

PERSPECTIVES

14 juillet 2025

Vers une mesure de l'intensité carbone des activités des villes au Québec

BRYAN CAMPBELL

Professeur émérite
Département des sciences économiques
Université Concordia
Chercheur et Fellow CIRANO

MICHEL MAGNAN

Professeur titulaire École de gestion John-Molson
Université Concordia
Chercheur et Fellow CIRANO

ROBERT NORMAND

Directeur de projet CIRANO

ELIZABETH LABONTÉ

Assistante de recherche Polytechnique Montréal

LÉO LAMY-LALIBERTÉ

Assistant de recherche Polytechnique Montréal

Le succès dans 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 climatiques (KPMG, 2022). La gestion de la carboneutralité par les administrations municipales peut avoir un effet d'entraînement important sur la population et le secteur privé en général. Malheureusement, peu de villes ont mis en place des processus systématiques de mesure des émissions de carbone, faute de ressources. Un rapport CIRANO (Campbell et coll. 2025) propose un tableau de bord des émissions de carbone qui pourrait s'avérer être d'une grande valeur pour tout organisme municipal qui désire déterminer les mesures les plus appropriées à prendre pour réduire ses émissions.

Les émissions émanant des services offerts par les administrations municipales pourraient représenter jusqu'à 3 % des émissions totales d'une collectivité. La capacité des administrations municipales d'agir en ce qui touche la carboneutralité est toutefois à géométrie variable puisque d'autres ordres de gouvernement sont impliqués. Qui plus est, la majeure partie des émissions proviennent d'activités des citoyens et des entreprises sur lesquelles les administrations municipales ont un contrôle limité.

En dépit de plusieurs appels et demandes à cet égard, peu de villes ont mis en place des processus systématiques de mesure des émissions de gaz à effet de serre (GES). La complexité de la collecte de données climatiques et la nécessité de mettre sur pied des systèmes et infrastructures coûteux en rebutent plusieurs. En outre, les divulgations qui en résultent doivent répondre aux exigences réglementaires en matière de rapports et d'audit.

Les municipalités ont les informations nécessaires pour évaluer leurs propres émissions, mais elles ne disposent ni des ressources ni d'un cadre simple pour le faire

Les cadres financiers des organismes publics et les postes budgétaires de leur grand livre comptable sont de riches sources d'information qui peuvent aider à réaliser un inventaire détaillé des émissions de GES générées par les activités des administrations municipales québécoises. Un tel inventaire est un outil de grande valeur pour tout organisme municipal qui désire déterminer les mesures les plus appropriées à prendre pour réduire ses émissions. L'utilisation exhaustive de cette information et l'adaptation des systèmes d'information financière existants permettraient aux villes de mesurer leur empreinte carbone tout en limitant l'impact sur les ressources internes ou externes. Malheureusement, et même si cela s'insère dans les objectifs d'atteindre une société carboneutre, peu de villes ont mis en place des processus systématiques de mesure des émissions de carbone, faute de ressources. Dans le but de fournir aux organisations municipales un cadre simple et rigoureux, nous avons développé un « tableau de bord des émissions de carbone ».

L'approche que nous avons retenue permet d'estimer les émissions de carbone en nous servant d'outils référentiels reconnus, comme la base de données Ecoinvent. Ecoinvent est une base spécialisée dans les données d'inventaires du cycle de vie (ICV) des produits. L'objectif est de fournir les données qui permettront de mesurer les impacts environnementaux des activités humaines à travers l'Analyse du Cycle de Vie (ACV). L'ACV est un outil qui cherche à évaluer l'impact environnemental d'un produit, d'un service ou d'un procédé, du début jusqu'à la fin du parcours (Green Gas Protocol, 2021).

Le chauffage et l'exploitation d'équipements, le transport et la gestion des matières résiduelles sont responsables de la plus grande part des émissions de carbone des municipalités

Nous nous intéressons ici aux émissions qui 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.

Nous appuyant sur le Protocole des gaz à effet de serre (GHGP, 2021), une référence incontournable en la matière, nous focalisons sur deux types d'émissions.

Les émissions de portée 1 relèvent directement de l'organisation, c'est-à-dire qu'elles viennent de sources directement contrôlées par celle-ci. À l'échelle d'une municipalité, il s'agit essentiellement 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.

Les émissions de portée 2 découlent essentiellement de la consommation d'énergie (électricité et gaz) par l'infrastructure physique (immeubles) d'une organisation. En raison de difficultés méthodologiques et du fait que les villes ont moins de contrôle direct sur leur ampleur, nous n'avons pas inclus *les émissions de portée 3*, lesquelles découlent de la chaîne de valeur.

Il s'agit ensuite d'identifier les postes de dépense sous le contrôle direct de l'administration municipale à forte intensité carbone. Outre l'intensité carbone, nous avons retenu quatre critères qui servent de filtres : les dépenses doivent toucher les activités courantes de la municipalité, être récurrentes d'une année à l'autre, être communes aux villes de même taille et être conséquentes sur le plan financier, c'est-à-dire représenter plus de 1 % du budget d'exploitation.

L'application de ces filtres ainsi que des consultations auprès de personnes clés œuvrant au sein des administrations municipales nous amène à sélectionner trois catégories de dépenses, lesquelles sont responsables de la plus grande part des émissions de carbone de portées 1 et 2 : l'énergie stationnaire (p. ex. : pour le chauffage et l'exploitation d'équipements) ; le transport (p. ex. : essence ou diesel consommés) ; et la gestion des matières résiduelles (p. ex. : la collecte et le traitement des déchets et écrire : et le traitement des eaux usées). Le choix de ces trois catégories de dépenses est cohérent avec l'approche recommandée par différentes références internationales.

Nous avons posé l'hypothèse que les activités pour lesquelles la ville avait recours à des sous-traitants, comme le déneigement ou la gestion des déchets, sont conduites par la ville elle-même, c'est-à-dire qu'elles sont internalisées. 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.

Nous avons exclu des activités pour lesquelles différents choix peuvent affecter le niveau d'émission de la ville sans nécessairement influencer sur le niveau total d'émissions. C'est le cas par exemple du transport en commun : n'avoir aucun transport en commun réduit les émissions de l'administration municipale, mais risque d'augmenter celles des citoyens.

D'autres activités des municipalités génèrent des émissions potentiellement importantes de carbone, mais ne sont pas considérées ici en raison de l'absence de données permettant d'évaluer de façon précise leur 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 le cas des services de police par exemple, les villes financent les services, mais ne contrôlent pas la fourniture du service.

L'estimation des émissions soulève plusieurs enjeux méthodologiques

Un premier enjeu méthodologique est que les dépenses à forte intensité carbone peuvent se retrouver et être ventilées dans plusieurs postes des états financiers. Par exemple, plusieurs services municipaux consomment de l'électricité ou du gaz naturel pour le chauffage. De la même manière, plusieurs services municipaux ont recours à des véhicules consommateurs d'essence ou de diesel, incluant le transport, mais aussi les loisirs ou le déneigement. Une analyse approfondie des registres comptables est donc nécessaire pour repérer les dépenses d'achat d'énergie stationnaire et de carburant. Une fois les comptes budgétaires repérés, des échantillonnages de factures ainsi que l'information additionnelle colligée nous ont permis d'inférer les quantités d'énergie et de carburant consommées.

Un second enjeu est que les factures de fournisseurs pour des services externalisés, comme le déneigement par exemple, ne sont souvent pas assez détaillées. En particulier, elles indiquent rarement la consommation de carburant requise pour offrir le service. La consultation des cahiers de charge des appels publics ainsi que des entretiens avec les responsables nous ont permis d'inférer la proportion des montants facturés qui représente le coût du carburant. Une fois qu'on a identifié les factures types d'achat d'intrants à forte intensité carbone, nous rapprochons les données colligées avec des outils de référence comme la base de données Ecovint 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. Le Protocole des gaz à effet de serre (GHGP, 2021) 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 complètes 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 (Gouvernement du Canada, 2019).

Passer des états financiers aux émissions de gaz à effet de serre

Nos travaux nous ont permis de développer un prototype de tableau de bord de l'intensité carbone des dépenses budgétaires pour trois fonctions critiques en matière de développement durable, à savoir l'énergie stationnaire, le transport et la gestion des matières résiduelles et le traitement des eaux usées.

Dans notre rapport (Campbell et coll. 2025), nous avons retenu quatre villes représentatives des grandes catégories de municipalités québécoises : 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).

Nous présentons ici le tableau de bord de l'intensité carbone des dépenses budgétaires tiré de notre expérience à la ville de Victoriaville pour l'année 2023. Cette illustration détaillée permet de mieux comprendre notre approche. Pour chaque entrée de la première colonne, la dépense représente le cumul des comptes budgétaires associés à la fonction. La « clé d'imputation » et le « facteur d'intensité d'émission » sont deux paramètres cruciaux pour réaliser notre exercice. En actualisant les clés d'imputation chaque année pour tenir compte des fluctuations de prix, le tableau de bord permet de mesurer l'évolution des émissions et de l'intensité carbone d'une année à l'autre et de juger de l'efficacité des pratiques de réduction des GES de la ville.

	Dépense	Clé d'imputation	Quantité utile	Facteur d'intensité : émission en kg de CO ₂ équivalent	Émissions en kg de CO ₂ équivalent	Intensité carbone : émissions en kg de CO ₂ équivalent/\$
	(1)	(2)	(3) = (1) ÷ (2)	(4)	(5) = (3) x (4)	(6) = (5) ÷ (1)
Énergie stationnaire						
Gaz naturel	314 546 \$	0,15248	2 072 868	1,9/m ³	3 938 450	12,52
Électricité	2 804 686 \$	0,1031	27 190 320	0,14125/kWh	384 063	0,14
Total	3 119 232 \$				4 322 513	1,39
Transport						
Diesel et essence	1 435 231 \$	1,866	769 585	2,60/litre	2 003 850	1,40
Total	1 435 231 \$				2 003 850	1,40
Gestion des matières et eau usées						
Matières résiduelles	2 011 686 \$	imputée	10 364 432	0,53788/kg	5 570 823	2,77
Eaux usées	1 023 933 \$	imputée	11 822 963	2,11E-01/m ³	2 492 517	2,43
Total	3 035 680 \$				8 063 340	2,66

Tableau de bord pour l'estimation de l'intensité carbone par \$ dépensé, exemple de la ville de Victoriaville en 2023

Sources : Campbell et coll. 2025, Energir, INRS (2023), Registres comptables de la ville de Victoriaville

Dans la catégorie « énergie stationnaire », la dépense est estimée à 314 546 \$ pour le gaz naturel, laquelle est extraite des registres comptables de la ville. Selon les informations provenant de Energir, le prix moyen de vente du m³ de gaz naturel en 2023 était de 0,15248 \$, ce chiffre devenant la clé d'imputation pour la dépense en gaz naturel. En divisant la dépense en gaz naturel par la clé d'imputation, nous pouvons inférer la quantité utile de gaz naturel consommée durant la période, soit 2 072 868 m³.

Afin d'évaluer les émissions de GES découlant de cette consommation de gaz naturel, nous nous appuyons sur des analyses de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) qui estime le facteur d'intensité du gaz naturel consommé au Québec à 1,9 kg de CO₂ équivalent par m³ de gaz naturel (INRS, 2023). En multipliant la consommation de gaz naturel par ce facteur d'intensité, on obtient que 3 938 450 kg de CO₂ équivalent ont été émis par la consommation de gaz naturel de la ville en 2023. En divisant ces émissions par la dépense totale, nous obtenons une intensité carbone de 12,52 kg de CO₂ équivalent par \$ dépensé.

En comparaison, une dépense de 1 \$ d'électricité génère des émissions de 0,14 kg de CO₂ équivalent, soit bien en deçà des 12,52 pour un achat équivalent de gaz naturel. Ici, la clé d'imputation est une moyenne pondérée, différentes utilisations subissant des tarifs différenciés. La clé d'imputation tient compte du fait que certaines facturations d'Hydro-Québec sont pour la puissance utilisée et non uniquement pour la consommation en

kWh. Par conséquent, elle n'est pas transposable directement à d'autres municipalités sans une analyse approfondie de leur facturation d'électricité.

Pour le transport, la clé d'imputation ainsi que le facteur d'intensité sont pondérés selon les consommations respectives de diesel et d'essence. La compilation de la dépense en carburant et de la consommation de carburant requiert des recoupements à travers différents services de la ville. L'intensité carbone de 1 \$ de dépense en carburant est estimée à 1,40 kg de CO₂ équivalent et est assez comparable entre les villes de sorte que le modèle serait transposable à d'autres villes. Autrement dit, une fois la dépense connue, on pourrait utiliser les paramètres du tableau de bord pour arriver à une estimation d'émissions et à une intensité carbone.

Enfin, dans le cas des matières résiduelles (incluant les matières organiques) et du traitement des eaux usées, les clés d'imputation sont inférées car la dépense (en \$) et la quantité (en kg ou m³) sont connues. Elles pourraient servir de référence à d'autres villes où l'information de base n'est pas disponible ou moins fiable. La gestion des matières résiduelles et le traitement des eaux usées sont d'importants générateurs de GES et ont une intensité carbone relativement élevée. La possibilité de transposer le modèle à d'autres villes repose sur une analyse des pratiques de collecte des déchets (sélective, compostage) et des procédés utilisés pour le traitement des eaux.

Plusieurs choix stratégiques ont une incidence importante sur les émissions d'une ville

Le recours au gaz naturel plutôt que l'électricité pour le chauffage des bâtiments multiplie par presque 100 l'intensité carbone par \$ dépensé. De la même manière, l'utilisation de diesel plutôt que l'essence accroît l'intensité carbone des dépenses de carburant.

La collecte sélective des déchets et le compostage ont également un impact majeur sur l'intensité carbone de la gestion des déchets de même que le mode traitement des eaux usées. Ce dernier peut facilement influencer sur le niveau estimé d'émissions par un facteur de 2 à 3. Un enjeu majeur sous-tendant l'estimation des émissions est la fiabilité des quantités brutes de déchets et d'eaux usées traitées. Nos estimations font état de variations de 1 à 6 entre différentes villes quant à l'intensité carbone des dépenses de gestion des matières résiduelles.

Par ailleurs, certaines municipalités ont leur propre corps de police alors que d'autres ont recours à la Sûreté du Québec. Comme la Sûreté du Québec couvre un vaste

territoire, il est difficile d'évaluer l'impact sur les émissions de carbone totales pour une ville en particulier. 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.

La traçabilité de l'intensité carbone des activités municipales à travers le système d'information financière, la disponibilité de l'intensité carbone lorsque les activités municipales sont externalisées, le conditionnement ou le traitement appliqués dans la gestion des déchets, solides ou eaux usées et la classification comptable elle-même sont susceptibles d'affecter la fiabilité de la mesure des émissions de carbone. La résolution de ces enjeux peut prendre différentes formes et nécessite de poser certaines hypothèses et d'effectuer des manipulations additionnelles. Le recours à quelques points de références de base et non la recherche de détails additionnels est la voie à prendre à moyen terme.

Trois recommandations

Nos travaux nous amènent à formuler trois recommandations relativement à la comptabilisation et à la divulgation 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 transport devraient ventiler les achats d'énergie inclus dans la facture.

Recommandation 2 : Toujours dans une perspective de développement durable et de transparence, les systèmes

d'information financière qui captent les opérations des villes devraient être assortis de registres auxiliaires reflétant les achats et/ou les consommations d'énergie, qu'elle soit stationnaire ou serve de carburant. Cette comptabilisation permettrait d'estimer plus facilement les émissions de carbone en fin de période ainsi que les divulguer.

Recommandation 3 : La gestion des matières résiduelles ainsi que la gestion des eaux usées sont d'importantes opérations émettrices de gaz à effet de serre. Une gestion des matières résiduelles orientée vers le compostage est estimée avoir un impact carbone neutre. Une approche de gestion des déchets plus sélective est donc une piste importante à considérer pour toute ville souhaitant améliorer son bilan carbone.

Peut-on envisager un tableau de bord des émissions de GES pour un plus large éventail de villes ?

L'objet des tableaux de bord par ville n'est pas nécessairement de comparer les villes 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 entre les villes peuvent être utiles, mais surtout dans une perspective de mieux comprendre l'impact carbone de certaines pratiques.

Nos discussions avec les responsables municipaux ont révélé un intérêt pour le développement d'un outil de mesure des émissions de GES qui serait harmonisé avec le processus budgétaire. Nous poursuivons donc notre démarche avec un échantillon de villes plus grand afin de pouvoir généraliser et valider l'outil de mesure. Notre

cible est de contacter de 20 à 30 villes ayant une population entre 2 000 et 100 000 habitants, lesquelles représentent 43 % de la population du Québec. Cette diversité permettra d'intégrer des facteurs tels que l'urbanisation (densité relative de population) et la superficie dans la détermination des facteurs d'intensité carbone. La diversité des villes considérées permettrait également de rendre notre méthodologie robuste aux divers aspects idiosyncratiques des villes.

Même une approche de mesure des émissions de carbone se voulant simple et agile comporte des aléas et requiert plusieurs paramètres et hypothèses, lesquels dépendent de la ville analysée. Dans le cadre des travaux que nous poursuivons, nous visons à systématiser l'approche que nous avons développée en nous appuyant sur une paramétrisation plus exhaustive des systèmes d'information financière et non financière des villes et une application à plus grande échelle. Dans ce contexte, notre but ultime est de transférer cette expertise aux instances gouvernementales pertinentes afin d'en faire un instrument de politique publique pouvant être diffusé auprès des municipalités québécoises.

Références

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>

Gouvernement du Canada. (2019). Programme de déclaration des gaz à effet de serre (PDGES) - Données sur les gaz à effet de serre (GES) des installations, <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/declaration-installations.html>

Green House Gas Protocol. (2021). Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/GPC_Full_MASTER_RW_v7.pdf

Institut national de la recherche scientifique (INRS). Recherche et rédaction : Dandois-Fafard, M., Nguenevit, K., Pasquier, L-C., Bée, S. (2023). Bilan des émissions de gaz à effet de serre (GES) de l'INRS 2020-2021. 21 p.

KPMG. (2022). Net zero readiness spotlight: cities, <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2022/11/net-zero-readiness-spotlight-cities.pdf>

Pour citer cet article:

Campbell, B., Magnan, M., Normand, R., Labonté, E., & Lamy-Laliberté, L. (2025).

Vers une mesure de l'intensité carbone des activités des villes au Québec (2025PJ-09, Revue PERSPECTIVES, CIRANO.)

<https://doi.org/10.54932/IARX3768>

PERSPECTIVES est la revue de diffusion et de valorisation de la recherche au CIRANO. Rédigés dans une forme accessible à un auditoire élargi, les articles de la revue PERSPECTIVES assurent une visibilité aux travaux et à l'expertise de la communauté de recherche du CIRANO. Comme toute publication CIRANO, les articles sont fondés sur une analyse rigoureusement documentée, réalisée par des chercheuses, chercheurs et Fellows CIRANO.

Les articles publiés dans PERSPECTIVES n'engagent que la seule responsabilité de leurs auteurs.

ISSN 2563-7258 (version en ligne)

Directrice de la publication :
Nathalie de Marcellis-Warin, Présidente-directrice générale
Rédactrice en chef :
Carole Vincent, Directrice de la mobilisation des connaissances

www.cirano.qc.ca