fait que l'information soit fragmentée dans la plupart des villes et que la tarification puisse varier rend nécessaire une présentation plus détaillée de la méthode d'estimation. Dans un premier temps, nous présentons les différentes étapes d'estimation des émissions en provenance de la consommation d'énergie stationnaire. Le cas de la ville de Varennes sert d'appui à la démonstration. La démarche consiste en premier à répertorier les postes de consommation pour y associer les tarifications appropriées et faire ressortir la consommation.

Dans un second temps, nous présentons les différentes étapes d'estimation des émissions liées à la consommation de carburant par le transport. Le cas de la ville de Varennes sert encore une fois d'exemple. Le processus d'estimation consiste tout d'abord à recenser les factures de carburant ou de sous-traitants consommateurs de carburant.

Fondements méthodologiques

Notre approche utilise les différents postes du grand livre pour déterminer les dépenses dans une catégorie d'intensité en carbone. Le principal défi d'une telle approche est d'associer les quantités consommées au prix. L'équation suivante sert de point de référence :

$$Quantité = \frac{Dépense}{Prix}$$

Bien que ce ratio semble trivial, il implique l'établissement d'un prix moyen pour l'ensemble d'un poste de dépense ou l'utilisation d'un prix précis pour chacune des transactions, de façon à déterminer les quantités consommées.

Étant donné que la comptabilisation des GES est relativement nouvelle, les systèmes financiers et la reddition des comptes présentent pour la plupart la dépense globale pour un poste budgétaire. Rarement, les municipalités vont présenter les quantités consommées de biens et services à intensité carbone élevée ainsi que les émissions de carbone qui en découlent. Dans la mesure où l'information sur les quantités consommées et les émissions de GES deviennent un élément important dans la reddition de comptes, les systèmes d'information financière seront probablement modifiés progressivement pour incorporer les quantités consommées d'un facteur d'émission.

Ainsi, l'établissement des quantités consommées implique l'établissement d'un prix. Nous présentons une analyse plus détaillée de l'information requise et des hypothèses utilisées pour l'établissement d'un prix pour certains postes relevant de l'énergie stationnaire et du transport.

Énergie stationnaire

L'énergie stationnaire représente essentiellement les dépenses de chauffage (gaz naturel et électricité) et d'électricité. Ensuite, il faut déterminer le tarif pour cette catégorie de dépenses. L'exemple de la ville de Varennes illustre l'enjeu de cette démarche, car il y a plusieurs tarifs d'électricité selon le type d'utilisation. Le tableau 1A présente les différents tarifs d'électricité applicables à la ville en fonction de son utilisation. Le tableau 2A quant à lui présente les facturations additionnelles que Varennes subit selon les puissances requises.

Tableau 1A

Tarifs d'électricité pour différents postes de dépenses tirés de factures d'Hydro-Québec
de la ville de Varennes pour 2023

Poste	Nom du tarif	Tarif	Unité	Sources
Éclairage des rues	Service d'éclairage public complet pour les luminaires DEL	26,978	\$/luminaire	(Hydro-Québec 2024a, 2024b)
Hôtel de ville	TARIF GÉNÉRAL M DE MOYENNE PUISSANCE	0,05567	\$/kWh	(Varennes, 2023a et Hydro-Québec, 2024a, 2024b).
Patinoire extérieure	TARIF GÉNÉRAL G9 – FAIBLE UTILISATION	0,11157	\$/kWh	(Varennes, 2023b et Hydro-Québec, 2024a, 2024b).
Pavillon de parc	TARIF GÉNÉRAL G DE PETITE PUISSANCE	0,10959	\$/kWh	(Varennes, 2023 c et Hydro-Québec, 2024a, 2024b).
Station d'épuration	TARIF GÉNÉRAL M DE MOYENNE PUISSANCE	0,05567	\$/kWh	(Varennes, 2023d et Hydro-Québec, 2024a, 2024b).
Ateliers municipaux	TARIF GÉNÉRAL M DE MOYENNE PUISSANCE	0,00557	\$/kWh	(Varennes, 2023e et Hydro-Québec, 2024a, 2024b).
Bibliothèque	TARIF GÉNÉRAL G DE PETITE PUISSANCE	0,10959	\$/kWh	(Varennes, 2023f et Hydro-Québec, 2024a, 2024b).
Complexe aquatique	TARIF GÉNÉRAL M DE MOYENNE PUISSANCE	0,05567	\$/kWh	(Varennes, 2023g et Hydro-Québec, 2024a, 2024b).

Tableau 2A

Proportion de la puissance sur les coûts d'électricité avant taxes pour différents postes de dépenses tirés de factures d'Hydro-Québec de la ville de Varennes pour 2023

Poste	Proportion de la puissance sur les coûts avant taxes de la facture d'électricité
Hôtel de ville	42,5 %
Patinoire extérieure	11 %
Station d'épuration	34,47 %
Ateliers municipaux	41,11 %
Complexe aquatique	36,11 %

Calcul électricité, exemple pour déterminer le nombre de kWh :

Pour calculer la quantité d'électricité consommée, il est d'abord nécessaire de soustraire le montant des taxes.

Parfois, certains postes qui consomment beaucoup d'électricité sont facturées pour une puissance, dans les cas où la demande en puissance excède celle permise par le tarif.

Cette facturation de puissance peut cependant varier de mois en mois et de ville en ville. Pour être réellement précis dans le décompte de l'énergie consommée par les villes, il faudrait prendre en compte ce supplément. Voici un exemple de calcul permettant de déterminer le nombre de kWh consommés par un poste, lorsque la puissance est prise en compte :

- Coût total d'électricité (taxes incluses) : C
- Proportion du coût (sans les taxes) associée à la puissance facturée : P
- Prix de l'électricité selon le tarif associé au poste : T
- Taxes : 15 %

Calcul du nombre de kilowattheures consommés pour le poste :

$$\text{Nombre de kWh consommés} = \frac{(C/1,15) \times (1 - P)}{T}$$

Il est à noter qu'un exemple de facture est nécessaire pour connaître le montant associé à la puissance excédentaire. Notre approche a été d'établir une moyenne annuelle pour la proportion avant taxes représentée par la puissance excédentaire pour un poste donné et d'utiliser la formule ci-dessus.

Dans le cadre de la présente démarche, les tarifs de la puissance ont été pris en compte pour les postes où le tarif d'électricité est le Tarif général M de puissance moyenne (Hydro-Québec, 2023). L'analyse des factures d'électricité des villes a permis de constater que ce sont principalement les installations où ce tarif est appliqué qui sont susceptibles de se voir facturer un supplément de puissance. De plus, les excédents pour les postes où ce tarif est appliqué tournent autour de 38,56 % (+3,99 %, - 4,09 %). Le pourcentage moyen de 38,56 % a donc été utilisé pour tous les postes où le tarif général M de puissance moyenne est en vigueur.

L'éclairage des rues et l'éclairage public représentent un cas spécial où la consommation n'est pas toujours mesurée et où il existe différents tarifs, selon le forfait choisi par la ville.

Pour cette raison, une hypothèse générale a été posée selon laquelle le tarif pour l'éclairage public est de 26 976 \$/luminaire. Voici un exemple de calcul effectué :

- Coût total d'électricité (taxes incluses) : C
- Tarif par lampadaire : T
- Puissance des lampadaires : 65 W
- Nombre d'heures : 345 h/mois
- Taxes : 15 %

Calcul du nombre de kilowattheures consommés par le poste :

$$kWh_{Luminaires} = \frac{(C/1,15) \times (65 \times 345 \times 12)}{T}$$

Dans le cas de Trois-Rivières, il semble que les dépenses des postes comptables pour l'électricité sont allouées à travers les différents postes comptables. La quantité totale d'électricité consommée par la ville en 2023 était tout de même disponible dans le bilan de GES fourni par celle-ci.

Utiliser la quantité totale d'électricité consommée par les villes pour calculer les émissions est beaucoup plus simple, mais cette donnée n'est pas toujours disponible pour les villes et cette démarche ne permet pas d'associer les émissions aux postes précis de dépenses qui ont entraîné une consommation d'électricité.

Pour comparer les deux démarches, on a réalisé pour la ville de Trois-Rivières un exercice où on a estimé la consommation électrique de chaque poste de dépense, malgré le fait que les dépenses avaient été allouées à différents postes budgétaires selon les services comptables de la ville. Le bilan de GES fourni par la ville a été utilisé pour assigner les tarifs d'électricité à chacun des postes de dépenses. La quantité totale d'électricité consommée obtenue par cette démarche représente environ 90 % de la quantité totale indiquée dans le bilan de GES de la ville. Cette stratégie pourrait être considérée lorsqu'il est nécessaire d'associer l'impact aux postes de dépenses.

Transport

Pour la collecte et le transport des déchets ainsi que le déneigement, puisque les villes doivent souvent faire affaire avec des sous-traitants, des hypothèses ont été posées.

La démarche entreprise pour déterminer les impacts associés au carburant consommé pour la collecte des déchets et du déneigement a été la suivante :

1. Isoler le coût associé au service (collecte et transport de déchet ou déneigement)
2. Poser l'hypothèse que la consommation de diesel correspond à 20 % de ce coût
3. Diviser le coût trouvé par le prix moyen du diesel durant les mois d'hiver
4. Multiplier la quantité de litres par le facteur d'émissions de CO₂ du diesel.

Concernant les parcs de véhicules appartenant à la ville, comme on l'a vu dans la section Méthodologie, certaines villes possèdent des documents détaillés précisant la consommation d'essence et de diesel associée à chaque poste de dépense. C'était le cas de Varennes et de Victoriaville. La figure 1 est un exemple du fichier fourni par la ville de Varennes. La ville de Trois-Rivières a également été en mesure de nous fournir l'information associée aux quantités totales d'essence et de diesel achetées en 2023, information qui, dans ce cas-ci, n'était cependant pas liée à des comptes de dépenses.

Comme on l'a vu dans la section Méthodologie, étant donné que certains postes de dépenses comportent à la fois de l'essence et du diesel et que les dépenses dans le grand livre comptable ne sont pas exactement les mêmes que celles figurant dans les documents de références fournies par les villes, il n'était pas possible d'utiliser directement les quantités indiquées sur les documents de référence pour calculer l'impact carbone lié à l'essence dans le tableau de chacune des villes. Une pondération des coûts (\$/L) et un calcul des facteurs d'impact ont donc été effectués en fonction des quantités d'essence et de diesel achetées. Voici un exemple de ce calcul :

1. Rapport des quantités de litres de diesel et d'essence totaux consommés dans l'année sur le total de litres de carburant consommés :

Exemple :

- Nombre total de litres d'essence et de diesel combinés = 1 176 716

- Nombre de litres de diesel seulement = 572 174
- Proportion de diesel dans l'ensemble des dépenses en carburant :

$$\frac{572174L}{1176716L} = 0,486$$

Proportion de l'essence dans l'ensemble des dépenses en carburant :

$$1 - 0,486 = 0,514$$

2. Pondération du coût annuel en carburant en fonction du prorata entre le diesel et l'essence consommée :

Exemple :

- Proportion de diesel = 0,486
- Proportion d'essence = 0,514
- Prix annuel moyen du diesel pour 2023 = 1,902 \$/L
- Prix annuel moyen de l'essence pour 2023 = 1,658 \$/L
- Prix annuel en carburant mis à niveau :

$$0,486 * 1,902 + 0,514 * 1,658 = 1,777 \text{ $/L}$$

3. Multiplication des dépenses comptables par ce prix annuel ajusté pour obtenir la quantité totale de litres de carburant consommés par la ville en 2023 **selon les données comptables.**

4. Pondération de l'impact en CO₂ émis en fonction du prorata entre le diesel et l'essence consommée :

- Proportion de diesel = 0,486
- Proportion d'essence = 0,514
- Facteur d'émission du diesel = 2,66 kg éq. CO₂/L de diesel consommé
- Facteur d'émission de l'essence = 2,29 kg éq. CO₂/L d'essence consommé
- Facteur d'émission mis à niveau :

$$0,486 * 2,66 + 0,514 * 2,29 = 2,47 \text{ KgCO}_2 \text{ e/L de carburant consommé}$$

5. Multiplication de la quantité d'essence calculée par le facteur d'émission pondéré

Pour les villes ayant fourni un document détaillé où les dépenses en carburant étaient affichées, ce calcul a été effectué pour chacun des postes de dépenses. Pour Trois-Rivières, un seul calcul a été effectué et appliqué à l'ensemble des postes de dépenses, puisqu'aucun détail n'a été fourni. Pour Nicolet, en se basant sur les villes avec détails, certains postes ont été affectés avec seulement du diesel et d'autres seulement de l'essence. Par exemple, pour les postes où il y avait généralement une plus grande proportion de diesel dans les autres villes (services d'incendie, voirie municipale, enlèvement de la neige, collecte et transport des déchets), il a été inféré que Nicolet avait un profil de consommation similaire. Pour les autres postes de dépenses de la ville de Nicolet, on a supposé que seulement de l'essence était consommée.

Figure 1A

Exemple de document pour les détails d'essence

SERVICE DES TRAVAUX PUBLICS (PARCS / ENT. HIVERNAL)				LITRES	TAUX	MONTANT	02-715-10-631	02-330-00-631
T01-17	Tracteur John Deere	T01517	DIESEL		1.5101	- \$	- \$	- \$
T01-18	Tracteur John Deere	T01518	DIESEL		1.5101	- \$	- \$	- \$
T15-38	Tracteur John Deere 1585	T15538	DIESEL		1.5101	- \$	- \$	- \$
T17-24	Tracteur à gazon John Deere	T17-24	DIESEL		1.5101	- \$	- \$	- \$
T13-06	Camion Freightliner-6 roues	T13-506	DIESEL	91.0	1.5101	137.42 \$	137.42 \$	- \$
T16-46	Tracteur Case	T16-46	DIESEL		1.5101	- \$	- \$	- \$
T20-33	Tracteur Kubota	T20-33	DIESEL	225.6	1.5101	340.69 \$	340.69 \$	- \$
T20-34	Tracteur Kubota	T20-34	DIESEL	207.6	1.5101	313.51 \$	313.51 \$	- \$
T22-35	Deere 1585	T22-35	DIESEL		1.5101	- \$	- \$	- \$
T22-36	Kubota	T22-36	DIESEL		1.5101	- \$	- \$	- \$
TOTAL:				524.2		791.62 \$	791.62 \$	- \$

SERVICE DES TRAVAUX PUBLICS (PARCS / VOIRIE)				LITRES	TAUX	MONTANT	02-715-10-631	02-320-00-631
T09-36	Tracteur John Deere	T09536	DIESEL	97.8	1.5101	147.69 \$	147.69 \$	- \$
T12-13	Tracteur KUBOTA polyvalent	T12-513	DIESEL	6.4	1.5101	9.66 \$	9.66 \$	- \$
T15-37	Tracteur KUBOTA-multi fonctions	T15-537	DIESEL	126.4	1.5101	190.88 \$	190.88 \$	- \$
T16-44	Pick-up F250	T16-44	ESSENCE	134.1	1.3605	182.45 \$	182.45 \$	- \$
T16-47	Pick-up F250	T16-47	ESSENCE	257.8	1.3605	350.75 \$	350.75 \$	- \$
TOTAL:				622.5		881.43 \$	881.43 \$	- \$

SERVICE DES TRAVAUX PUBLICS (PARCS / EGOUTS)				LITRES	TAUX	MONTANT	02-415-00-631	02-715-10-631
T00-32	Écureur Sterling	T00532	DIESEL	101.9	1.5101	153.88 \$	76.94 \$	76.94 \$
T21-31	Écureur Freightliner	T21-31	DIESEL	301.4	1.5101	455.16 \$	227.58 \$	227.58 \$
TOTAL:				403.3		609.04 \$	304.52 \$	304.52 \$

PRÉPARÉ:	Nathalie Laliberté	9 932.60	14 418.74 \$	14 418.74 \$
APPROUVÉ:	C. Brunet-Mathews			

02-130-02-631	37.01 \$
02-220-00-631	1 850.46 \$
02-305-00-631	45.85 \$
02-610-00-631	- \$
02-702-80-631	- \$
02-711-00-631	- \$
02-320-00-631	8 350.03 \$
02-330-00-631	- \$
02-413-00-631	310.33 \$
02-415-00-631	304.52 \$
02-715-10-631	3 520.54 \$
14 418.74 \$	

16 semaines	SAISON HIVERNALE	(du 1er décembre au 31 mars)
36 semaines	SAISON ESTIVALE	(du 1 ^{er} avril au 30 novembre)
52 semaines	ANNÉE	