

Document explicatif et méthodologique de l'outil d'estimation des réductions de $PM_{2,5}$ et des bénéfices sanitaires

Analyse municipale annuelle selon les options liées au chauffage au bois résidentiel

Projet et Réalisation :

Cet outil a été réalisé dans le cadre d'un stage de Maîtrise, mené au sein de l'organisme d'accueil Familles pour l'air pur.

Avis Important :

Cet outil est un produit indépendant et n'est approuvé ni validé par aucun organisme officiel tel que l'INSPQ, Santé Canada ou le MELCCFP.

Le 18 novembre 2025

Table des matières

1 Résumé	3
2 Introduction et contexte	4
2.1 Impacts sanitaires de la combustion résidentielle du bois	4
2.2 Utilisation des poêles à bois au Québec	5
2.3 Types d'appareils, leurs usages et leur efficacité énergétique	6
Élaborée par l'auteure à partir du CCME (2012).	6
2.4 Appareils certifiés vs modèles non certifiés	8
2.5 La répartition des types d'appareils de chauffage au bois au Québec	9
2.6 Cadre réglementaire provincial et municipal	9
2.7 Tendance d'évolution des émissions	11
2.8 Gravité du problème	11
2.9 Objectif du projet	12
3 Méthodologie et démarche	14
3.1 Données disponibles et sources	14
3.2 Données démographiques et répartition spatiale	16
3.3 Options d'intervention et calcul du bénéfice par tonne (BpT)	17
Option supplémentaire : saisie directe d'une réduction souhaitée (en tonnes)	18
Scénario 1 – Tous certifiés	19
Scénario 2 – Interdiction d'utilisation des non certifiés	19
Scénario 3 – Personnalisé : remplacement + interdiction des non certifiés	20
Scénario 4 – Interdiction d'installation dans les nouvelles constructions	20
Scénario 5 : Interdiction d'utilisation de tous appareils à combustible solide	21
Calcul direct par tonne (BpT)	22
3.4 Intégration des bénéfices sanitaires liés à la pollution de l'air intérieur	23
3.5 Considérations de coûts	23
Dimensions des coûts à considérer	24
Références externes – apport du modèle de l'EPA	24
4 Limites et incertitudes	25
4.1 Hypothèses et limites de l'étude de Mahagammulla Gamage et al., 2023	25
4.2 Limites techniques liées aux modèles de simulation	26
4.3 Limites méthodologiques propres à l'outil présenté	26
4.4 Limites de l'application du BpT au niveau municipal	27
5 Conclusion et portée interprétative	27
6 Références	28

1 Résumé

Ce document présente l'outil développé pour estimer, pour chaque municipalité du Québec, les réductions potentielles d'émissions de $PM_{2,5}$ dans l'air ambiant extérieur et les bénéfices sanitaires associés à différents scénarios d'intervention sur le chauffage résidentiel au bois. L'outil fournit un cadre comparatif pour évaluer les ordres de grandeur des impacts entre scénarios et n'a pas pour objectif de promouvoir le chauffage au bois par rapport à des modes de chauffage dont les émissions sont nettement inférieures, comme les systèmes électriques.

Les estimations reposent principalement sur les rapports obtenus en vertu de la Loi sur l'accès à l'information. Les émissions de $PM_{2,5}$ sont estimées par une redistribution des valeurs des régions économiques vers les divisions de recensement, suivie d'une ventilation aux municipalités en fonction de leur proportion de population. Les indicateurs sanitaires reposent sur des données propres aux divisions de recensement et sont attribués aux municipalités qu'elles englobent. L'outil met à la disposition des décideurs municipaux un ensemble cohérent d'indicateurs couvrant les réductions d'émissions, les cas sanitaires évités et les bénéfices monétaires correspondants.

Toutefois, les données disponibles présentent plusieurs limites : l'absence d'informations exhaustives au niveau municipal, des incertitudes liées aux facteurs d'émission réels, ainsi que des approximations dans la redistribution spatiale. L'outil ne fournit pas non plus d'estimations robustes des coûts d'intervention ni des impacts sur la qualité de l'air intérieur.

Malgré ces limites, il constitue un appui décisionnel permettant une première estimation des impacts potentiels des interventions municipales. Lorsque des données plus détaillées seront accessibles, chaque municipalité pourra ajuster ses mesures et politiques selon la composition réelle de son parc d'appareils et ses usages locaux. Des enquêtes locales peuvent également être menées pour mieux connaître l'attitude des résidents, la possession des appareils et les habitudes d'utilisation.

2 Introduction et contexte

2.1 Impacts sanitaires de la combustion résidentielle du bois

La combustion résidentielle du bois constitue une source importante de polluants atmosphériques toxiques, notamment les particules fines ($PM_{2,5}$: particules de 2,5 micromètres ou moins de diamètre aérodynamique), les composés organiques volatils (COV), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), etc. L'exposition à la fumée de bois a été associée à divers effets néfastes sur la santé, incluant une augmentation des visites à l'urgence, une diminution de la fonction pulmonaire et des symptômes respiratoires aigus, ainsi qu'à des épisodes de forte pollution atmosphérique durant l'hiver. De plus, une exposition prolongée à cette fumée est liée à un risque accru de maladies cardiovasculaires et respiratoires. (Zalzal et al., 2024). En effet, les particules fines issues du bois peuvent irriter les yeux et les poumons, déclencher de l'asthme et augmenter la fréquence d'événements cardiovasculaires (infarctus, AVC), en particulier chez les populations vulnérables. (Santé Canada, 2022a) Les personnes les plus vulnérables aux effets nocifs de la fumée de bois sont les jeunes enfants et les aînés, en particulier les individus présentant des troubles cardiovasculaires ou des maladies respiratoires. (Conseil canadien des ministres de l'environnement [CCME], 2012)

Selon une modélisation présentée par Santé Canada, la pollution atmosphérique attribuable à la combustion résidentielle du bois aurait provoqué environ 2 300 décès prématurés au Canada en 2015, dont près de 1 400 au Québec, soit plus que les secteurs du transport routier et de l'industrie minérale sur la même période. Ces estimations soulignent le poids majeur des particules de bois sur la morbidité et la mortalité régionales. (Santé Canada, 2023)

Parmi les contaminants émis par la combustion résidentielle du bois, les particules fines ($PM_{2,5}$) sont identifiées comme le principal polluant responsable des effets sanitaires les plus graves. D'après le rapport de Mahagammulla Gamage et al. (2023), préparé par l'Université de Toronto pour l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) et le MELCCFP, les $PM_{2,5}$ représentent la fraction dominante des dommages à la santé associés aux émissions de ce

secteur, en raison de leur capacité à pénétrer profondément dans les voies respiratoires et le système sanguin. (Mahagammulla Gamage et al., 2023)

Ainsi, le présent projet se concentre sur les émissions de PM_{2,5} et leurs impacts sur la santé dans le contexte québécois.

2.2 Utilisation des poêles à bois au Québec

Selon l'Enquête sur la consommation d'énergie des ménages (SHEU, 2019), le Québec comptait environ 3,7 millions de ménages. Parmi eux, 743 095 utilisaient du bois ou des granules pour le chauffage, dont 230 857 en faisaient leur source principale d'énergie.

Ainsi, 20,00 % des ménages québécois utilisent le bois pour le chauffage, mais seulement 6,67 % l'emploient comme source principale. Environ 13,33 % s'en servent comme source secondaire ou d'ambiance, tandis que 80,00 % des ménages se chauffent principalement avec d'autres sources d'énergie. (Natural Resources Canada, 2019)

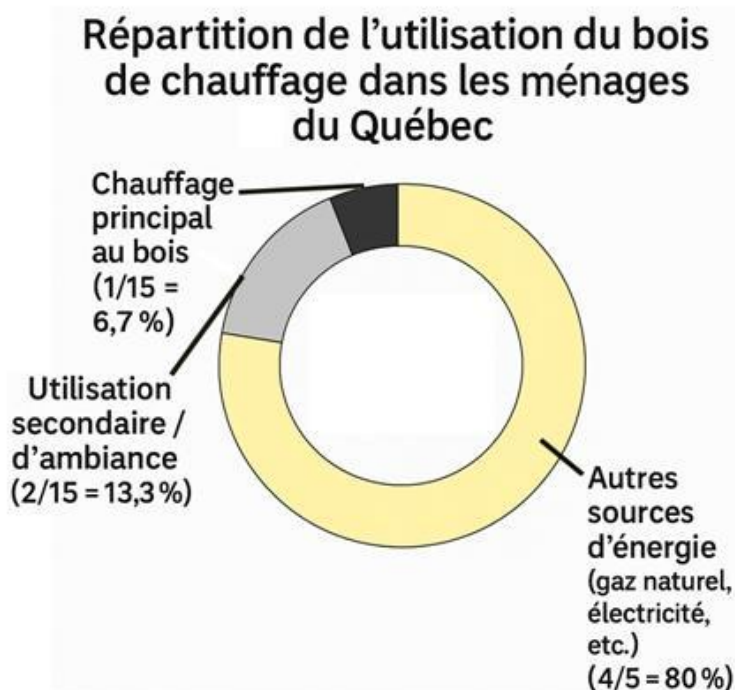



Figure 1. Élaborée par l'auteure à partir des données de Ressources naturelles Canada (2019).



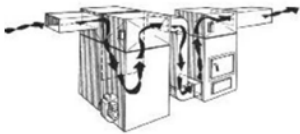
2.3 Types d'appareils, leurs usages et leur efficacité énergétique

Les appareils de combustion résidentiels de bois se répartissent en plusieurs catégories selon leur technologie et leur rendement, notamment les foyers ouverts (rendement très faible et émissions élevées), les foyers fermés ou foyers encastrables à porte vitrée (combustion mieux contrôlée et émissions réduites), les poêles conventionnels (anciens modèles à faible rendement et émissions très importantes), ainsi que les poêles certifiés, conçus pour améliorer l'efficacité et réduire les émissions.

Tableau 1. Principales catégories d'appareils de combustion du bois résidentiels

Élaborée par l'auteure à partir du CCME (2012).

Catégorie	Sous-type	Caractéristiques essentielles
Poêles à bois 	Poêles traditionnels	• anciennes technologies • émissions élevées • pertes de chaleur
	Poêles à haut efficacité — catalytiques	• combusteur céramique • température d'ignition réduite • fumée réduite
	Poêles à haut efficacité — non catalytiques	• foyer isolé • plaque déflectrice • air secondaire préchauffé

Poêles à granules 		<ul style="list-style-type: none"> • granules 8 mm • vis sans fin • combustion stable • émissions plus faibles
Foyers 	Foyers traditionnels	<ul style="list-style-type: none"> • pas de réduction d'émissions • très faible rendement • émissions élevées
	Foyers à technologie avancée	<ul style="list-style-type: none"> • technologies avancées • faibles émissions • chauffage possible
	Foyers encastrables (inserts)	<ul style="list-style-type: none"> • poêle adapté • versions conventionnelles/avancées • émissions comparables aux poêles
Chauffage central au bois 	Fournaises d'appoint	<ul style="list-style-type: none"> • raccord à systèmes existants • air chaud
	Fournaises combinées	<ul style="list-style-type: none"> • bois + mazout/électricité
	Chaudières / hydronic heaters	<ul style="list-style-type: none"> • eau chaude • souvent extérieurs

2.4 Appareils certifiés vs modèles non certifiés

Les appareils certifiés sont soumis, au Canada comme aux États-Unis, à des procédures d'essai normatives. Au Canada, les fabricants peuvent obtenir la certification de leurs appareils en les faisant évaluer selon la norme CSA B415.1-F10 dans un laboratoire accrédité par le Conseil canadien des normes. Aux États-Unis, la procédure de certification relève de l'US EPA, à laquelle les fabricants doivent soumettre leurs appareils. Les poêles à haute efficacité conçus conformément à ces exigences présentent, par rapport aux anciens modèles non certifiés, plusieurs améliorations : une réduction pouvant atteindre 55 % des émissions de substances toxiques, dont les PM_{2,5}, le monoxyde de carbone (CO), les composés organiques volatils et les hydrocarbures aromatiques polycycliques ; une diminution pouvant atteindre 70 % des émissions de PM_{2,5} ; une augmentation minimale de 70 % de l'efficacité énergétique ; ainsi qu'une baisse de 30 à 50 % de la consommation de bois de chauffage. Ces valeurs doivent toutefois être interprétées avec prudence, puisqu'elles proviennent d'essais réalisés en conditions contrôlées ; des variations importantes peuvent survenir en usage réel, selon les modèles et les pratiques quotidiennes (CCME, 2012).

Aux États-Unis, la certification de l'EPA impose depuis 2020 un seuil maximal de 2,0 g/h pour les nouveaux poêles à bois — ou de 2,5 g/h selon le protocole d'essai retenu (U.S. EPA, 2020). Au Canada, la norme CSA B415.1-10 fixe des limites de 4,5 g/h pour les appareils non catalytiques et de 2,5 g/h pour les modèles catalytiques (CCME, 2012).

Cependant, plusieurs limites ont été relevées concernant la crédibilité des certifications. Le Bureau du vérificateur général des États-Unis (Office of Inspector General, OIG) souligne dans son rapport de 2021 que le programme de certification de l'US EPA ne garantit pas de manière fiable que les appareils certifiés respectent réellement les normes en conditions d'utilisation. Les méthodes d'essai approuvées par l'EPA manquent parfois de clarté et permettent une flexibilité suffisante pour produire des résultats qui ne reflètent pas les conditions réelles. Certains modèles certifiés n'ont d'ailleurs pas respecté les normes lors de tests indépendants supplémentaires, et l'EPA ne dispose pas de mécanismes internes suffisamment robustes pour

vérifier la validité des rapports d'essai et la conformité des procédures (U.S. EPA Office of Inspector General, 2023).

En outre, les émissions mesurées en conditions domestiques peuvent diverger largement des valeurs certifiées. Elles varient selon la qualité du bois, l'entretien de l'appareil et les pratiques de combustion. Les essais en laboratoire reposent principalement sur des régimes stables qui ne représentent pas les cycles réels d'utilisation résidentielle, notamment les démarrages à froid, les variations de charge et les phases de combustion incomplète (Marin et al., 2022).

2.5 La répartition des types d'appareils de chauffage au bois au Québec

Les poêles sont surtout utilisés dans les zones rurales et dans les ménages à plus faible revenu, où ils servent souvent de source principale de chauffage; les foyers sont beaucoup plus répandus dans les milieux urbains et sont la plupart du temps utilisés comme source secondaire ou de confort, et non comme chauffage principal.

En 2015, environ la moitié des ménages utilisaient des appareils à technologie avancée (poêles ou inserts certifiés), tandis qu'environ un quart possédaient encore des appareils conventionnels (poêles, foyers ou inserts non certifiés). Les fournaises à bois et les poêles à granules représentaient des parts plus faibles.

Entre 1990 et 2017, la proportion d'appareils conventionnels a nettement diminué, traduisant une transition vers des technologies plus propres et plus efficaces. Cependant, après 2017, une hausse soudaine de ces appareils conventionnels est observée, tandis que les parts des fournaises à bois et des poêles à granules demeurent stables, sans tendance marquée (Mahagammulla Gamage et al., 2022).

2.6 Cadre réglementaire provincial et municipal

Ainsi, les gouvernements ont adopté des mesures réglementaires visant à restreindre l'utilisation des appareils de chauffage au bois résidentiels ou à encourager le recours à des technologies plus propres et moins polluantes.

Depuis 2009, le *Règlement sur les appareils de chauffage au bois* vise à interdire, à l'échelle du Québec, la fabrication, la vente et la distribution d'appareils de chauffage au bois non conformes aux normes environnementales établies par l'Association canadienne de normalisation (CSA) ou par la United States Environmental Protection Agency (EPA). Cette réglementation provinciale a pour objectif de limiter la mise en marché d'équipements polluants et d'encourager l'utilisation d'appareils plus performants et moins émetteurs de particules fines. Le règlement ne s'applique toutefois pas à certains appareils de combustion du bois, notamment les foyers décoratifs, les foyers de masse et les foyers extérieurs.

Ce règlement ne prévoit aucune interdiction d'usage pour les appareils déjà installés; la responsabilité de déterminer leur retrait ou leur interdiction demeure du ressort des municipalités. Certaines municipalités ont par la suite adopté leurs propres règlements afin de renforcer ces mesures sur leur territoire, conformément à leurs priorités locales en matière de santé publique et de qualité de l'air. (MELCC, 2025)

Par exemple, la Ville de Montréal a adopté en août 2015 le Règlement 15-069, qui exige la déclaration de tout appareil ou foyer à combustible solide — qu'il s'agisse d'une installation, d'un remplacement ou d'un enlèvement — et interdit l'utilisation des appareils non certifiés émettant plus de 2,5 g/h de particules fines, sauf en cas de panne d'électricité de plus de trois heures. Les appareils certifiés demeurent également prohibés durant les épisodes de smog (*Ville de Montréal, 2015*).

Plusieurs autres villes du Québec ont aussi adopté des règlements encadrant ou restreignant l'usage des appareils de chauffage au bois, notamment Québec, Laval et Longueuil, qui prévoient des exigences spécifiques quant à la performance ou aux conditions d'utilisation des appareils. Terrebonne, pour sa part, interdit l'installation de tout nouvel appareil à combustible solide, même certifié. (Ville de Québec, 2021 ; Ville de Laval, 2021 ; Ville de Longueuil, 2025 ; Ville de Terrebonne, 2025)

2.7 Tendence d'évolution des émissions

Dans ce contexte, selon le Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP, 2024), De 1990 à 2022, les émissions liées au chauffage résidentiel au bois ont diminué de 13,2 % (3,0 kt). Cette réduction est une conséquence de la transformation progressive du parc d'appareils, en particulier du remplacement des anciens poêles conventionnels par des modèles certifiés à combustion lente, dont les performances énergétiques sont supérieures et les émissions plus faibles (ECCC, 2022)..

2.8 Gravité du problème

Même si une diminution globale des émissions a été observée au cours des dernières décennies, les données les plus récentes montrent que la situation demeure préoccupante. D'après le rapport du MELCCFP (2024), la combustion résidentielle du bois demeure une source majeure de pollution atmosphérique au Québec. En 2022, elle représentait 14 % des émissions totales de particules fines ($PM_{2,5}$) d'origine humaine, soit une proportion nettement supérieure à celles provenant du secteur agricole (7,5 %), industriel (6,4 %) ou des transports (5,1 %). Cette part importante confirme que, malgré les progrès réglementaires des dernières années, le chauffage au bois résidentiel continue de constituer un enjeu environnemental et sanitaire majeur, en particulier durant la saison hivernale où il est la principale source d'émissions de $PM_{2,5}$ (MELCCFP, 2024).

Par ailleurs, les analyses confirment cette tendance (Mahagammulla Gamage et al., 2023). Les auteurs y évaluent cinq scénarios : le renforcement du contrôle réglementaire des émissions liées à la combustion résidentielle du bois, l'abolition de cette combustion en milieu urbain, ainsi que l'élimination des émissions provenant de l'agriculture, des véhicules hors route et des activités industrielles. Selon leurs résultats, les $PM_{2,5}$ constituent le principal déterminant des effets sanitaires populationnels, et les scénarios les plus efficaces pour réduire ces impacts sont précisément ceux qui ciblent la combustion résidentielle du bois.

Enfin, en ce qui concerne le cadre réglementaire municipal, la portée des mesures demeure limitée. un grand nombre de municipalités du Québec appliquent uniquement le cadre

réglementaire provincial, sans intégrer de normes locales supplémentaires. À titre d'exemple, dans la région du Grand Montréal, sur les 82 municipalités, 60 ne comportent aucune norme d'émission de particules fines dans leurs règlements municipaux. (Communauté métropolitaine de Montréal [CMM], 2025)

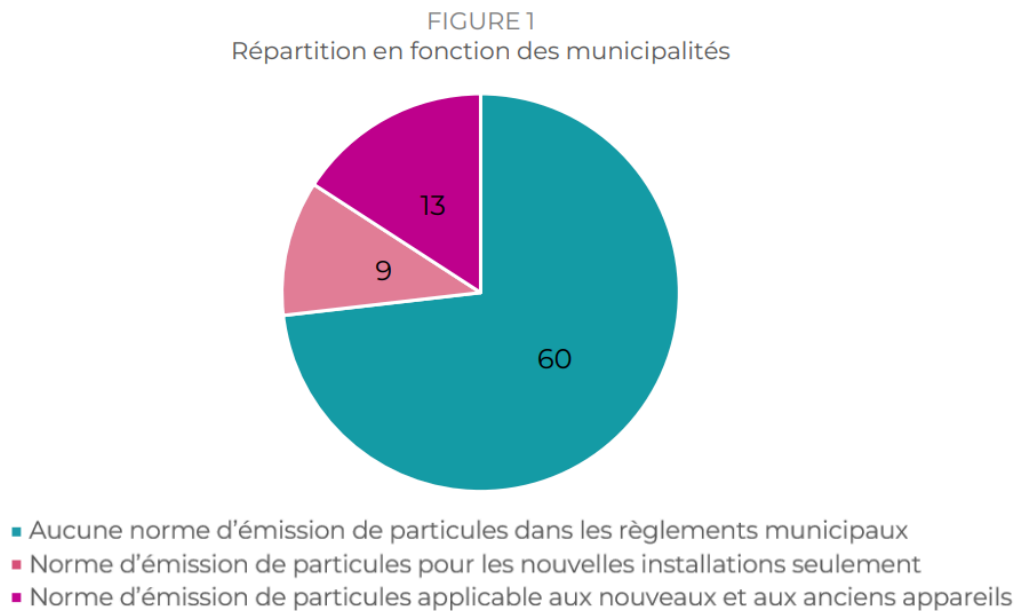


Figure 2. Répartition en fonction des municipalités

(Communauté métropolitaine de Montréal (CMM), 2025)

2.9 Objectif du projet

Compte tenu du fait que de nombreuses municipalités du Québec ne disposent pas de règlements locaux plus stricts que les normes provinciales et qu'elles manquent souvent des ressources techniques nécessaires pour évaluer les impacts des mesures possibles, le présent outil vise à offrir un appui simple et accessible. Il permettra aux municipalités d'estimer les bénéfices sanitaires et économiques associés à des scénarios réglementaires, afin de soutenir une prise de décision éclairée visant à réduire la pollution générée par le chauffage résidentiel au bois.

Tableau 2. Élaboré par l’auteure à partir des contenus du Code de pratiques pour les appareils résidentiels de chauffage au bois (CCME, 2012)

Catégorie d’outil	Résumé
Réglementation du rendement des appareils	Règles imposant des normes d’émission et de performance pour les poêles et foyers ; Mesure déjà appliquée au Québec depuis 2009
Avis de pollution et journées sans brûlage	Mécanismes d’avis de qualité de l’air ; proclamation de journées « sans brûlage » lors des épisodes de smog ; restrictions temporaires pour réduire les pics de PM _{2,5} .
Restrictions d’installation ou d’usage	Règlements interdisant l’installation de nouveaux appareils à bois dans certaines zones ; obligations de retirer des appareils non conformes ; limitations d’utilisation en fonction du type d’appareil.
Incitations au remplacement	Programmes d’incitation (subventions ou rabais) pour encourager le remplacement des vieux appareils par des modèles à faibles émissions (poêles certifiés, granulés, électricité, etc.).

Sensibilisation et éducation du public	Campagnes d'information sur les bonnes pratiques de combustion (bois sec, entretien) ; guides pour reconnaître un appareil polluant ; programmes d'éducation visant à modifier les comportements.
Suivi et gestion de la performance	Outils de mesure et d'évaluation des programmes (nombre d'appareils remplacés, réduction des émissions, plaintes enregistrées, données de qualité de l'air) ; utilisation d'un calculateur d'émissions pour estimer les gains ; indicateurs pour suivre l'efficacité des politiques.

3 Méthodologie et démarche

3.1 Données disponibles et sources

Le projet repose largement sur des données secondaires issues des travaux récents menés pour l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) et le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Deux rapports techniques, obtenus par une demande d'accès à l'information et produits par l'équipe de Marianne Hatzopoulou (Université de Toronto), constituent la base méthodologique de l'outil :

- Rapport d'étape 1 (Mahagammulla Gamage et al., 2022), portant sur la modélisation initiale des émissions et des concentrations de polluants selon divers scénarios au Québec ;
- Rapport d'étape 2 (Mahagammulla Gamage et al., 2023), approfondissant l'analyse prospective et évaluant les impacts sanitaires et économiques associés aux émissions atmosphériques.

Les auteurs ont construit un inventaire provincial du chauffage résidentiel au bois selon une approche novatrice. Celui-ci repose sur l'intégration de cinq grandes sources de données à haute résolution :

- Données immobilières Centris ($\approx 482\,000$ inscriptions retenues) pour identifier la présence d'appareils à bois ;
- Variables socio-démographiques du recensement (âge du bâtiment, revenu, taille des ménages, etc.) ;
- Données géospatiales fines sur les bâtiments ;
- Deux enquêtes totalisant $\approx 28\,800$ ménages, fournissant l'usage réel des appareils et les quantités de bois brûlé ;
- Facteurs d'émission détaillés (certifiés, non certifiés, foyers ouverts, etc.).

Les chercheurs combinent plusieurs sources d'information pour estimer où se trouvent les appareils de chauffage au bois, quels types sont utilisés et dans quelle proportion. Ils produisent ainsi une carte très détaillée, presque maison par maison.

Ces estimations servent ensuite à un modèle qui simule comment la fumée et les particules fines se déplacent dans l'air selon la météo et la géographie, afin d'évaluer l'exposition réelle de la population.

Les variations de concentrations générées pour chaque scénario (dont « tout certifié ») sont ensuite traduites en impacts sanitaires à l'aide d'OEBQA (Outil d'évaluation des bénéfices de la qualité de l'air) développé par Santé Canada, qui estime pour chaque division de recensement les cas évités (mortalité, hospitalisations, symptômes, etc.) ainsi que les valeurs monétaires liées aux impacts sanitaires.

Cette combinaison — inventaire multi-sources, modélisation chimique tridimensionnelle haute résolution et évaluation sanitaire fondée sur les fonctions dose-réponse de Santé Canada — constitue une méthodologie particulièrement robuste pour quantifier les impacts du chauffage au bois au Québec.

Ces rapports, reposant sur une approche de modélisation sophistiquée, fournissent des estimations de référence indispensables. En particulier, les éléments suivants en ont été extraits :

(a) les émissions annuelles de PM_{2,5} par région économique du Québec dans le scénario de référence (situation actuelle ~2022) ;

(b) les taux de réduction des émissions attendus sous différents scénarios d'intervention sur le chauffage au bois (par exemple -55 % si tous les appareils deviennent certifiés, -65 % si tous les poêles non certifiés sont abandonnés, etc.) ;

(c) Les impacts sanitaires annuels évités pour un scénario donné — en particulier le scénario 1 « tout certifié » — ont été estimés à l'aide de l'outil OEBQA. Ces estimations incluent les nombres de cas évités pour divers indicateurs (symptômes respiratoires aigus, bronchite chronique, symptômes d'asthme, visites et hospitalisations pour causes cardiaques ou respiratoires, bronchite aiguë chez l'enfant, décès attribuables à l'exposition chronique et jours d'activité restreinte), ainsi que leur valeur pour la société. Pour chacun de ces indicateurs, le fichier fournit plusieurs variables complémentaires, notamment le nombre de cas, la valeur monétaire, les cas pour 100 000 habitants, le changement proportionnel et la variation de l'espérance de vie.

Dans l'outil OEBQA, la monétisation de la mortalité attribuable à l'exposition chronique aux PM_{2,5} repose sur la valeur statistique d'une vie (VSL), une mesure économique utilisée par Santé Canada et fondée sur la disposition à payer pour réduire marginalement le risque de mortalité. Par ailleurs, plusieurs effets sanitaires potentiels de l'exposition chronique aux PM_{2,5} — notamment certains impacts neurocognitifs et autres effets non mortels — ne sont pas inclus dans l'OEBQA. Leur intégration éventuelle dans les modèles d'évaluation conduirait vraisemblablement à des bénéfices sanitaires et monétaires plus élevés.

3.2 Données démographiques et répartition spatiale

Sur le plan des émissions, les valeurs ont été réparties entre les divisions de recensement selon leur poids démographique dans chaque région économique, en utilisant les données du

Recensement 2021 de Statistique Canada sur la population et le nombre de logements privés occupés par région administrative (Statistique Canada, 2022). Ainsi, les émissions de référence pour 2022 ont été calculées à partir des données du Rapport d'étape 2 (tableau 14), en intégrant les marges d'incertitude régionales ($\pm 11\%$ à $\pm 17,9\%$).

De plus, à l'intérieur de chaque division de recensement, les émissions ont été réparties entre les municipalités qui le composent, selon leur part démographique respective dans la population totale des divisions de recensement. Les impacts sanitaires et les bénéfices économiques associés ont été également ventilés de manière proportionnelle selon cette même pondération, permettant ainsi d'obtenir, pour chaque municipalité, une estimation détaillée de ses émissions, de ses impacts sanitaires et des bénéfices potentiels liés à la réduction des PM_{2,5}.

Les données démographiques utilisées proviennent du Recensement de la population de 2021 de Statistique Canada, lequel présente la population et le nombre de logements privés occupés par région administrative du Québec (Statistique Canada, 2022).

Les divisions de recensement pour lesquels les données sanitaires sont manquantes (2401–2414, situés dans les régions du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine) ont été estimés à partir des moyennes observées dans la région de la Côte-Nord, jugée comparable en termes de structure démographique et socio-économique.

3.3 Options d'intervention et calcul du bénéfice par tonne (BpT)

Les options d'intervention intégrées dans l'outil sont dérivées des scénarios définis dans les travaux de Mahagammulla Gamage et al., (2023). Elles peuvent être activées individuellement ou combinées selon les besoins de l'utilisateur.

Les scénarios d'intervention n'incluent pas les situations exceptionnelles telles que les pannes de courant prolongées (p. ex. > 3 heures) ou les épisodes de smog, mais reposent sur les conditions d'utilisation régulières à l'échelle annuelle.

Toutes les réductions sont exprimées par rapport au scénario de référence correspondant à la situation actuelle de 2022.

S1 : Conversion de tous les appareils à bois non certifiés en appareils certifiés — réduction des émissions de 55 % par rapport au scénario de référence (situation actuelle de 2022).

S2 : Interdiction d'utilisation de tous les appareils à bois non certifiés (conventionnels) — réduction des émissions de 65 %.

S3 : Scénario personnalisé — Dans l'outil, le premier choix offert à l'utilisateur correspond à cette logique : « Interdiction d'utilisation d'appareils non certifiés ».

En indiquant le pourcentage d'appareils dont l'usage est interdit (0–100 %), la proportion restante est automatiquement considérée comme remplacée par des appareils certifiés.

S4 : Interdiction d'installation d'appareils à combustible solide dans les constructions neuves (sur une année) — réduction des émissions de 0,2 % à 2 % selon la municipalité.

Dans l'outil, le deuxième choix offert à l'utilisateur correspond à ce scénario.

S5 : Élimination complète du chauffage résidentiel au bois — réduction des émissions de 100 %.

Dans l'outil, le troisième choix offert à l'utilisateur correspond à ce scénario.

Option supplémentaire : saisie directe d'une réduction souhaitée (en tonnes)

Dans l'outil, il s'agit du quatrième et dernier choix disponible.

Outre les scénarios prédéfinis, l'outil offre également une fonctionnalité flexible permettant à l'utilisateur de saisir directement une quantité de PM_{2,5} à réduire (en tonnes).

L'outil fournit alors automatiquement :

le bénéfice sanitaire estimé (en \$), sur la base du facteur BpT de la municipalité.

Cette fonctionnalité permet aux gestionnaires municipaux :

- de tester des objectifs internes (ex. réduire 5 t/an dans un secteur donné),

- d'évaluer la rentabilité potentielle d'une mesure locale,
- d'intégrer l'outil dans des analyses budgétaires ou des plans d'action municipaux.

Scénario 1 – Tous certifiés

Le scénario 1 postule que l'ensemble des appareils résidentiels de combustion au bois (poêles, inserts et foyers) sont remplacés par des appareils certifiés conformes aux normes de l'EPA. Selon les estimations du Rapport de Mahagammulla Gamage et al. (2023), une telle transition entraînerait une réduction provinciale de 55 % des émissions de PM_{2,5} par rapport au scénario de référence correspondant à la situation actuelle de 2022.

Dans le présent cadre analytique, cette réduction de 55 % est appliquée uniformément à l'ensemble des divisions de recensement (DR) afin d'estimer, pour chacune, la quantité totale de PM_{2,5} évitée (en tonnes). Par la suite, la somme des valeurs monétaires associées aux dix indicateurs de bénéfices sanitaires du scénario « tout certifié » est divisée par la quantité totale de PM_{2,5} réduite, ce qui permet de dériver, pour chaque DR, un indicateur de référence de type Bénéfice par tonne (BpT).

Scénario 2 – Interdiction d'utilisation des non certifiés

Le scénario 2 correspond à l'abandon complet des appareils à bois conventionnels, c'est-à-dire non certifiés. Par rapport au scénario de référence de 2022, cette mesure entraînerait une réduction totale estimée à 65 % des émissions de PM_{2,5} (Mahagammulla Gamage et al., 2023).

Les bénéfices sanitaires associés au scénario 2 ne sont pas directement disponibles dans les données obtenues via l'accès à l'information. Ils sont donc extrapolés proportionnellement à partir des résultats du scénario 1, en appliquant un facteur correspondant à la variation relative entre les émissions évitées des scénarios 1 et 2 (55 % → 65 %). Ainsi, pour chaque division de recensement, les valeurs monétaires des impacts sanitaires sont ajustées selon cette différence, permettant d'estimer les gains additionnels attribuables à l'élimination des appareils conventionnels.

Scénario 3 – Personnalisé : remplacement + interdiction des non certifiés

Dans l'outil, le premier choix offert à l'utilisateur correspond à cette logique : « Interdiction d'utilisation d'appareils non certifiés ».

Dans ce scénario, l'utilisateur indique quel pourcentage des appareils non certifiés serait remplacé par des appareils certifiés.

La part restante des appareils non certifiés est simplement considérée comme interdite et donc retirée du parc.

Les réductions d'émissions et les bénéfices sanitaires sont ensuite estimés de manière proportionnelle, en combinant :

l'effet associé au remplacement des appareils non certifiés (S1);

et l'effet associé au retrait (interdiction) des appareils non certifiés (S2) restants.

Autrement dit, plus la proportion remplacée est élevée, plus les résultats se rapprochent du scénario « remplacement » ; plus la proportion interdite est grande, plus ils se rapprochent du scénario « interdiction ».

Scénario 4 –Interdiction d'installation dans les nouvelles constructions

Dans l'outil, le deuxième choix offert à l'utilisateur correspond à ce scénario.

Le scénario 4 évalue l'effet d'une interdiction d'installer des appareils de combustion au bois dans les habitations résidentielles nouvellement construites.

Étant donné qu'il est difficile d'estimer de façon fiable les installations réalisées dans les habitations existantes, ce scénario ne tient compte que des nouvelles constructions afin d'évaluer la part des nouvelles installations dans l'ensemble des mises en place possibles.

Tableau 3. Mises en chantier résidentielles – 2021 (APCHQ, 2022)

Mises en chantier résidentielles – 2021

PROVINCE *	TOTAL	MARCHÉ VISÉ					
		Unifamiliale	Copropriété		Locatif		
	57 309 21%	13 661 19%	8 032 11%		35 616 25%		
Lanaudière	5 532 87%	919 -1%	246 324%		4 367 122%		
Mauricie	1 262 74%	562 77%	98 113%		602 67%		
Capitale-Nationale	7 377 51%	1 561 27%	277 116%		5 539 57%		
Montréal	14 808 42%	425 35%	5 932 24%		8 451 58%		
Centre-du-Québec	1 581 40%	736 43%	8 --		837 41%		
Côte-Nord	29 26%	29 45%	0 --		0 --		
Saguenay – Lac-Saint-Jean	833 18%	621 27%	16 -38%		196 3%		
Estrie	2 601 15%	881 33%	61 49%		1 659 6%		
Chaudière-Appalaches	2 593 5%	880 29%	19 19%		1 694 -5%		
Laurentides	4 919 4%	2 199 23%	153 -50%		2 567 -3%		
Outaouais	3 059 -1%	1 087 4%	11 83%		1 961 -4%		
Montréal	9 743 -3%	2 993 10%	1 055 -33%		5 695 -1%		
Abitibi-Témiscamingue	334 -11%	205 13%	0 --		129 -33%		
Laval	2 270 -20%	248 6%	144 -29%		1 878 -22%		
Gaspésie – Îles-de-la-Madeleine	121 -30%	108 -20%	0 --		13 -65%		
Bas-Saint-Laurent	247 -32%	207 18%	12 -50%		28 -83%		

Source : SCHL

*Centres urbains de plus de 10 000 habitants uniquement

Les données de mise en chantier provenant du Bulletin de l'habitation 2021 de l'APCHQ (2022) ont été rapportées au nombre total de logements existants selon le Recensement 2021 de Statistique Canada. Le ratio « logements neufs / logements existants » constitue un proxy du renouvellement annuel théorique du parc d'appareils de chauffage.

En appliquant ce ratio aux émissions de référence, il est possible d'estimer la réduction annuelle potentielle des émissions attribuable à l'absence d'installation de nouveaux appareils à bois. Cette estimation conduit à une réduction provinciale de l'ordre de 0,2 % à 2 %, selon la structure du parc immobilier dans chaque région économique.

Bien que ce scénario n'estime que l'effet d'une seule année d'interdiction dans les constructions neuves, le maintien de cette mesure dans le temps génère des bénéfices cumulés très importants. Chaque cohorte annuelle sans nouveaux appareils accroît progressivement la réduction du parc émetteur, de sorte que sur plusieurs années ou décennies, l'impact cumulé devient significatif.

Scénario 5 : Interdiction d'utilisation de tous appareils à combustible solide

Dans l'outil, le troisième choix offert à l'utilisateur correspond à ce scénario.

Ce scénario correspond à une interdiction totale de l'utilisation de tous les appareils de combustion au bois sur l'ensemble du territoire québécois. Il s'agit du scénario le plus ambitieux, visant une élimination complète des émissions de PM_{2,5} attribuables au chauffage résidentiel au bois, soit une réduction de 100 % par rapport à la situation de référence.

Calcul direct par tonne (BpT)

Dans l'outil, il s'agit du quatrième et dernier choix disponible.

Afin de traduire les réductions d'émissions en bénéfices sanitaires monétaires, l'outil utilise un indicateur dérivé du scénario « tout certifié » : le Bénéfice par tonne (BpT). Ce ratio correspond à la valeur sanitaire monétaire associée à une tonne de PM_{2,5} évitée, telle qu'estimée dans les résultats de l'OEBQA.

Les résultats sanitaires disponibles proviennent exclusivement d'OEBQA et sont fournis à l'échelle des DR, il n'existe donc aucune estimation sanitaire à l'échelle municipale. Pour cette raison, toutes les municipalités appartenant au même DR reçoivent le même BpT, car l'OEBQA ne permet pas de différencier l'exposition, les profils de santé ou la structure démographique à l'intérieur d'un DR.

De la même manière, le BpT ne varie pas non plus entre les différents scénarios, puisque l'outil repose sur l'hypothèse d'une relation linéaire entre la réduction des émissions et les bénéfices sanitaires monétaires.

Il est à noter que différentes institutions, utilisant des méthodes, des hypothèses et des paramètres distincts, obtiennent des estimations variées du bénéfice par tonne (BpT) associé à la réduction de différents types d'émissions de PM_{2,5}. Par exemple :

- (United States Environmental Protection Agency [EPA], 2025) : USD\$479 000 — valeurs de référence américaine pour les coûts et bénéfices liés à une tonne de PM_{2,5} émis par des foyers résidentiels de combustion de bois en 2015.

- (Santé Canada, 2023) : environ CAD\$240 000 pour le secteur de la combustion résidentielle de bois — 11 milliards \$ de coûts sanitaires pour 45 854 tonnes de PM_{2,5} émises au Québec en 2015.
- (Santé Canada, 2022) : BpT estimé \approx 500 000 \$/tonne — moyenne des BpT des secteurs sur route et hors route dans le région du Corridor Windsor-Québec, illustrant l'ampleur des impacts sanitaires liés à la combustion de carburants pétroliers raffinés

3.4 Intégration des bénéfices sanitaires liés à la pollution de l'air intérieur

Cette section présente une estimation exploratoire et hautement incertaine des bénéfices sanitaires associés à la réduction de la pollution de l'air intérieur découlant d'une diminution des émissions dues à la combustion résidentielle du bois. Il ne s'agit pas de valeurs précises, mais d'un ordre de grandeur visant à illustrer le potentiel sanitaire global.

L'estimation repose sur une référence récente : le Indoor Combustion Health Impacts Model développé en Nouvelle-Zélande (Energy Efficiency and Conservation Authority [EECA], 2025). Ce modèle évalue les coûts sanitaires annuels à environ 1 630 millions NZD pour la pollution intérieure et 6 484 millions NZD pour la pollution ambiante, soit un ratio d'environ 1 : 4 (Ministry for the Environment, 2025). Autrement dit, pour chaque 4 \$ de bénéfices attribués à la réduction de la pollution ambiante, environ 1 \$ s'ajouteront pour la pollution intérieure.

Dans le contexte québécois, ce ratio empirique est appliqué pour dériver une approximation des bénéfices intérieurs à partir des bénéfices ambiants calculés à l'aide des données de l'INSPQ et des scénarios de réduction de PM_{2,5} :

le bénéfice intérieur = bénéfice ambiant \times 0,25 (soit 1/4).

Cette estimation comporte toutefois d'importantes limites. Les types d'appareils de chauffage au bois, les conditions climatiques et les normes de ventilation diffèrent entre la Nouvelle-Zélande et le Québec, ce qui affecte la représentativité du ratio utilisé. L'approche présente l'avantage de contrôler partiellement certaines variables, mais son extrapolation demeure incertaine, notamment en raison des fonctions de risque associées aux PM_{2,5}.

Ainsi, les bénéfices intérieurs présentés doivent être considérés avec prudence : ils illustrent un ordre de grandeur potentiel plutôt qu'une estimation précise ou définitive.

3.5 Considérations de coûts

Bien que l'outil ne calcule pas automatiquement les coûts, une analyse qualitative permet d'esquisser les principaux enjeux économiques liés aux différents scénarios d'intervention. Ces éléments constituent une première réflexion générale : les estimations précises devront être réalisées par chaque municipalité, en fonction de ses caractéristiques propres (types d'appareils, profils socio-économiques, disponibilité des alternatives de chauffage, capacité du réseau électrique, etc.).

Dimensions des coûts à considérer

Dans le cadre de ce projet, l'estimation des coûts associés aux interventions doit tenir compte de plusieurs dimensions économiques et sociales. Les coûts pertinents incluent notamment :

- les coûts d'investissement et d'installation associés au remplacement ou à la mise à niveau des appareils non certifiés ;
- les coûts d'exploitation et d'entretien liés aux différences de rendement et de consommation énergétique entre technologies ;
- les coûts administratifs et de gestion publique, incluant la certification, le contrôle, l'accompagnement des ménages et les campagnes de communication ;
- les coûts d'infrastructure, notamment les ajustements nécessaires au réseau électrique ou à la surveillance environnementale ;
- les coûts sectoriels et de marché, comme les pertes potentielles pour les fournisseurs de bois, les fabricants et installateurs d'appareils ;
- et enfin, les mesures de compensation visant à soutenir les ménages vulnérables afin d'éviter toute régression sociale.

Références externes – apport du modèle de l'EPA

En l'absence de données économiques complètes pour le Québec, l'outil s'appuie sur l'analyse réalisée par l'Environmental Protection Agency (EPA) aux États-Unis dans son Regulatory Impact Analysis for Residential Wood Heaters NSPS Revision (EPA, 2015).

Cette évaluation des normes nationales distingue trois types d'impacts :

- les coûts techniques (certification, tests, adaptation) ;
- les coûts administratifs ;
- les effets de marché (baisse temporaire de production et de demande dans la filière bois-énergie).

Les résultats de l'EPA montrent également que, même lorsque les coûts d'adaptation technologique sont significatifs, les bénéfices sanitaires attendus sont de plusieurs ordres de grandeur supérieurs. Bien que les valeurs exactes ne puissent être transposées directement au Québec, la logique économique sous-jacente — une intervention réglementaire forte génère des bénéfices sanitaires massifs — reste pertinente pour orienter notre réflexion.

Le coût social total du scénario est évalué à 46 millions USD/an, pour une réduction d'environ 8 300 tonnes de PM_{2,5}/an, soit un coût moyen de 5 542 USD/tonne (2013), équivalant à 7 230 USD/tonne (2022, taux de 3%), soit environ **10 122 CAD/tonne** au taux de conversion de 1,4. Dans notre modèle, il est recommandé d'intégrer ces catégories de coûts tout en présentant les valeurs par tonne de PM_{2,5} comme indicateur central.

4 Limites et incertitudes

4.1 Hypothèses et limites de l'étude de Mahagammulla Gamage et al., 2023

Les paramètres sanitaires et les fonctions exposition-réponse utilisés dans l'outil OEBQA n'ont pas été calibrés localement pour le Québec ni pour ses régions administratives. Certaines zones, présentant une prévalence plus élevée de l'asthme ou une plus grande fréquentation des

services de santé, pourraient ainsi voir leurs impacts réels sous-estimés en raison d'une application uniforme de moyennes nationales.

De plus, pour certains indicateurs sanitaires, les estimations absolues d'impacts sont caractérisées par une variabilité importante, ce qui incite à en privilégier une lecture comparative relative plutôt que fondée sur des valeurs absolues.

L'outil ne prend pas en compte de manière directe certains polluants, notamment les composés organiques volatils (COV) et les polluants toxiques comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Les données scientifiques disponibles sur ces substances demeurent limitées, en particulier en contexte d'exposition environnementale, ce qui restreint leur intégration dans l'évaluation sanitaire.

4.2 Limites techniques liées aux modèles de simulation

Les estimations des réductions d'émissions sont issues du modèle atmosphérique POLAIR3D, alimenté par des inventaires d'émissions d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), lesquels disposent d'une résolution spatiale relativement grossière. Même si les concentrations modélisées n'ont pas été utilisées directement, les pourcentages de changement qui en sont dérivés peuvent transmettre indirectement leurs incertitudes aux estimations sanitaires.

Par ailleurs, les taux d'émission des appareils certifiés peuvent être nettement plus élevés en situation réelle (bois humide, mauvaises pratiques d'utilisation, entretien inadéquat, etc.), et l'outil n'intègre pas cette variabilité dans ses paramètres. Il serait pertinent d'envisager, dans les futures versions, l'inclusion d'une variance expérimentale ou d'incertitudes par défaut (comme les facteurs recommandés par le GIEC).

4.3 Limites méthodologiques propres à l'outil présenté

L'outil repose sur une approche descendante (« top-down ») où les estimations régionales sont redistribuées aux divisions de recensement et aux municipalités en fonction de la population. Cette hypothèse simplificatrice ne tient pas compte de l'hétérogénéité spatiale de l'usage du

chauffage au bois. La littérature (Mahagammulla Gamage et al., 2023) souligne que les zones rurales peuvent présenter des taux d'équipement bien plus élevés que les zones urbaines, rendant insuffisante l'utilisation de la population comme seul proxy. L'intégration de données d'enquêtes locales permettrait d'améliorer la précision de ces répartitions.

Les bénéfices sanitaires ont été extrapolés de manière linéaire à partir d'une valeur monétaire des impacts sanitaires par tonne évitée (BpT). Toutefois, la relation entre la réduction des concentrations de polluants et l'impact sanitaire évité peut être non linéaire, notamment en présence de seuils, d'effets dose-réponse complexes ou de phénomènes de saturation. Cette hypothèse pourrait donc conduire à une sur- ou sous-estimation des effets selon les niveaux de fond, la distribution spatiale des sources ou les profils de vulnérabilité des populations exposées. Des modèles plus avancés permettraient de mieux appréhender les variations des bénéfices marginaux en fonction des contextes locaux.

Les résultats sont issus des valeurs centrales d'OEBQA, sans intégration d'intervalles de confiance ni de modélisations statistiques (Monte Carlo). De plus, aucune analyse de sensibilité formelle n'a été réalisée. Ces résultats doivent donc être interprétés comme des estimations fixes dépendant de paramètres donnés, avec un degré d'incertitude non quantifié.

Le champ d'application du modèle se limite aux effets à long terme des $PM_{2,5}$, et n'inclut pas les effets d'autres polluants gazeux (NO_2 , O_3 , CO) ni l'exposition intérieure à la fumée de bois. La portée temporelle est annuelle et suppose un scénario d'application immédiate. Les dynamiques de mise en œuvre progressive n'ont pas été modélisées.

4.4 Limites de l'application du BpT au niveau municipal

L'outil n'intègre pas de résolution infra-régionale pour le BpT. Ainsi, des municipalités appartenant à la même division de recensement se voient attribuer une même valeur unitaire, ce qui peut masquer des disparités significatives. Une résolution plus fine améliorerait la représentation territoriale des estimations.

5 Conclusion et portée interprétative

Malgré les incertitudes et limites identifiées, l'outil présente une valeur informative significative. Il permet de comparer les ordres de grandeur des bénéfices sanitaires associés à différents scénarios d'intervention en matière de chauffage résidentiel au bois, et ainsi de nourrir la réflexion des décideurs locaux. Son amélioration future dépendra notamment de l'accès à des données locales plus détaillées, de résolutions spatiales plus fines et de l'intégration de modèles plus sophistiqués des relations entre pollution atmosphérique et santé.

Il convient de souligner que l'outil repose sur des données obtenues par accès à l'information, lesquelles demeurent incomplètes. Sa finalité première est de fournir des estimations indicatives – en termes d'ordres de grandeur – des réductions potentielles de PM_{2,5} et des bénéfices sanitaires correspondants, pour chaque municipalité. Il ne s'agit pas d'un outil d'analyse coûts-bénéfices, puisque les coûts associés aux interventions varient fortement selon les contextes locaux (type de marché, capacité électrique disponible, dispositifs d'aide municipaux, caractéristiques socioéconomiques, etc.) et doivent faire l'objet d'évaluations spécifiques à chaque territoire.

Sauf indication contraire, les résultats présentés portent exclusivement sur les effets de la pollution ambiante, conformément aux méthodes issues des rapports de l'INSPQ concernant la dispersion atmosphérique et l'évaluation des impacts sanitaires.

Il est donc recommandé d'interpréter les résultats en priorité selon les écarts relatifs entre scénarios, plutôt qu'en s'appuyant sur les valeurs absolues. En effet, les organismes mobilisent des modèles, hypothèses et sources de données distincts (INSPQ, ECCC, MELCCFP, etc.), tandis que les niveaux réels d'émissions évoluent d'une année à l'autre. Ces variations influencent directement les concentrations simulées et, en conséquence, les bénéfices sanitaires estimés. L'outil doit ainsi être compris comme un cadre de comparaison interne entre scénarios, et non comme un instrument de quantification précise ou définitive des impacts.

6 Références

Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec (APCHQ). (2022, février). *Bulletin de l'habitation : Bilan 2021 des mises en chantier résidentielles au Québec*.

<https://media.apchq.com/download/0eadbed97b133769bcd9c71fce121aa3170bbbd2.pdf>

Conseil canadien des ministres de l'environnement. (2012). *Code de pratiques pour les appareils résidentiels de chauffage au bois* (PN 1480).

https://publications.gc.ca/collections/collection_2013/ccme/En108-4-52-2012-fra.pdf

Communauté métropolitaine de Montréal. (2025, 10 mars). *Portrait de la réglementation municipale encadrant la combustion du bois dans le Grand Montréal – Séance d'information publique sur la qualité de l'air*.

https://cmm.qc.ca/wp-content/uploads/2025/03/20250310_PresentationCMM_Portrait.pdf

Energy Efficiency and Conservation Authority (EECA). (2025). *Indoor Combustion Health Impacts Model* [fichier Excel]. Wellington, Nouvelle-Zélande : EECA.

<https://www.eeca.govt.nz/assets/EECA-Resources/Research-papers-guides/Indoor-Combustion-Health-Impacts-Model.xlsx>

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). (2023). *01.5 Results_QC_AQBAT_PM_{2,5}, NO₂, O₃* [fichier Excel complémentaire au rapport]. INSPQ.

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). (2024). *Impacts sanitaires des scénarios futurs – Projet de recherche dans le cadre du portrait des sources de contaminants atmosphériques et sonores* (Fiche provenant de la demande d'accès à l'information no 9610).

https://www.demandesinfos.environnement.gouv.qc.ca/dossiers/air/9610_fiche.pdf

Mahagammulla Gamage, S., Zalzal, J., Ganji, A., & Hatzopoulou, M. (2022, 19 décembre). *Émissions et concentrations de polluants selon divers scénarios au Québec : Rapport d'étape 1* [document obtenu via une demande d'accès à l'information]. Civil and Mineral Engineering,

University of Toronto. Rapport préparé pour l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) et le MELCCFP.

Mahagammulla Gamage, S., Zalzal, J., Yamanouchi, S., Torbatian, S., & Hatzopoulou, M. (2023, 31 juillet). *Émissions et concentrations de polluants selon divers scénarios au Québec : Rapport d'étape 2* [document obtenu via une demande d'accès à l'information]. Civil and Mineral Engineering, University of Toronto. Rapport préparé pour l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) et le MELCCFP.

Marin, A., Rector, L., Morin, B., & Allen, G. (2022). Residential wood heating: An overview of U.S. impacts and regulations. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 72(7), 619–628. <https://doi.org/10.1080/10962247.2022.2050442>

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques. (2025). *Le chauffage au bois*. Gouvernement du Québec. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/chauf-bois/index.htm>

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2024, novembre). *Inventaire québécois des émissions des principaux contaminants atmosphériques en 2022 et leur évolution depuis 1990*. Gouvernement du Québec. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/inventaire/inventaire-contaminants-2022.pdf>

Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. (2014). *Résultats d'évaluation des programmes « Feu vert » et « Changez d'air! »*. Gouvernement du Québec. https://www.demandesinfos.environnement.gouv.qc.ca/dossiers/air/10002_fiche.pdf

Ressources naturelles Canada. (2019). *Tableaux de données de l'Enquête 2019 sur l'utilisation de l'énergie par les ménages (EUEM 2019)*. <https://oeenrncan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/menus/euem/2019/tableaux.cfm>

Ricardo, T., Adams, T., Day, C., Dubey, J., Girard-Sequeira, A., Marshall, O., & Redmond, A. (2025). *Health impacts from domestic burning in the UK* (v3.0, October 2025). Global Action Plan & Hertfordshire County Council.

https://www.actionforcleanair.org.uk/files/health_impacts_from_domestic_burning_in_the_uk.pdf

Santé Canada. (2023). *Impacts sur la santé de la pollution de l'air au Canada provenant du transport, de l'industrie et de la combustion résidentielle : Estimations des décès prématurés et des effets non mortels à l'échelle nationale, provinciale, territoriale et des zones atmosphériques* (Document H144-112/2022 F-PDF). Ottawa, Ontario : Gouvernement du Canada.

https://publications.gc.ca/collections/collection_2023/sc-hc/H144-112-2022-fra.pdf

Santé Canada. (2022a). *Présentation des effets sur la santé associés au PM_{2,5} : Lignes directrices canadiennes sur la qualité de l'air ambiant* (H144-100-2022F). Gouvernement du Canada.

https://publications.gc.ca/collections/collection_2022/sc-hc/H144-100-2022-fra.pdf

Santé Canada. (2022b). *Air Quality Benefits Assessment Tool: Technical documentation* (H144-111/2022F). Gouvernement du Canada.

https://publications.gc.ca/collections/collection_2022/sc-hc/H144-111-2022-fra.pdf

Smargiassi, A., et collaborateurs. (2023, 15 décembre). *Fiche synthèse et recommandations – Projets de recherche dans le cadre du portrait des sources de contaminants atmosphériques et sonores financés par le MELCCFP* [document obtenu via une demande d'accès à l'information]. Université de Montréal.

Statistique Canada. (2022). *Profil du recensement, Recensement de la population de 2021*. Ottawa, Ontario : Gouvernement du Canada.

<https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2021/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F>

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2020, 2 avril). *Final standards of performance for new residential wood heaters, new residential hydronic heaters, and forced-air furnaces*.

<https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/final-2020-new-source-performance-standards-residential-wood>

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2025, 26 mars). *Sector-based PM_{2.5} and ozone benefit per ton estimates*.

<https://www.epa.gov/benmap/sector-based-pm25-and-ozone-benefit-ton-estimates>

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2015). Regulatory Impact Analysis for Residential Wood Heaters NSPS Revision (Final Report) (EPA-452/R-15-001). Office of Air and Radiation, Health and Environmental Impacts Division, Research Triangle Park, NC.

<https://www.regulations.gov/document/EPA-HQ-OAR-2009-0734-1789>

U.S. Environmental Protection Agency, Office of Inspector General. (2023). *EPA's residential wood heater program does not provide reasonable assurance that certified wood heaters meet emission standards* (Report No. 21-P-0123).

<https://www.epa.gov/office-inspector-general/report-epas-residential-wood-heater-program-does-not-provide-reasonable>

Ville de Laval. (2021). *Règlement L-12792 – Appareils de chauffage à combustible solide*.

<https://www.laval.ca/reglements-permis/index-reglements/appareil-chauffage/>

Ville de Longueuil. (2025). *Règlement sur les nuisances – Appareils à combustible solide*.

<https://longueuil.quebec/fr/nouvelles/reglement-sur-les-nuisances-longueuil-sattaque-la-propr-ete-et-au-bruit-en-plus-dencadrer>

Ville de Montréal. (2015, avril). *Règlement 11-018 concernant les appareils et les foyers permettant l'utilisation d'un combustible solide*. Portail officiel de la Ville de Montréal.

https://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=6877,135347669&_dad=portal&_schema=PORTAL

Ville de Québec. (2021). *R.V.Q. 2954 – Règlement sur les appareils de chauffage à combustible solide*.

<https://www.ville.quebec.qc.ca/citoyens/propriete/poele-foyer.aspx>

Ville de Terrebonne. (2025). *Règlements 1003-013 et 1009-013 – Appareils de chauffage au bois*.

<https://terrebonne.ca/reglements-permis/chauffage-et-froid-intense/>

Zalzal, J., Liu, Y., Smargiassi, A., & Hatzopoulou, M. (2024). Improving residential wood burning emission inventories with the integration of readily available data sources. *Science of the Total Environment*, 946, 174226. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174226>