Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale
Québec

Direction des affaires juridiques et corporatives

Québec, le 27 février 2026 PAR COURRIER ÉLECTRONIQUE

[redacted]

Objet : Réponse à votre demande d'accès à des documents
N/dossier : MMGT01319

Bonjour,

Nous donnons suite à votre demande reçue le 12 février 2026 pour l'obtention des documents suivants :

> ***« Conformément à la Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels (RLRQ, c. A-2.1), je souhaite obtenir copie des documents détenus par le Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale en lien avec le document intitulé « Présentation aux élus_Combustion bois_DSP_210126.pdf ».***
>
> ***Plus précisément, je demande l'accès à l'ensemble des documents, analyses, communications, notes, rapports, études, données, courriels ou tout autre document détenu par votre organisme concernant le dossier des foyers au bois et des particules fines relativement au territoire de la Ville de Québec.***
>
> ***Cette demande inclut notamment, sans s'y limiter :***
>
> ***• Les documents ayant servi à la préparation de la présentation mentionnée***
> ***• le fichier « Présentation aux élus_Combustion bois_DSP_210126.pdf ».***
> ***• Les échanges entre le CIUSSS de la Capitale-Nationale et la Ville de Québec concernant ce dossier***
> ***• Les avis scientifiques, évaluations d'impact ou analyses de risques produits ou utilisés***
> ***• Les données ou sources utilisées pour soutenir les conclusions ou recommandations formulées »***

À cet égard, vous trouverez ci-joint les documents détenus par le CIUSSS de la Capitale-Nationale répondant à vos demandes.

Notez que des renseignements de nature personnelle et confidentielle ont été caviardés, conformément aux articles 53, 54 et 56 de la *Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels* (ci-après la « LADOP »).

2915, avenue du Bourg-Royal
Québec (Québec) G1C 3S2
Téléphone : 418 266-1019
Télécopieur : 418 661-2845

Toutefois, bien que nous sachions que la Ville de Québec vous a référé au CIUSSS de la Capitale-Nationale afin d'obtenir certains documents, en conformité avec l'article 48 de la LADOP, nous devons également caviardés et restreindre l'accès à leurs documents, ainsi que vous référer à ce dernier aux coordonnées suivantes :

VILLE DE QUÉBEC
Me Julien Lefrançois
Directeur de division - Assistant-greffier
2, rue des Jardins #RC-05
Québec (QC) G1R 4S9
Tél. : 418 641-6411 #4917
loiacces@ville.quebec.qc.ca

En terminant, si vous êtes insatisfait de notre réponse, soyez informé qu'en vertu de la Loi, vous avez des recours. Nous joignons à la présente une note explicative à cet effet intitulée « Avis de recours ».

Nous espérons le tout à votre convenance et vous prions d'agréer, nos salutations distinguées.

[redacted]
Audrey Séraiocco, technicienne juridique
Pour : Stéphanie Savard, avocate
Responsable de l'accès aux documents et de la protection des renseignements personnels
Dossiers administratifs et employés

SS/as

p. j. Avis de recours
Dispositions législatives invoquées
Documents

AVIS DE RECOURS EN RÉVISION

À la suite d'une décision rendue en vertu de la *Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels*

Révision

a) Pouvoir

L'article 135 de la Loi prévoit qu'une personne peut, lorsque sa demande écrite a été refusée en tout ou en partie par le responsable de l'accès aux documents ou de la protection des renseignements personnels ou dans le cas où le délai prévu pour répondre est expiré, demander à la Commission d'accès à l'information de réviser cette décision.

La demande de révision doit être faite par écrit; elle peut exposer brièvement les raisons pour lesquelles la décision devrait être révisée (art. 137).

L'adresse de la Commission d'accès à l'information est la suivante :

QUÉBEC

Commission d'accès à l'information
Bureau 2.36
525, boul. René-Lévesque Est
Québec (Québec) G1R 5S9

Tél : (418) 528-7741
Téléc : (418) 529-3102

MONTRÉAL

Commission d'accès à l'information
Bureau 900
2045, rue Stanley
Montréal (Québec) H3A 2V4

Tél : (514) 873-4196
Téléc : (514) 844-6170

b) Motifs

Les motifs relatifs à la révision peuvent porter sur la décision, sur le délai de traitement de la demande, sur le mode d'accès à un document ou à un renseignement, sur les frais exigibles ou sur l'application de l'article 9 (notes personnelles inscrites sur un document, esquisses, ébauches, brouillons, notes préparatoires ou autres documents de même nature qui ne sont pas considérés comme des documents d'un organisme public).

c) Délais

Les demandes de révision doivent être adressées à la Commission d'accès à l'information dans les 30 jours suivant la date de la décision ou de l'expiration du délai accordé au responsable pour répondre à une demande (art. 135).

La loi prévoit spécifiquement que la Commission d'accès à l'information peut, pour motif raisonnable, relever le requérant du défaut de respecter le délai de 30 jours (art. 135).

APPEL DEVANT LA COUR DU QUÉBEC

a) Pouvoir

L'article 147 de la loi stipule qu'une personne directement intéressée peut porter la décision finale de la Commission d'accès à l'information en appel devant un juge de la Cour du Québec sur toute question de droit ou de compétence.

L'appel d'une décision interlocutoire ne peut être interjeté qu'avec la permission d'un juge de la Cour du Québec s'il s'agit d'une décision interlocutoire à laquelle la décision finale ne pourra remédier.

b) Délais

L'article 149 prévoit que l'avis de l'appel d'une décision finale doit être déposé au greffe de la Cour du Québec, dans les 30 jours qui suivent la date de réception de la décision de la Commission par les parties.

c) Procédure

Selon l'article 151 de la loi, l'avis d'appel doit être signifié aux parties et à la Commission dans les dix jours de son dépôt au greffe de la Cour du Québec.

© Éditeur officiel du Québec

Chapitre A-2.1

LOI SUR L'ACCÈS AUX DOCUMENTS DES ORGANISMES PUBLICS ET SUR LA PROTECTION DES RENSEIGNEMENTS PERSONNELS

48. Lorsqu'il est saisi d'une demande qui, à son avis, relève davantage de la compétence d'un autre organisme public ou qui est relative à un document produit par un autre organisme public ou pour son compte, le responsable doit, dans le délai prévu par le premier alinéa de l'article 47, indiquer au requérant le nom de l'organisme compétent et celui du responsable de l'accès aux documents de cet organisme, et lui donner les renseignements prévus par l'article 45 ou par le deuxième alinéa de l'article 46, selon le cas.

Lorsque la demande est écrite, ces indications doivent être communiquées par écrit.

53. Les renseignements personnels sont confidentiels sauf dans les cas suivants:

1° la personne concernée par ces renseignements consent à leur divulgation; si cette personne est mineure, le consentement peut également être donné par le titulaire de l'autorité parentale;

2° ils portent sur un renseignement obtenu par un organisme public dans l'exercice d'une fonction juridictionnelle; ils demeurent cependant confidentiels si l'organisme les a obtenus alors qu'il siégeait à huis clos ou s'ils sont visés par une ordonnance de non-divulgation, de non-publication ou de non-diffusion.

54. Dans un document, sont personnels les renseignements qui concernent une personne physique et permettent de l'identifier.

56. Le nom d'une personne physique n'est pas un renseignement personnel, sauf lorsqu'il est mentionné avec un autre renseignement la concernant ou lorsque sa seule mention révélerait un renseignement personnel concernant cette personne.

Outlook

RE: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 1er février, 17 h

De Giroud, Guillaume (PQM PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Date Mer 2026-02-04 09 h 26
À Philippe Robert (CIUSSSCN Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>; Isabelle Goupil-Sormany (MED-CHU) <isabelle.goupil sormany.med@ssss.gouv.qc.ca>

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

Art. 48 LADOP

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE)
Envoyé : 1 février 2026 09:39
À : Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>; isabelle.goupil-sormany.med@ssss.gouv.qc.ca
Objet : Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 1er février, 17 h

Art. 48 LADOP

[redacted]

[redacted]

Art. 48
LADOP

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

Outlook

RE: Présentation aux élus de l'agglomération

De Alibert, Matthieu (PQM PCE) <Matthieu.Alibert@ville.quebec.qc.ca>
Date Ven 2023-05-26 16 h 41
À Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; [redacted] Art. 53, 54 et 56 LADOP

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

Art. 48 LADOP [redacted]

Matthieu Alibert
Directeur de division
Division Prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu

Ville de Québec
250L, boulevard Wilfrid-Hamel (Pavillon des arts)
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : (418) 641-6411, poste 2953

matthieu.alibert@ville.quebec.qc.ca

CONFIDENTIALITÉ Ce courriel (de même que les pièces jointes) est confidentiel Si vous n'êtes pas le destinataire visé, veuillez en aviser immédiatement l'expéditeur et supprimer ce message

De : Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : 26 mai 2023 16:37
Art. 53, 54 et 56 LADOP **À :** Alibert, Matthieu (PQM-PCE) <Matthieu.Alibert@ville.quebec.qc.ca>; [redacted]
Objet : RE: Présentation aux élus de l'agglomération

Bonjour Mathieu,

Je m'en doutais, aucun problème. As-tu besoin de disponibilité en journée seulement, ou aussi en soirée ?

J'ai malheureusement peu de disponibilité durant certaines semaines de juin, mais il y aurait ceci :

- 7 juin 14h45-18h
- 9 juin 14h45-18h

- 14 juin de 14h45 à 18h
- 16 juin de 8h à 13h00
- 20 juin de 15h30 à 18h
- 21 juin de 8h à 14h
- 26 juin de 8h à 18h
- 27 juin de 8h à 14h30
- 28 juin de 8h à 18h
- 29 juin de 8h à 18h
- 30 juin de 8h à 18h

Si vous envisagez une rencontre en soirée, j'aurais des disponibilités supplémentaires

Bon succès dans la finalisation de votre rapport,

Philippe

De : Alibert, Matthieu (PQM-PCE) <Matthieu.Alibert@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : vendredi 26 mai 2023 15:58
Art. 53, 54 et 56 LADOP **À :** [redacted] Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Présentation aux élus de l'agglomération

> ***Avertissement automatisé :*** *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

[redacted]

Art. 48 LADOP [redacted]

Matthieu Alibert
Directeur de division
Division Prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu

Ville de Québec
250L, boulevard Wilfrid-Hamel (Pavillon des arts)
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : (418) 641-6411, poste 2953

matthieu.alibert@ville.quebec.qc.ca

CONFIDENTIALITÉ : Ce courriel (de même que les pièces jointes) est confidentiel. Si vous n'êtes pas le destinataire visé, veuillez en aviser immédiatement l'expéditeur et supprimer ce message

Outlook

RE: DOCUMENTATION - Présentation aux élus - Qualité de l'air

De Bugay, Stephan (DG DIR) <Stephan.Bugay@ville.quebec.qc.ca>

Date Mer 2026-02-04 08 h 09

À Asselin, Marie Josee (CMC CVCE) <Marie josee.Asselin@ville.quebec.qc.ca>; Boucher, Marie Pierre (CMC CVCE) <Marie-Pierre.Boucher@ville.quebec.qc.ca>; Courtemanche Baril, Eric (CMC-CVCE) <Eric.CourtemancheBaril@ville.quebec.qc.ca>; Deschamps, Catherine (CMC CVCE) <Catherine.Deschamps@ville.quebec.qc.ca>; Dusablon, Gabriel (CMC-CVCE) <Gabriel.Dusablon@ville.quebec.qc.ca>; Vallières Roland, Catherine (CMC CVCE) <Catherine.Vallieres Roland@ville.quebec.qc.ca>; White, Marianne (CMC-CVCE) <Marianne.White@ville.quebec.qc.ca>; Laberge, Clément (CMC MAI) <Clement.Laberge@ville.quebec.qc.ca>; Breton, Karine (CMC MAI) <Karine.Breton@ville.quebec.qc.ca>; Pagé, Charles (CMC-MAI) <Charles.Page@ville.quebec.qc.ca>; Campbell, Jean Simon (CMC MAI) <Jean Simon.Campbell@ville.quebec.qc.ca>; Sauvé, Melanie (CMC CVCE) <Melanie.Sauve@ville.quebec.qc.ca>; Larouche, Carolyne (ABE-DIR) <Carolyne.Larouche@ville.quebec.qc.ca>; Innes, Francois (PQM PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; CMC , CabinetdelaMairie <Cabinetdelamairie@ville.quebec.qc.ca>; Boulianne, Marylou (CMC-CVCE) <Marylou.Boulianne@ville.quebec.qc.ca>; Bourdeau, Clement (CMC CVCE) <Clement.Bourdeau@ville.quebec.qc.ca>; Coulombe-Leduc, Mélissa (CMC-CVCE) <Melissa.Coulombe-Leduc@ville.quebec.qc.ca>; Elmaleh, Maxime (CMC CVCE) <Maxime.ElMaleh@ville.quebec.qc.ca>; Fauteux, Yannick (CMC-CVCE) <Yannick.Fauteux@ville.quebec.qc.ca>

Cc Monty, Luc (DG DIR) <Luc.Monty@ville.quebec.qc.ca>; Dubois, Isabelle (DG DIR) <Isabelle.Dubois@ville.quebec.qc.ca>; Loiseau, Marie-France (DG-DIR) <marie-france.loiseau@ville.quebec.qc.ca>; Desharnais, Carl (DG DIR) <Carl.Desharnais@ville.quebec.qc.ca>; Landry, Pascal (DG-DIR) <Pascal.Landry@ville.quebec.qc.ca>; Haché, Linda (DG-DIR) <Linda.Hache@ville.quebec.qc.ca>; Gallant, Patricia (DG DIR) <Patricia.Gallant@ville.quebec.qc.ca>

1 pièce jointe (1 Mo)
Avis d'experts 20260204.pdf; Pièce jointe non transmise en vertu de l'article 48 LADOP

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

[redacted]

Art. 48 LADOP

[redacted]

Stephan Bugay, ing., PhD
Directeur général adjoint
Services de proximité
Ville de Québec
Hôtel de ville de Québec
2, rue des Jardins, 3e étage
Québec (Québec) G1R 4S9
Téléphone : 418 641-6411, poste 1702

Courriel : stephan.bugay@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca
CONFIDENTIALITÉ Ce courriel (de même que les pièces jointes) est confidentiel Si vous n'êtes pas le destinataire visé, veuillez en aviser immédiatement l'expéditeur et supprimer ce message

---

De : Gallant, Patricia (DG-DIR)
Envoyé : 21 janvier 2026 11:02
À : Bugay, Stephan (DG-DIR) <Stephan.Bugay@ville.quebec.qc.ca>; Asselin, Marie-Josee (CMC-CVCE) <Marie-josee.Asselin@ville.quebec.qc.ca>; Boucher, Marie-Pierre (CMC-CVCE) <Marie-Pierre.Boucher@ville.quebec.qc.ca>; Courtemanche Baril, Eric (CMC-CVCE) <Eric.CourtemancheBaril@ville.quebec.qc.ca>; Deschamps, Catherine (CMC-CVCE) <Catherine.Deschamps@ville.quebec.qc.ca>; Dusablon, Gabriel (CMC-CVCE) <Gabriel.Dusablon@ville.quebec.qc.ca>; Vallières-Roland, Catherine (CMC-CVCE) <Catherine.Vallieres-Roland@ville.quebec.qc.ca>; White, Marianne (CMC-CVCE) <Marianne.White@ville.quebec.qc.ca>; Laberge, Clément (CMC-MAI) <Clement.Laberge@ville.quebec.qc.ca>; Breton, Karine (CMC-MAI) <Karine.Breton@ville.quebec.qc.ca>; Pagé, Charles (CMC-MAI) <Charles.Page@ville.quebec.qc.ca>; Campbell, Jean-Simon (CMC-MAI) <Jean-Simon.Campbell@ville.quebec.qc.ca>; Sauvé, Melanie (CMC-CVCE) <Melanie.Sauve@ville.quebec.qc.ca>; Larouche, Carolyne (ABE-DIR) <Carolyne.Larouche@ville.quebec.qc.ca>; Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; CMC_, CabinetdelaMairie <Cabinetdelamairie@ville.quebec.qc.ca>; Boulianne, Marylou (CMC-CVCE) <Marylou.Boulianne@ville.quebec.qc.ca>; Bourdeau, Clement (CMC-CVCE) <Clement.Bourdeau@ville.quebec.qc.ca>; Coulombe-Leduc, Mélissa (CMC-CVCE) <Melissa.Coulombe-Leduc@ville.quebec.qc.ca>; Elmaleh, Maxime (CMC-CVCE) <Maxime.ElMaleh@ville.quebec.qc.ca>; Fauteux, Yannick (CMC-CVCE) <Yannick.Fauteux@ville.quebec.qc.ca>; Lavoie, Jean-Luc (CMC-CVCE) <JeanLuc.Lavoie@ville.quebec.qc.ca>; Lavoie2, Claude (CMC-CVCE) <Claude.Lavoie2@ville.quebec.qc.ca>; Lebailly, Raphael (CMC-CVCE) <Raphael.Lebailly@ville.quebec.qc.ca>; Lepage, Elainie (CMC-CVCE) <Elainie.Lepage@ville.quebec.qc.ca>; Poirier, Raymond (CMC-CVCE) <Raymond.Poirier@ville.quebec.qc.ca>; Verreault, Elisa (CMC-CVCE) <Elisa.Verreault@ville.quebec.qc.ca>; Lachance, Stephane (CMC-CVCE) <Stephane.Lachance@ville.quebec.qc.ca>; Roussin, Marc (CMC-CVCE) <Marc.Roussin@ville.quebec.qc.ca>; Salle Hôtel de ville de Québec - ComitéExécutif - 106-1(22)(Teams Rooms) - 2, rue des Jardins <ComiteExecutif.106-1-B0687@ville.quebec.qc.ca>; Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>; Alibert, Matthieu (PQM-PCE) <Matthieu.Alibert@ville.quebec.qc.ca>; Gates, Caroline (PQM-PCE) <Caroline.Gates@ville.quebec.qc.ca>; Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Gratton, Isabelle (RCC-CPO) <Isabelle.Gratton@ville.quebec.qc.ca>
Cc : *Monty, Luc (DG-DIR) <Luc.Monty@ville.quebec.qc.ca>; Dubois, Isabelle (DG-DIR) <Isabelle.Dubois@ville.quebec.qc.ca>; Loiseau, Marie-France (DG-DIR) <marie-france.loiseau@ville.quebec.qc.ca>; Desharnais, Carl (DG-DIR) <Carl.Desharnais@ville.quebec.qc.ca>; Landry, Pascal (DG-DIR) <Pascal.Landry@ville.quebec.qc.ca>; Haché, Linda (DG-DIR) <Linda.Hache@ville.quebec.qc.ca>*
Objet : *DOCUMENTATION - Présentation aux élus - Qualité de l'air*

Art. 48 LADOP [redacted]

[redacted]

[redacted]

Patricia Gallant
Adjointe administrative
Direction générale adjointe
Services de proximité

Ville de Québec
Direction générale
2, rue des Jardins, 3e étage, bureau 324
Québec (Québec) G1R 4S9
Téléphone : 418 641-6411, poste 1304
patricia.gallant@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

CONFIDENTIALITÉ : Ce courriel (de même que les pièces jointes) est confidentiel. Si vous n'êtes pas le destinataire visé, veuillez en aviser immédiatement l'expéditeur et supprimer ce message

-----Rendez-vous d'origine-----
De : Bugay, Stephan (DG-DIR) <Stephan.Bugay@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 12 janvier 2026 15:41
À : Bugay, Stephan (DG-DIR); Asselin, Marie-Josee (CMC-CVCE); Boucher, Marie-Pierre (CMC-CVCE); Courtemanche Baril, Eric (CMC-CVCE); Deschamps, Catherine (CMC-CVCE); Dusablon, Gabriel (CMC-CVCE); Vallières-Roland, Catherine (CMC-CVCE); White, Marianne (CMC-CVCE); Laberge, Clément (CMC-MAI); Breton, Karine (CMC-MAI); Pagé, Charles (CMC-MAI); Campbell, Jean-Simon (CMC-MAI); Sauvé, Melanie (CMC-CVCE); Larouche, Carolyne (ABE-DIR); Innes, Francois (PQM-PCE); CMC_, CabinetdelaMairie; Boulianne, Marylou (CMC-CVCE); Bourdeau, Clement (CMC-CVCE); Coulombe-Leduc, Mélissa (CMC-CVCE); Elmaleh, Maxime (CMC-CVCE); Fauteux, Yannick (CMC-CVCE); Lavoie, Jean-Luc (CMC-CVCE); Lavoie2, Claude (CMC-CVCE); Lebailly, Raphael (CMC-CVCE); Lepage, Elainie (CMC-CVCE); Poirier, Raymond (CMC-CVCE); Verreault, Elisa (CMC-CVCE); Lachance, Stephane (CMC-CVCE); Roussin, Marc (CMC-CVCE); Salle Hôtel de ville de Québec - ComitéExécutif - 106-1(22) (Teams Rooms) - 2, rue des Jardins; Giroud, Guillaume (PQM-PCE); Alibert, Matthieu (PQM-PCE); Gates, Caroline (PQM-PCE); Philippe Robert (MED); Gratton, Isabelle (RCC-CPO)
Cc : Monty, Luc (DG-DIR); Dubois, Isabelle (DG-DIR); Loiseau, Marie-France (DG-DIR); Desharnais, Carl (DG-DIR); Landry, Pascal (DG-DIR); Haché, Linda (DG-DIR)
Objet : Présentation aux élus - Qualité de l'air
Date : 21 janvier 2026 11:00-12:00 (UTC-05:00) Est (É.-U. et Canada).
Où : Réunion Microsoft Teams

Microsoft Teams Besoin d'aide ?

Rejoindre la réunion maintenant

Numéro de réunion : 296 525 182 007 24

Code secret : 7tb6xA2h

Participer par téléphone

+1 581 316 0210,,485874701# Canada, Québec

Trouver un numéro local

Numéro de conférence téléphonique : 485 874 701#

Pour les organisateurs : Options de réunion | Réinitialiser le code PIN d'appel

---

Outlook

DOCUMENTATION - Présentation aux élus - Qualité de l'air

De Gallant, Patricia (DG DIR) <Patricia.Gallant@ville.quebec.qc.ca>

Date Mer 2026-01-21 11 h 03

À Bugay, Stephan (DG DIR) <Stephan.Bugay@ville.quebec.qc.ca>; Asselin, Marie Josee (CMC CVCE) <Marie josee.Asselin@ville.quebec.qc.ca>; Boucher, Marie-Pierre (CMC-CVCE) <Marie-Pierre.Boucher@ville.quebec.qc.ca>; Courtemanche Baril, Eric (CMC CVCE) <Eric.CourtemancheBaril@ville.quebec.qc.ca>; Deschamps, Catherine (CMC-CVCE) <Catherine.Deschamps@ville.quebec.qc.ca>; Dusablon, Gabriel (CMC CVCE) <Gabriel.Dusablon@ville.quebec.qc.ca>; Vallières-Roland, Catherine (CMC-CVCE) <Catherine.Vallieres-Roland@ville.quebec.qc.ca>; White, Marianne (CMC CVCE) <Marianne.White@ville.quebec.qc.ca>; Laberge, Clément (CMC-MAI) <Clement.Laberge@ville.quebec.qc.ca>; Breton, Karine (CMC-MAI) <Karine.Breton@ville.quebec.qc.ca>; Pagé, Charles (CMC MAI) <Charles.Page@ville.quebec.qc.ca>; Campbell, Jean-Simon (CMC-MAI) <Jean-Simon.Campbell@ville.quebec.qc.ca>; Sauvé, Melanie (CMC-CVCE) <Melanie.Sauve@ville.quebec.qc.ca>; Larouche, Carolyne (ABE DIR) <Carolyne.Larouche@ville.quebec.qc.ca>; Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; CMC_, CabinetdelaMairie <Cabinetdelamairie@ville.quebec.qc.ca>; Boulianne, Marylou (CMC CVCE) <Marylou.Boulianne@ville.quebec.qc.ca>; Bourdeau, Clement (CMC-CVCE) <Clement.Bourdeau@ville.quebec.qc.ca>; Coulombe Leduc, Mélissa (CMC CVCE) <Melissa.Coulombe Leduc@ville.quebec.qc.ca>; Elmaleh, Maxime (CMC-CVCE) <Maxime.ElMaleh@ville.quebec.qc.ca>

Cc Monty, Luc (DG DIR) <Luc.Monty@ville.quebec.qc.ca>; Dubois, Isabelle (DG DIR) <Isabelle.Dubois@ville.quebec.qc.ca>; Loiseau, Marie-France (DG-DIR) <marie-france.loiseau@ville.quebec.qc.ca>; Desharnais, Carl (DG DIR) <Carl.Desharnais@ville.quebec.qc.ca>; Landry, Pascal (DG-DIR) <Pascal.Landry@ville.quebec.qc.ca>; Haché, Linda (DG-DIR) <Linda.Hache@ville.quebec.qc.ca>

2 pièces jointes (6 Mo)

Présentation aux élus_RVQ2954 et ordonnance_210126.pdf; Présentation aux élus_Combustion bois_DSP_210126.pdf;

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

Art. 48 LADOP

[redacted]

Patricia Gallant
Adjointe administrative
Direction générale adjointe
Services de proximité

Ville de Québec
Direction générale
2, rue des Jardins, 3e étage, bureau 324
Québec (Québec) G1R 4S9

Téléphone : 418 641-6411, poste 1304
patricia.gallant@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

CONFIDENTIALITÉ : Ce courriel (de même que les pièces jointes) est confidentiel. Si vous n'êtes pas le destinataire visé, veuillez en aviser immédiatement l'expéditeur et supprimer ce message

-----Rendez-vous d'origine-----
De : Bugay, Stephan (DG-DIR) <Stephan.Bugay@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 12 janvier 2026 15:41
À : Bugay, Stephan (DG-DIR); Asselin, Marie-Josee (CMC-CVCE); Boucher, Marie-Pierre (CMC-CVCE); Courtemanche Baril, Eric (CMC-CVCE); Deschamps, Catherine (CMC-CVCE); Dusablon, Gabriel (CMC-CVCE); Vallières-Roland, Catherine (CMC-CVCE); White, Marianne (CMC-CVCE); Laberge, Clément (CMC-MAI); Breton, Karine (CMC-MAI); Pagé, Charles (CMC-MAI); Campbell, Jean-Simon (CMC-MAI); Sauvé, Melanie (CMC-CVCE); Larouche, Carolyne (ABE-DIR); Innes, Francois (PQM-PCE); CMC_, CabinetdelaMairie; Boulianne, Marylou (CMC-CVCE); Bourdeau, Clement (CMC-CVCE); Coulombe-Leduc, Mélissa (CMC-CVCE); Elmaleh, Maxime (CMC-CVCE); Fauteux, Yannick (CMC-CVCE); Lavoie, Jean-Luc (CMC-CVCE); Lavoie2, Claude (CMC-CVCE); Lebailly, Raphael (CMC-CVCE); Lepage, Elainie (CMC-CVCE); Poirier, Raymond (CMC-CVCE); Verreault, Elisa (CMC-CVCE); Lachance, Stephane (CMC-CVCE); Roussin, Marc (CMC-CVCE); Salle Hôtel de ville de Québec - ComitéExécutif - 106-1(22) (Teams Rooms) - 2, rue des Jardins; Giroud, Guillaume (PQM-PCE); Alibert, Matthieu (PQM-PCE); Gates, Caroline (PQM-PCE); Philippe Robert (MED); Gratton, Isabelle (RCC-CPO)
Cc : Monty, Luc (DG-DIR); Dubois, Isabelle (DG-DIR); Loiseau, Marie-France (DG-DIR); Desharnais, Carl (DG-DIR); Landry, Pascal (DG-DIR); Haché, Linda (DG-DIR)
Objet : Présentation aux élus - Qualité de l'air
Date : 21 janvier 2026 11:00-12:00 (UTC-05:00) Est (É.-U. et Canada).
Où : Réunion Microsoft Teams

Microsoft Teams Besoin d'aide ?

Rejoindre la réunion maintenant

Numéro de réunion : 296 525 182 007 24

Code secret : 7tb6xA2h

Participer par téléphone

+1 581 316 0210,,485874701# Canada, Québec

Trouver un numéro local

Numéro de conférence téléphonique : 485 874 701#

Pour les organisateurs : Options de réunion | Réinitialiser le code PIN d'appel

Outlook

Re: Présentation - qualité de l'air

De Philippe Robert (CIUSSSCN Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Date Mer 2026-01-21 10 h 43
À Gallant, Patricia (DG DIR) <Patricia.Gallant@ville.quebec.qc.ca>
Cc Bugay, Stephan (DG-DIR) <Stephan.Bugay@ville.quebec.qc.ca>

1 pièce jointe (6 Mo)
Présentation aux élus_Combustion bois_DSP_2026-01-21.pptx;

Bonjour,

La voici

à bientôt

Philippe

De : Gallant, Patricia (DG-DIR) <Patricia.Gallant@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 21 janvier 2026 10 h 05
À : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Bugay, Stephan (DG-DIR) <Stephan.Bugay@ville.quebec.qc.ca>
Objet : Présentation - qualité de l'air

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

Art. 48 LADOP

[redacted]

Patricia Gallant
Adjointe administrative
Direction générale adjointe
Services de proximité

Ville de Québec
Direction générale
2, rue des Jardins, 3e étage, bureau 324

Québec (Québec) G1R 4S9
Téléphone : 418 641-6411, poste 1304
patricia.gallant@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

CONFIDENTIALITÉ : Ce courriel (de même que les pièces jointes) est confidentiel. Si vous n'êtes pas le destinataire visé, veuillez en aviser immédiatement l'expéditeur et supprimer ce message

Outlook

Urgent, pour ajd : huit clos VdQ chauffage au bois

De Philippe Robert (CIUSSSCN Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Date Mar 2026-01-20 22 h 59
À 03 CIUSSSCN Relations médias <relations.medias.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>; 03 CIUSSSCN DAJICC Affaires publiques <affaires.publiques.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Cc Mariane Lajoie (CIUSSSCN) <mariane.lajoie.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>; Mélanie Otis (CIUSSSCN) <melanie.otis.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>; Raphaelle Plante (CIUSSSCN) <raphaelle.plante.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>

1 pièce jointe (6 Mo)
Présentation aux élus Combustion bois DSP 2026 01 21.pptx;

Bonjour,

J'ai été invité par la Ville de Québec à refaire un breffage technique aux élus de la ville de Québec, sur le chauffage au bois. C'est le même breffage que celui qui avait été effectué l'an dernier en présence de Raphaëlle.

La Ville m'a ensuite invité à un huit-clos technique avec les journalistes à 13h, pour réexpliquer les mêmes messages sur le chauffage au bois.

Comme cela s'inscrit dans la continuité de nos communications (sensibilisation à une recommandation de santé publique), j'ai accepté. J'aurais du vous informer plus tôt, j'en suis désolé.

Vu le court délai, je ne m'attend pas à pouvoir être accompagné. C'est un dossier que je connais bien et je n'évalue pas de nouveaux enjeux. Je vous partage quand même les infos :

- 11h-11h30 : breffage des élus, par teams
- 13h-14h : breffage des journalistes, en présentiel, à l'Hôtel de Ville

Je joins la présentation

Merci, et encore désolé

Philippe

Philippe Robert, M.D., MSc., M.M., FRCPC
Directeur de santé publique de la Capitale-Nationale
Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale
2400, avenue D'Estimauville
Québec (Québec) G1E 7G9
philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca

Chargé d'enseignement clinique
Faculté de médecine, Université Laval

N. B. : Je reçois un volume important de courriels. Si vous n'obtenez pas de réponse dans un délai raisonnable, n'hésitez pas à me relancer en ajoutant Annie Pineault, technicienne en administration, en copie conforme : annie.pineault.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca. En vous remerciant de votre compréhension.

Avis de confidentialité
Ce courriel et toute information qui y est jointe sont confidentiels et sont réservés à l'usage exclusif de la ou les personnes destinataires. Si cette communication vous a été transmise par erreur, vous n'avez aucun droit d'utiliser cette information, de la copier, de la distribuer ou de la diffuser. Veuillez la détruire et nous en aviser immédiatement par courriel.

De : Bugay, Stephan (DG-DIR) <Stephan.Bugay@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 19 janvier 2026 10 h 53
À : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Gallant, Patricia (DG-DIR) <Patricia.Gallant@ville.quebec.qc.ca>; Gallant, Patricia (DG-DIR) <Patricia.Gallant@ville.quebec.qc.ca>
Objet : RE: Huis clos technique mercredi

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

Art. 48 LADOP [redacted]

[redacted]

Stephan Bugay, ing., PhD
Directeur général adjoint
Services de proximité
Ville de Québec
Hôtel de ville de Québec
2, rue des Jardins, 3e étage
Québec (Québec) G1R 4S9
Téléphone : 418 641-6411, poste 1702

Courriel : stephan.bugay@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca
CONFIDENTIALITÉ : Ce courriel (de même que les pièces jointes) est confidentiel. Si vous n'êtes pas le destinataire visé, veuillez en aviser immédiatement l'expéditeur et supprimer ce message.

De : Bugay, Stephan (DG-DIR)
Envoyé : 19 janvier 2026 08:10
À : 'Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur)' <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Gallant, Patricia (DG-DIR) <Patricia.Gallant@ville.quebec.qc.ca>; Gallant, Patricia (DG-DIR) <Patricia.Gallant@ville.quebec.qc.ca>
Objet : RE: Huis clos technique mercredi

[redacted]

Art. 48
LADOP

[redacted]

Stephan Bugay, ing., PhD
Directeur général adjoint
Services de proximité
Ville de Québec
Hôtel de ville de Québec
2, rue des Jardins, 3e étage
Québec (Québec) G1R 4S9
Téléphone : 418 641-6411, poste 1702

Courriel : stephan.bugay@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca
CONFIDENTIALITÉ Ce courriel (de même que les pièces jointes) est confidentiel Si vous n'êtes pas le destinataire visé, veuillez en aviser immédiatement l'expéditeur et supprimer ce message

---

De : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : 16 janvier 2026 16:27
À : Bugay, Stephan (DG-DIR) <Stephan.Bugay@ville.quebec.qc.ca>
Cc : Gallant, Patricia (DG-DIR) <Patricia.Gallant@ville.quebec.qc.ca>
Objet : Re: Huis clos technique mercredi

Bonjour Stephan,

Il me fera plaisir de participer, je peux me libérer pour 13h.

Pour le huit-clos avec les élus avant le dîner, pourrais-je concentrer ma participation en 30 min (ex 11h-11h30) ?

Merci et bonne fin de semaine !

Philippe

De : Bugay, Stephan (DG-DIR) <Stephan.Bugay@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 16 janvier 2026 16 h 17
À : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Gallant, Patricia (DG-DIR) <Patricia.Gallant@ville.quebec.qc.ca>
Objet : Huis clos technique mercredi

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

Art. 48
LADOP

[redacted]

[redacted]

Art. 48
LADOP

[redacted]

[redacted]

Stephan Bugay, ing., PhD
Directeur général adjoint
Services de proximité
Ville de Québec
Hôtel de ville de Québec
2, rue des Jardins, 3e étage
Québec (Québec) G1R 4S9
Téléphone : 418 641-6411, poste 1702

Courriel : stephan.bugay@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

CONFIDENTIALITÉ Ce courriel (de même que les pièces jointes) est confidentiel Si vous n'êtes pas le destinataire visé, veuillez en aviser immédiatement l'expéditeur et supprimer ce message

Outlook

RE: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

De Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Date Mar 2026-01-20 14 h 02
À Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Cc Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>; Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; Gratton, Isabelle (RCC-CPO) <Isabelle.Gratton@ville.quebec.qc.ca>

Pièces jointes non transmises en vertu de l'article 48 LADOP

2 pièces jointes (8 Mo)
2026-01-21_ÉlusVille_RVQ2954&Ordonnance_DocTravail.pdf; Diapos.pptx;

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

Art. 48 LADOP

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

De : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : 12 janvier 2026 15:41
À : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Cc : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Re: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Bonjour Guillaume,

Merci pour l'invitation, je pourrai y assister si entre 11h-12h et en virtuel.

Est-ce sur le chauffage au bois seulement, ou plus largement sur la qualité de l'air ? De plus, pourras-tu me préciser la durée de présentation attendue ?

Au plaisir,

Philippe

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 12 janvier 2026 13 h 54
À : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : TR: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

[redacted]

Art. 48 LADOP

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE)
Envoyé : 8 janvier 2026 17:49
À : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Gates, Caroline (PQM-PCE) <Caroline.Gates@ville.quebec.qc.ca>; Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; Perreault, Audrey (RCC-CPO) <Audrey.Perreault@ville.quebec.qc.ca>; Sauvé-Bouchard, Audrey-Anne (RCC-CPO) <Audrey-Anne.Sauve-Bouchard@ville.quebec.qc.ca>
Objet : RE: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

[redacted]

Art. 48 LADOP

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

[redacted]

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

De : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : 7 janvier 2026 11:39

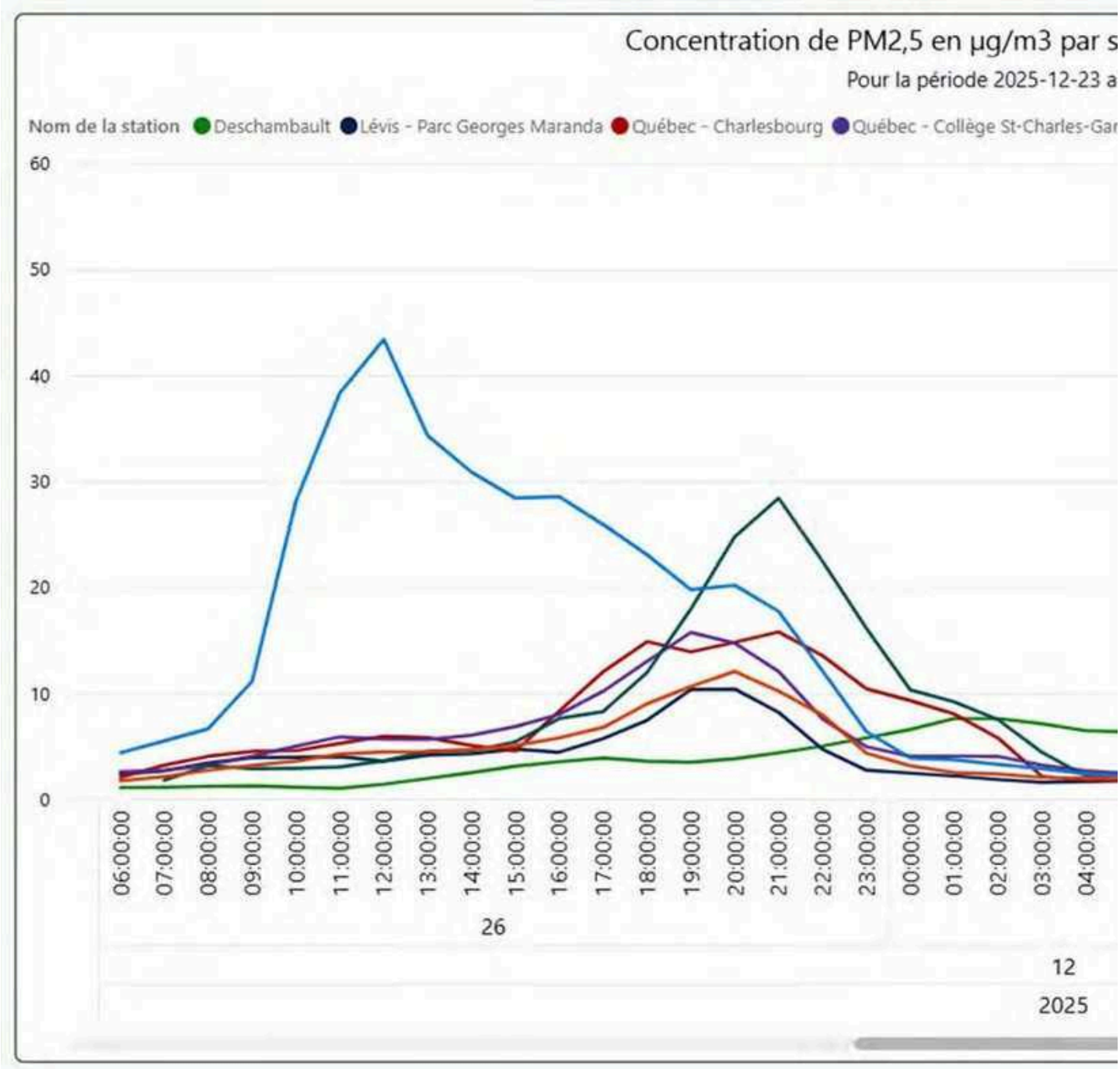
À : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Cc : Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Re: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

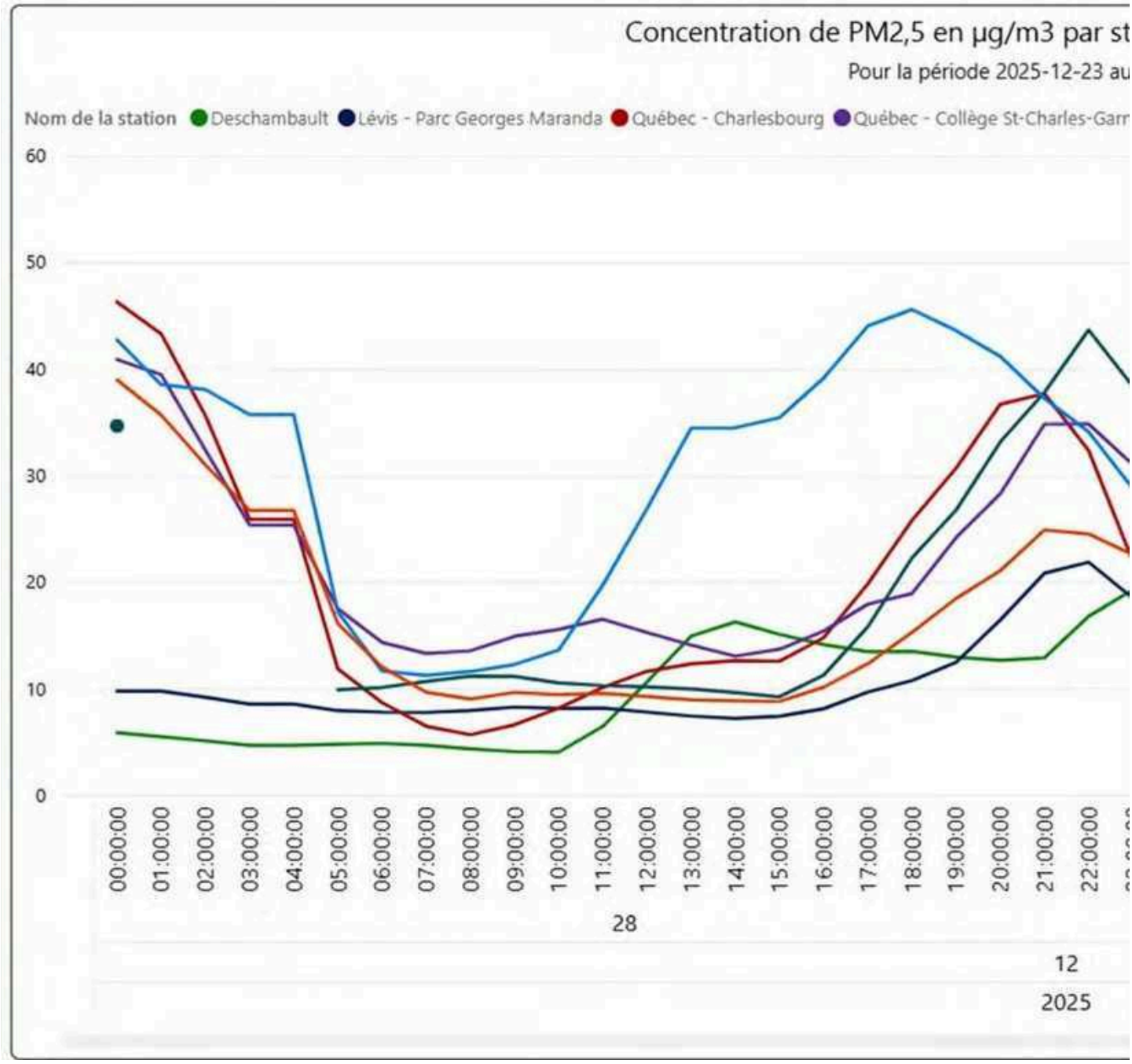
Bonjour Guillaume,

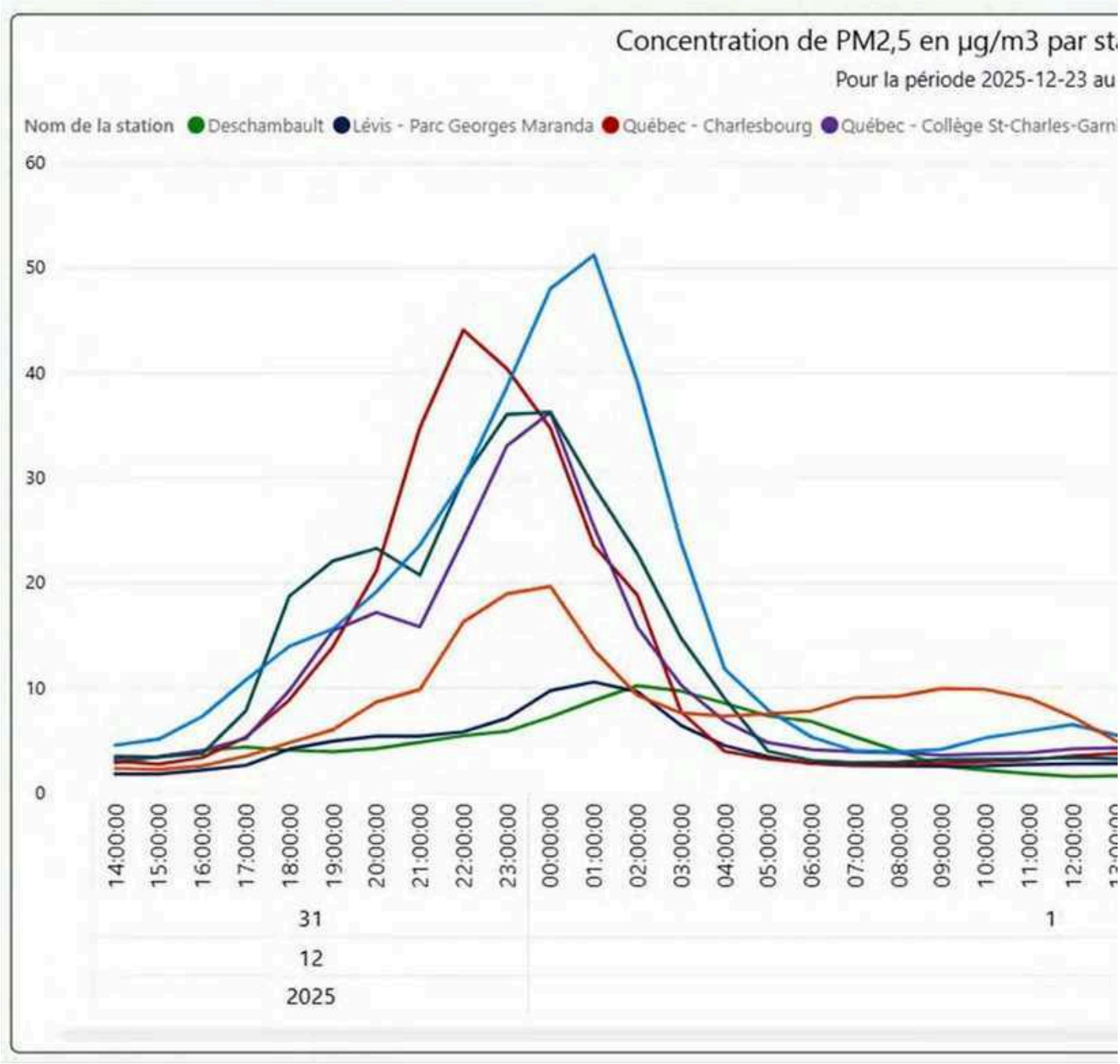
En raison de certains articles de journal, il y a aujourd'hui beaucoup de grogne (encore une fois) concernant l'interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustion solide du 27 et 28 décembre.
En ce moment de la désinformation circule, notamment sur l'état de la qualité de l'air lors de ces journées.

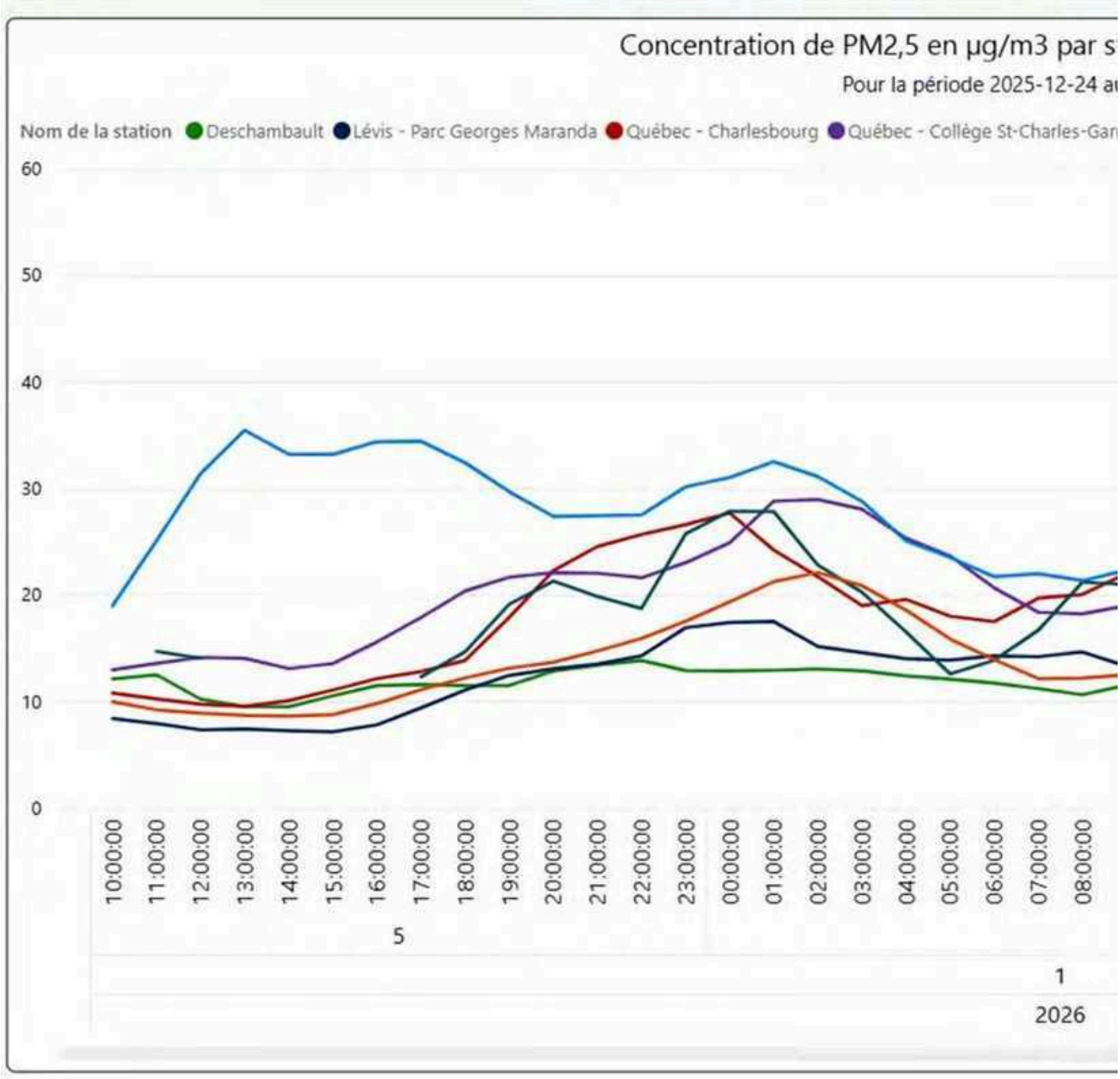
La qualité de l'air s'est effectivement détériorée lors de la nuit du 27 au 28 et du 28 au 29 décembre avec des pointes horaires de 40 jusqu'à 60 ug/m3 de PM2,5 à certaines stations de surveillance.

Je sais que vous avez votre propre système de collecte de données, mais je vous transmets tout de même ces captures d'écrans de notre PowerBi, si cela peut vous être utile. Noter que ce ne sont pas des données validées par le MLECCFP.




Concentration de PM2,5 en µg/m3 par st
Pour la période 2025-12-23 au
Nom de la station
Deschambault
Lévis - Parc Georges Maranda
Québec - Charlesbourg
Québec - Collège St-Charles-Garn
60
50
40
30
20
10
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
28
12
2025


Concentration de PM2,5 en µg/m3 par st
Pour la période 2025-12-23 au
Nom de la station
Deschambault
Lévis - Parc Georges Maranda
Québec - Charlesbourg
Québec - Collège St-Charles-Garn
60
50
40
30
20
10
0
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
31
12
2025
1



Je me rends aussi disponible pour tout autre besoin.

Bonne journée.

Christian Riel-Roberge
Conseiller en santé environnementale
Direction de santé publique du CIUSSS de la Capitale-Nationale
Équipe santé et environnement
2400 avenue d'Estimauville, bureau U-5108, Québec, QC, G1E 7G9
418-666-7000 poste 10163
christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 27 décembre 2025 11:17
À : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

[redacted]

Art 48
LADOP

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

Outlook

RE: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

De Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Date Mar 2026-01-20 13 h 58
À Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Cc Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>; Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; Gratton, Isabelle (RCC-CPO) <Isabelle.Gratton@ville.quebec.qc.ca>

Pièces jointes non transmises art. 48 LADOP
2 pièces jointes (18 Mo)
2026-01-21_ÉlusVille_RVQ2954&Ordonnance_DocTravail.pdf; Diapos.pptx;

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

Art. 48 LADOP

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

De : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : 12 janvier 2026 15:41
À : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Cc : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Re: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Bonjour Guillaume,

Merci pour l'invitation, je pourrai y assister si entre 11h-12h et en virtuel.

Est-ce sur le chauffage au bois seulement, ou plus largement sur la qualité de l'air ? De plus, pourras-tu me préciser la durée de présentation attendue ?

Au plaisir,

Philippe

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 12 janvier 2026 13 h 54
À : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : TR: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

[redacted]

Art. 48 LADOP [redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE)
Envoyé : 8 janvier 2026 17:49
À : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Gates, Caroline (PQM-PCE) <Caroline.Gates@ville.quebec.qc.ca>; Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; Perreault, Audrey (RCC-CPO) <Audrey.Perreault@ville.quebec.qc.ca>; Sauvé-Bouchard, Audrey-Anne (RCC-CPO) <Audrey-Anne.Sauve-Bouchard@ville.quebec.qc.ca>
Objet : RE: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

[redacted]

Art. 48 LADOP

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

[redacted]

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

De : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : 7 janvier 2026 11:39

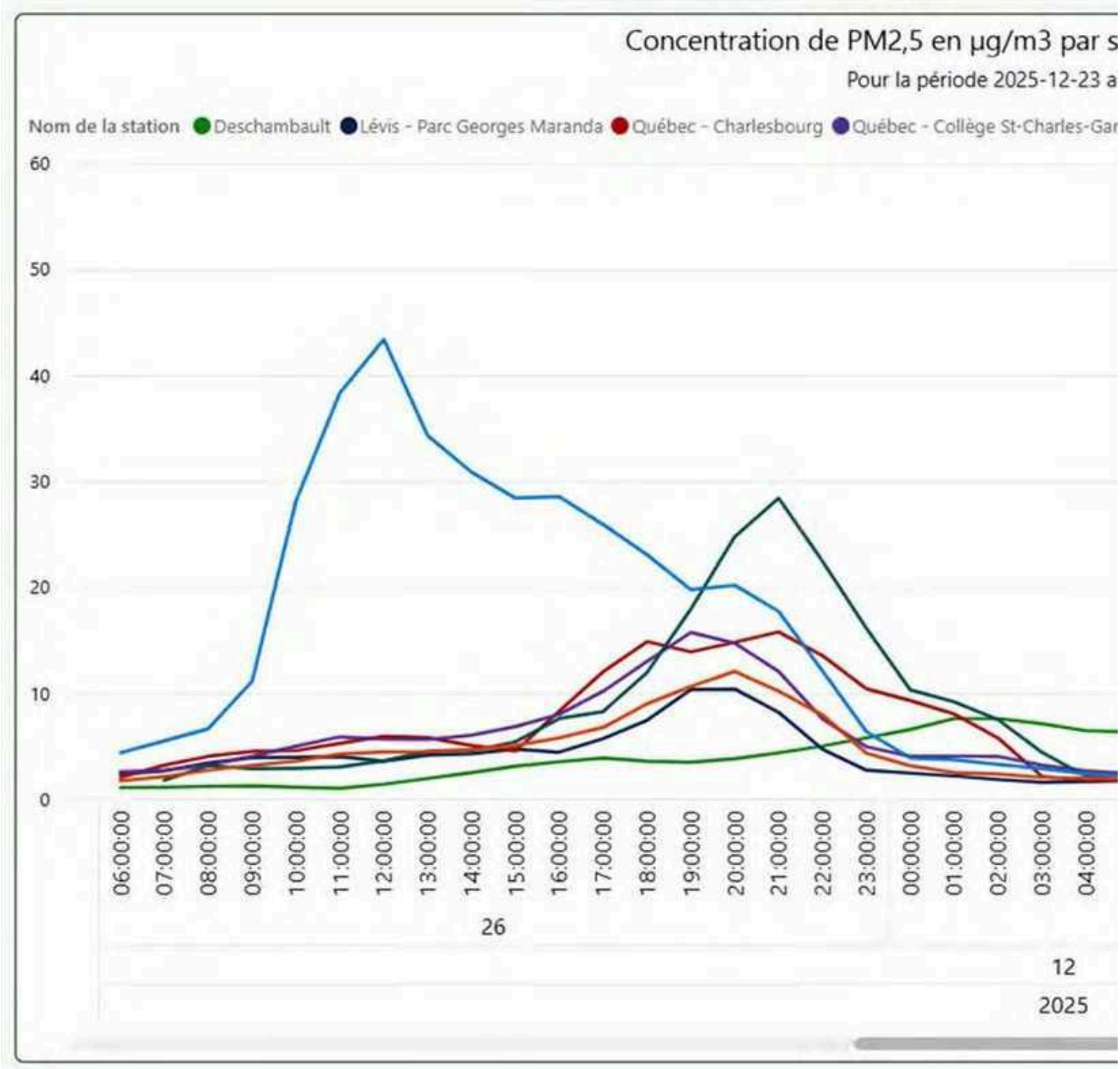
À : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Cc : Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Re: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

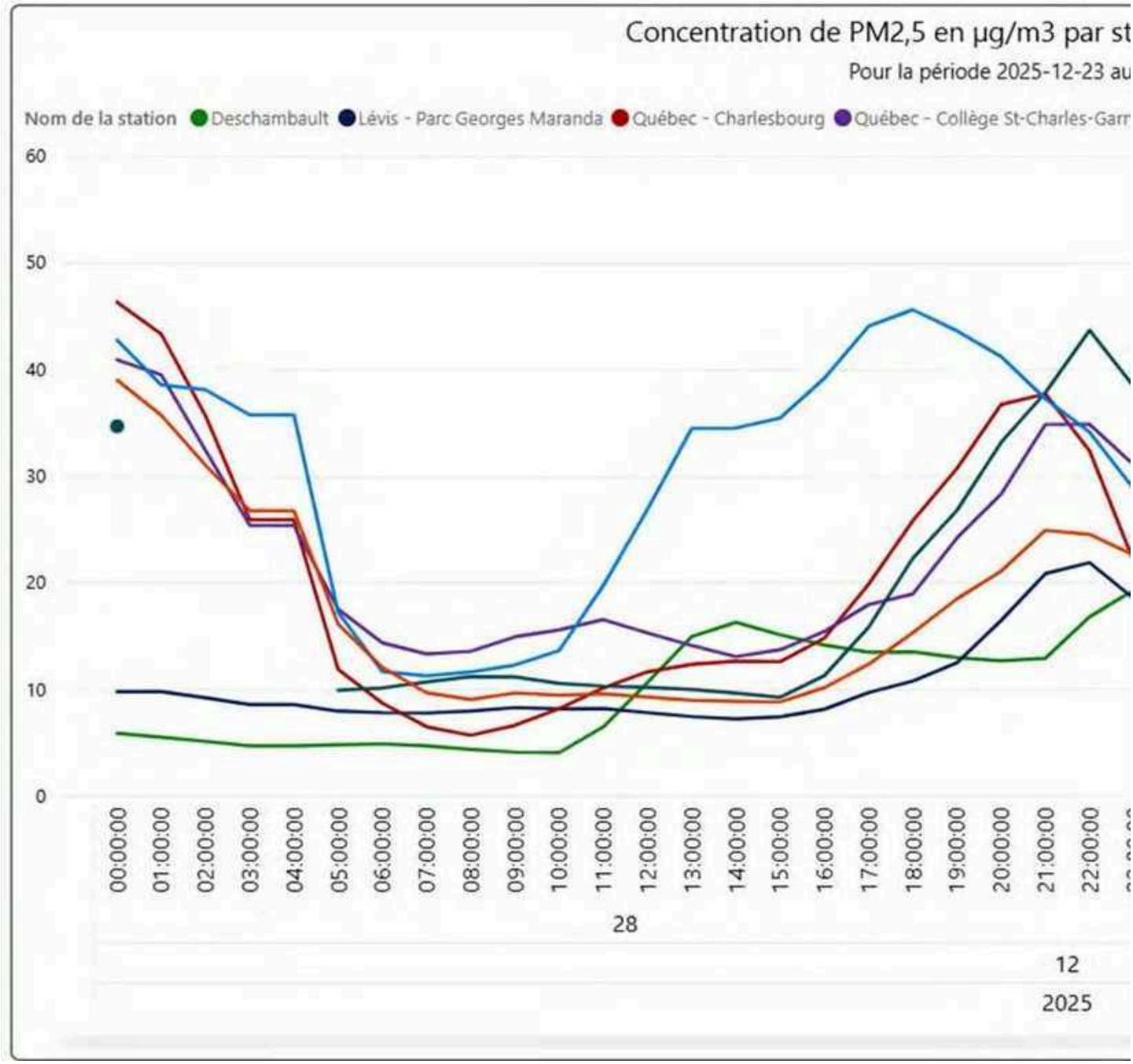
Bonjour Guillaume,

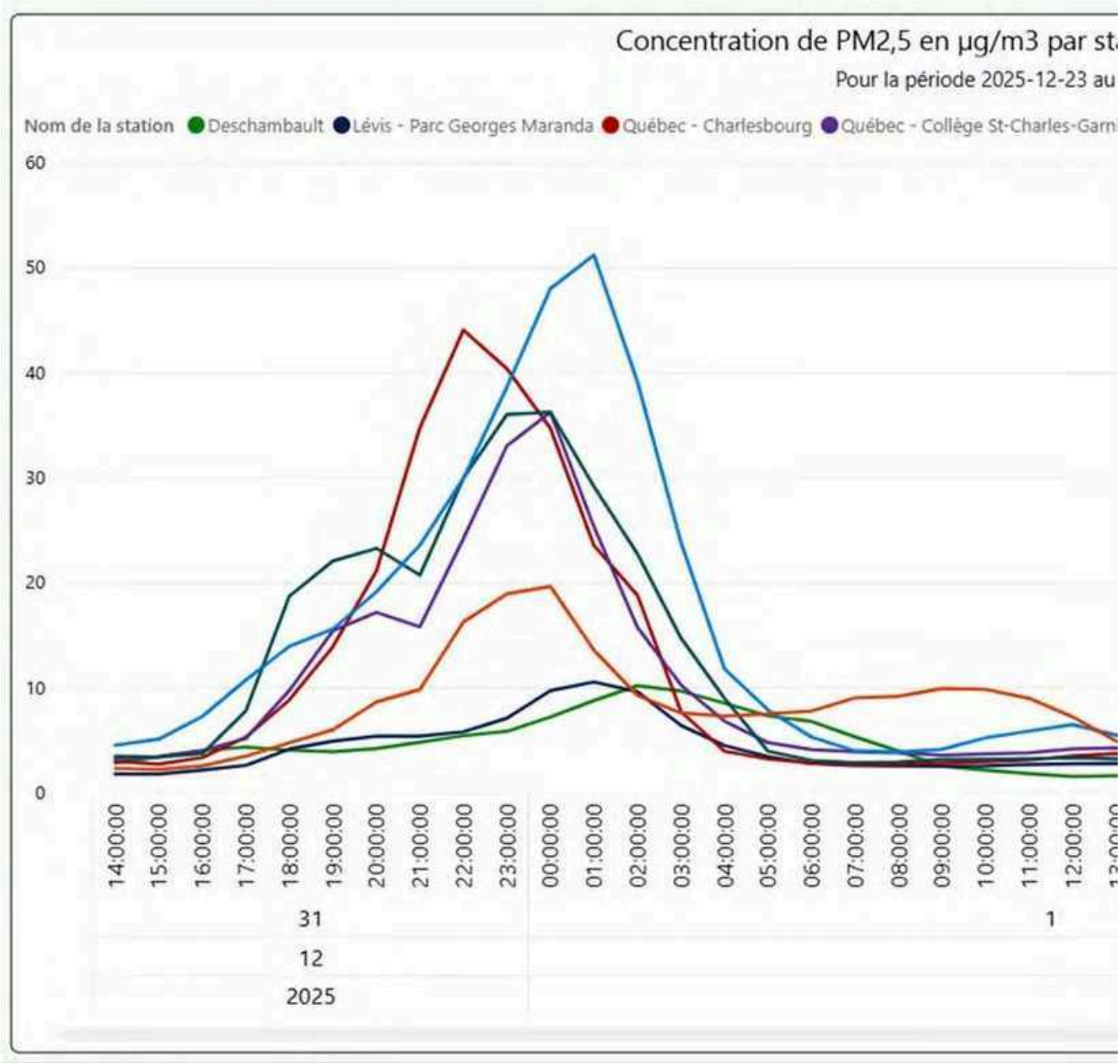
En raison de certains articles de journal, il y a aujourd'hui beaucoup de grogne (encore une fois) concernant l'interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustion solide du 27 et 28 décembre.
En ce moment de la désinformation circule, notamment sur l'état de la qualité de l'air lors de ces journées.

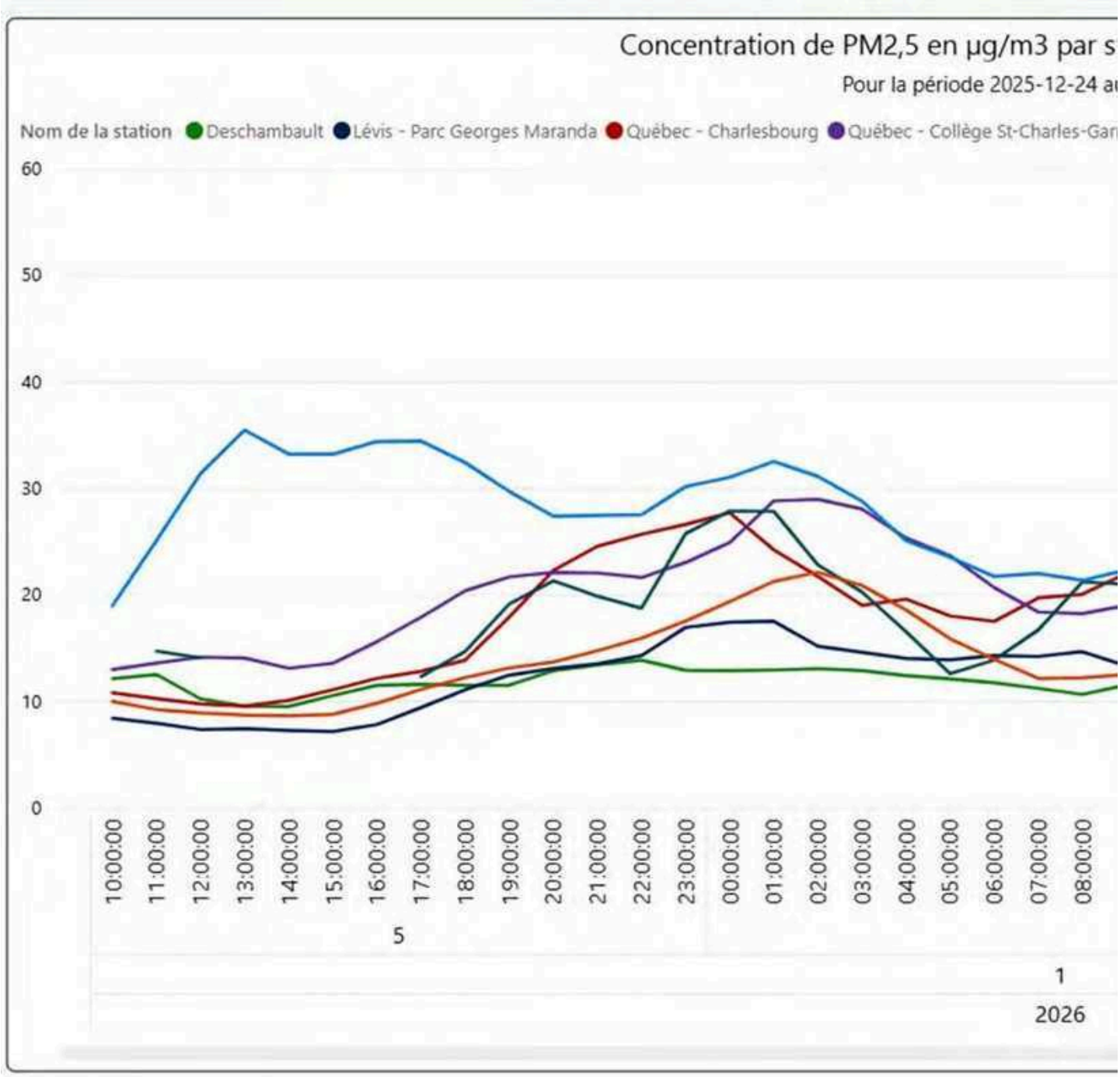
La qualité de l'air s'est effectivement détériorée lors de la nuit du 27 au 28 et du 28 au 29 décembre avec des pointes horaires de 40 jusqu'à 60 ug/m3 de PM2,5 à certaines stations de surveillance.

Je sais que vous avez votre propre système de collecte de données, mais je vous transmets tout de même ces captures d'écrans de notre PowerBi, si cela peut vous être utile. Noter que ce ne sont pas des données validées par le MLECCFP.




Concentration de PM2,5 en µg/m3 par st
Pour la période 2025-12-23 au
Nom de la station
Deschambault
Lévis - Parc Georges Maranda
Québec - Charlesbourg
Québec - Collège St-Charles-Garn
60
50
40
30
20
10
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
28
12
2025


Concentration de PM2,5 en µg/m3 par st
Pour la période 2025-12-23 au
Nom de la station
Deschambault
Lévis - Parc Georges Maranda
Québec - Charlesbourg
Québec - Collège St-Charles-Garn
60
50
40
30
20
10
0
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
31
12
2025
1



Je me rends aussi disponible pour tout autre besoin.

Bonne journée.

Christian Riel-Roberge
Conseiller en santé environnementale
Direction de santé publique du CIUSSS de la Capitale-Nationale
Équipe santé et environnement
2400 avenue d'Estimauville, bureau U-5108, Québec, QC, G1E 7G9
418-666-7000 poste 10163
christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 27 décembre 2025 11:17
À : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

[redacted]

Art.48
LADOP

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

Outlook

Re: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

De Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Date Mar 2026-01-13 14 h 01
À Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Cc Andréa Fortin (CIUSSSCN) <andrea.fortin.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>

Bonjour Christian,

C'est exactement celui ci

Un gros merci pour la MAJ

Philippe

De : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : 12 janvier 2026 16 h 26
À : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Andréa Fortin (CIUSSSCN) <andrea.fortin.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Re: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Salut,

Oui je peux mettre à jour.
Pour être certain, est-ce que la publication dont tu parles est l'article de Liu?


Canadian Journal of Public Health
https://doi.org/10.17269/s41997-020-01142-1

ORIGINAL ARTICLE

Clearing the air: Which pollution source matters most for health?

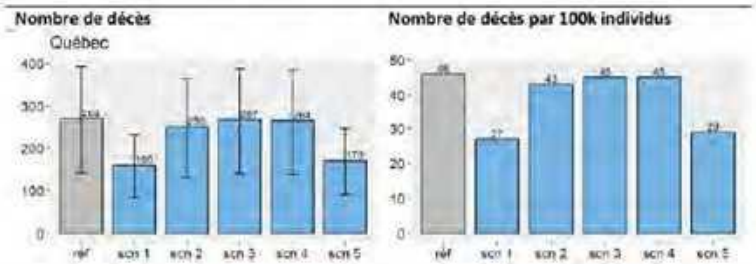
Ying Liu[1] · Marianne Hatzopoulou[2] · Stéphane Bureau[1,3] · Shayanilla Mahagammulla Gamage[1] · Sara Torbatian[2] · Arman Ganji[2] · Audrey Smargiassi[1,3]

Received: 21 July 2020 / Accepted: 19 November 2020
© The Author(s) 2020

Je vais mettre à jour la présentation de l'an dernier, te la soumettre et on ajustera par la suite.

Prendre note que l'opposition à la Ville de Québec (3 élus) contestent les résultats de l'INSPQ (https://www.demandesinfos.environnement.gouv.qc.ca/dossiers/air/9610_fiche.pdf) simplement basés sur les limites de l'étude, donc l'absence de valeur absolue pour la Ville de Québec. Ainsi, ils réfutent les 100 décès en moins. Il faudrait peut-être présenter le tout en tant que la meilleure tendance à la baisse avec le scénario de remplacement par des poêles certifiés. Mais je ne sais pas si les limites évoquées par l'INSPQ s'appliquent pour tous les résultats? À voir.

Figure 7 Mortalité annuelle due à l'exposition chronique aux $PM_{2,5}$[19]



Enfin, je place en pj le rapport commandé par la Ville de Québec. On constate effectivement que certains poêles polluent moins que d'autre, mais en somme, sans être parfait, ceux certifiés émettent généralement moins que les autres non certifiés ou de première génération. Les vendeurs de poêles (ex. Foyers Don-Bar) insistent sur le fait que même les poêles certifiés EPA peuvent émette davantage que 2,5 g/h. Selon moi, cela n'invalide par la règlementation, ça prouve au contraire que sans certification les émissions ne seraient pas du tout encadrées et que les vendeurs pourraient vendre des appareils très polluants.

La question des feux extérieurs estivaux pourrait aussi être abordée par l'opposition.

Bonne fin de journée.

CRR

De : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : 12 janvier 2026 15:45

À : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Andréa Fortin (CIUSSSCN) <andrea.fortin.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : TR : Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Salut Christian,

Je me disais qu'on pouvait ajouter une diapo avec les récents résultats d'Audrey Smargiassi (la publication scientifique qui complète le rapport de l'INSPQ). Est-ce que tu serais en mesure de mettre à jour le powerpoint ?

Merci !!

Philippe

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 12 janvier 2026 13 h 54
À : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : TR: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

> ***Avertissement automatisé :*** *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

[redacted]

Art. 48 LADOP

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE)
Envoyé : 8 janvier 2026 17:49
À : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Gates, Caroline (PQM-PCE) <Caroline.Gates@ville.quebec.qc.ca>; Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; Perreault, Audrey (RCC-CPO) <Audrey.Perreault@ville.quebec.qc.ca>; Sauvé-Bouchard, Audrey-Anne (RCC-CPO) <Audrey-Anne.Sauve-Bouchard@ville.quebec.qc.ca>
Objet : RE: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

[redacted]

Art. 48 LADOP

[redacted]

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

- [redacted]

[redacted]

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

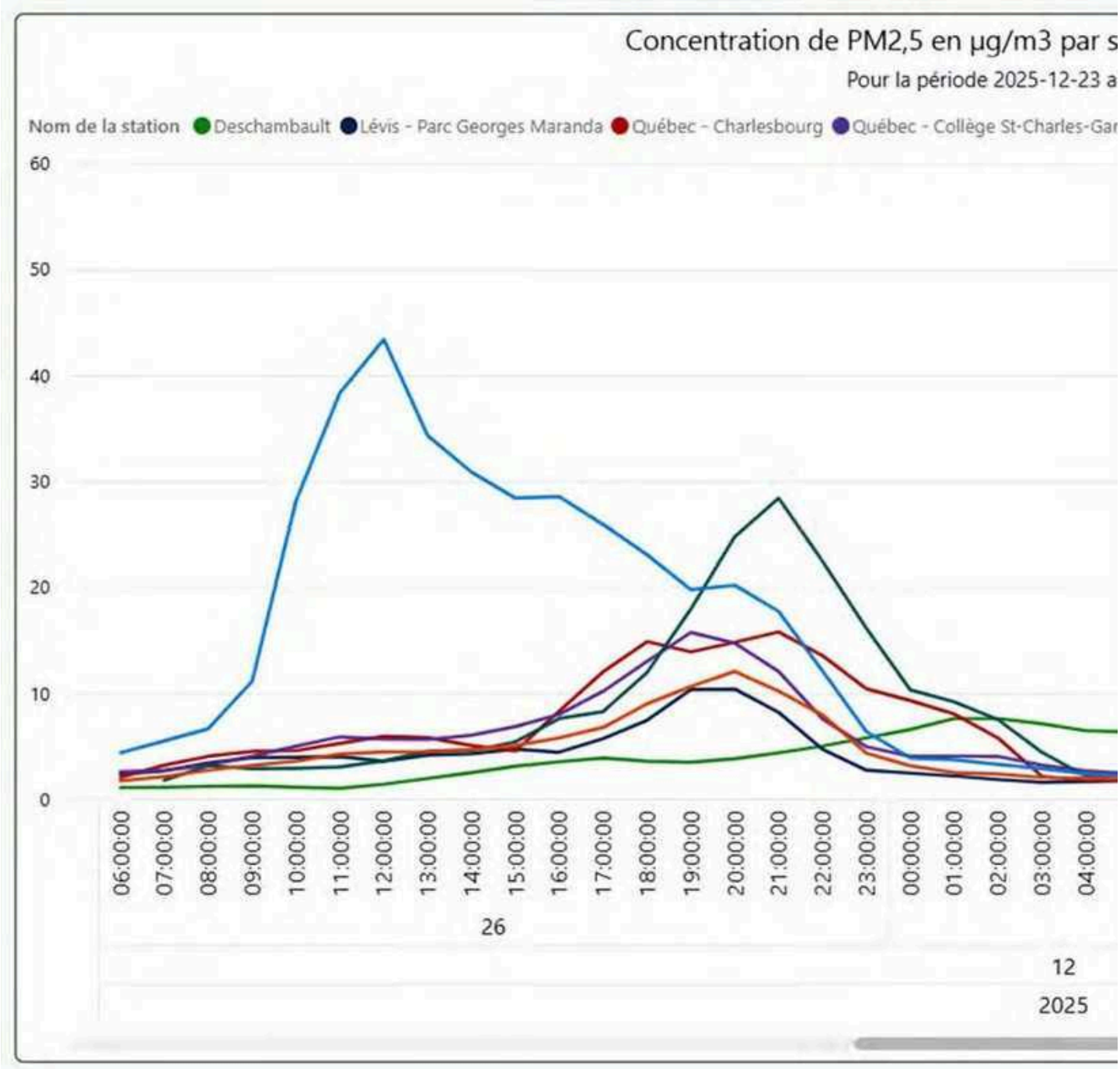
De : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : 7 janvier 2026 11:39
À : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Cc : Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Re: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

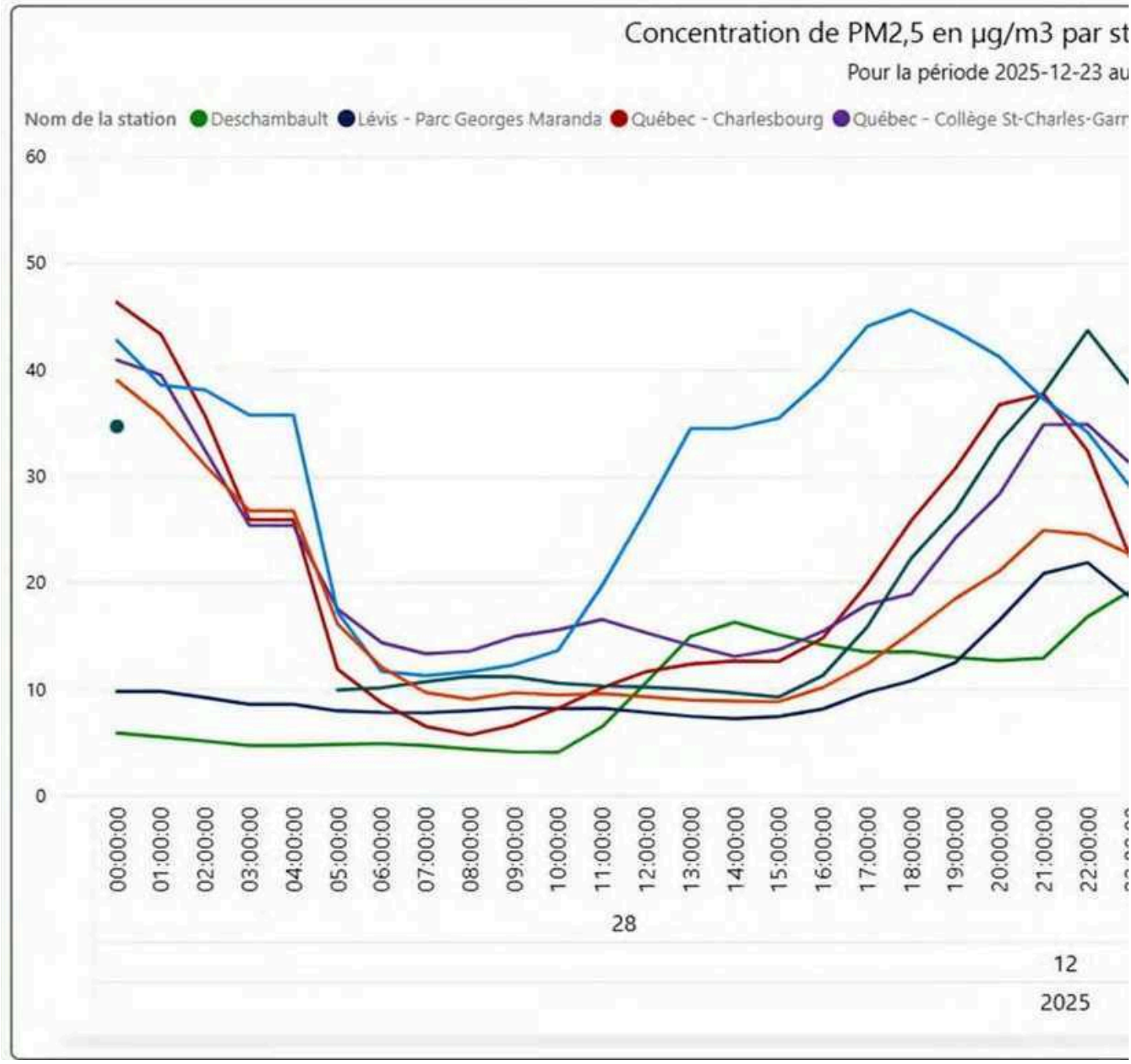
Bonjour Guillaume,

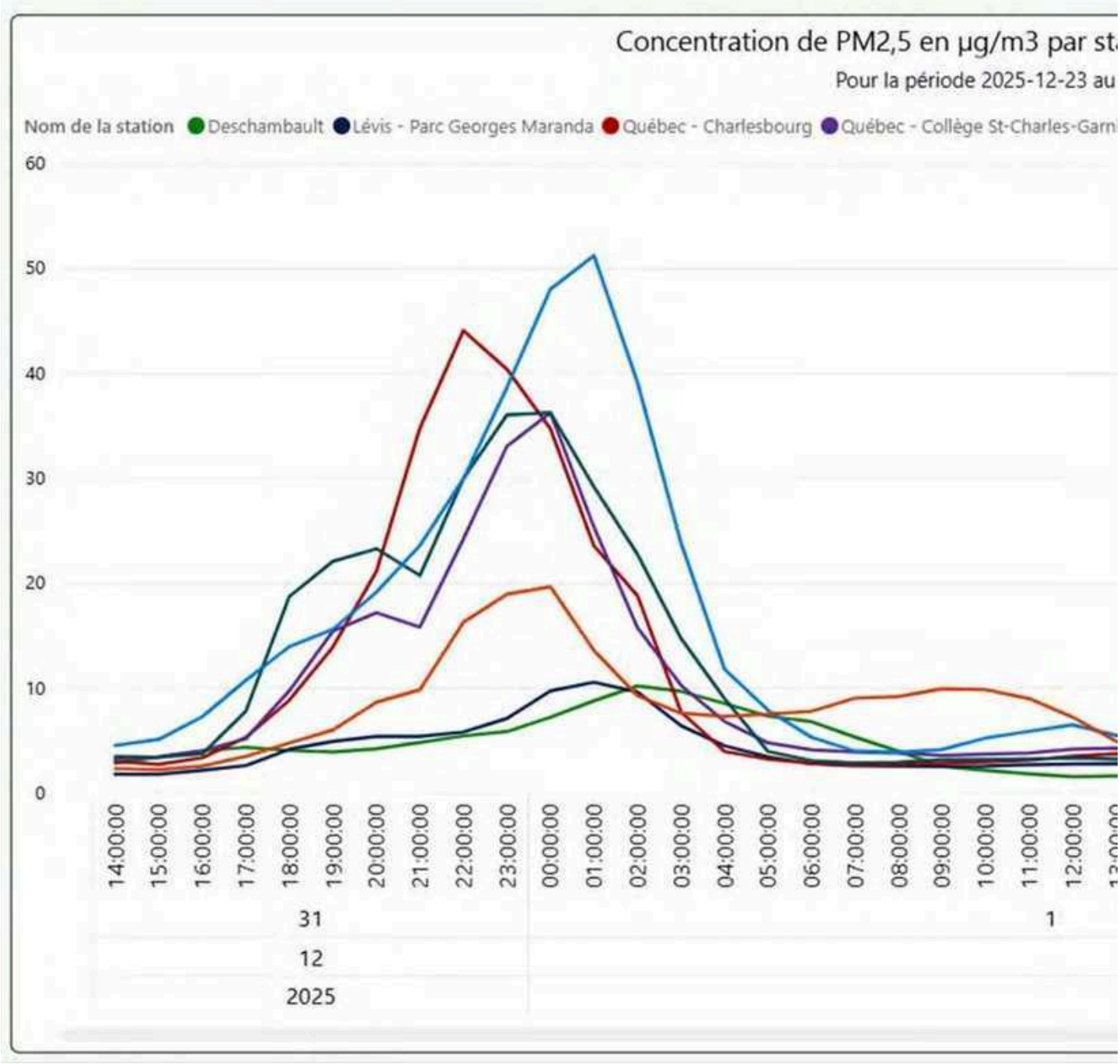
En raison de certains articles de journal, il y a aujourd'hui beaucoup de grogne (encore une fois) concernant l'interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustion solide du 27 et 28 décembre.
En ce moment de la désinformation circule, notamment sur l'état de la qualité de l'air lors de ces journées.

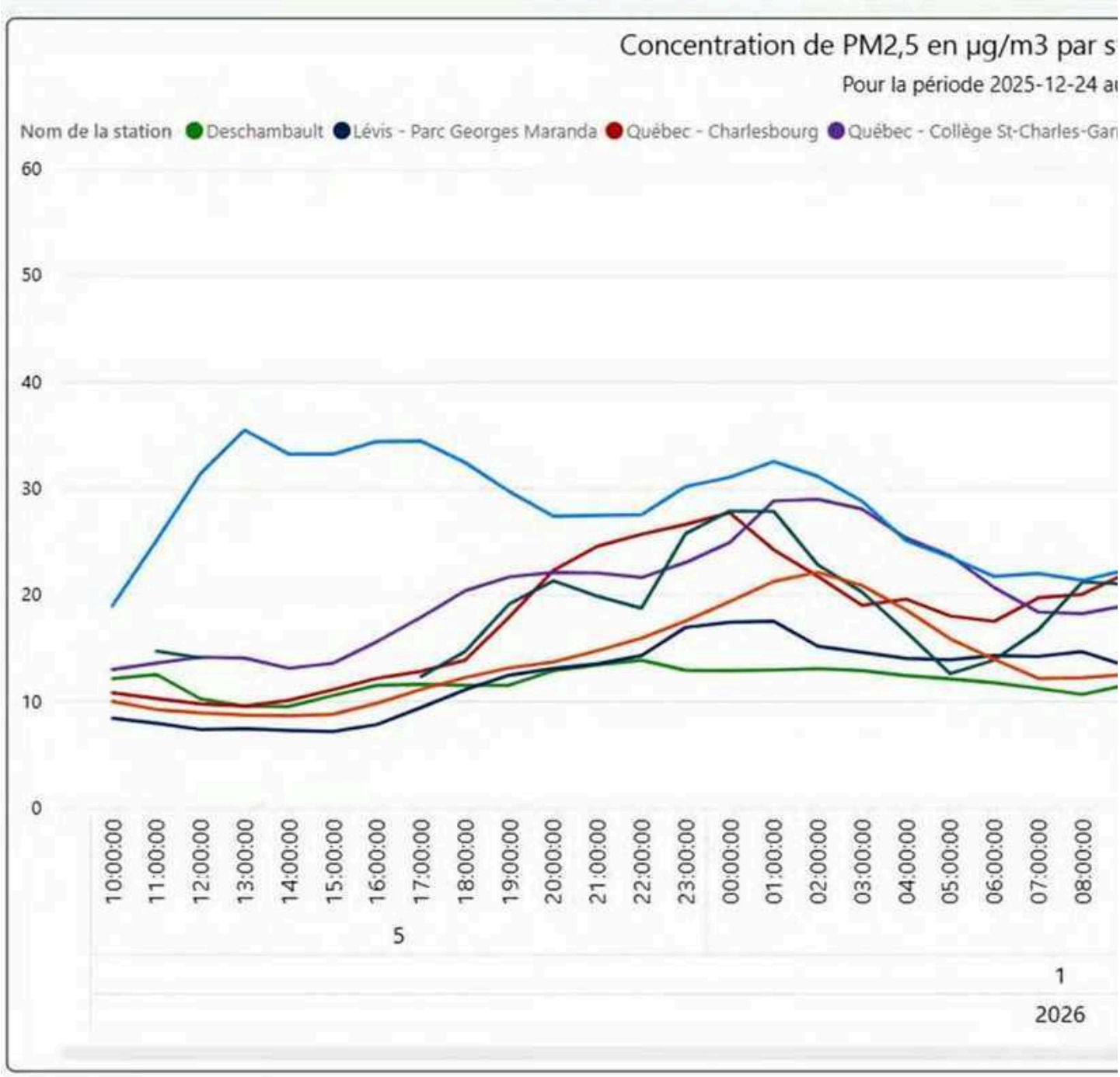
La qualité de l'air s'est effectivement détériorée lors de la nuit du 27 au 28 et du 28 au 29 décembre avec des pointes horaires de 40 jusqu'à 60 ug/m3 de PM2,5 à certaines stations de surveillance.

Je sais que vous avez votre propre système de collecte de données, mais je vous transmets tout de même ces captures d'écrans de notre PowerBi, si cela peut vous être utile. Noter que ce ne sont pas des données validées par le MLECCFP.


Concentration de PM2,5 en µg/m3 par s
Pour la période 2025-12-23 a
Nom de la station
Deschambault
Lévis - Parc Georges Maranda
Québec - Charlesbourg
Québec - Collège St-Charles-Gar
60
50
40
30
20
10
0
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
26
12
2025


Concentration de PM2,5 en µg/m3 par st
Pour la période 2025-12-23 au
Nom de la station
Deschambault
Lévis - Parc Georges Maranda
Québec - Charlesbourg
Québec - Collège St-Charles-Garn
60
50
40
30
20
10
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
28
12
2025


Concentration de PM2,5 en µg/m3 par st
Pour la période 2025-12-23 au
Nom de la station
Deschambault
Lévis - Parc Georges Maranda
Québec - Charlesbourg
Québec - Collège St-Charles-Garn
60
50
40
30
20
10
0
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
31
12
2025
1



Je me rends aussi disponible pour tout autre besoin.

Bonne journée.

Christian Riel-Roberge
Conseiller en santé environnementale
Direction de santé publique du CIUSSS de la Capitale-Nationale
Équipe santé et environnement
2400 avenue d'Estimauville, bureau U-5108, Québec, QC, G1E 7G9
418-666-7000 poste 10163
christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 27 décembre 2025 11:17
À : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

[redacted]

Art. 48
LADOP

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

Outlook

Re: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

De Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Date Lun 2026-01-12 16 h 27
À Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Cc Andréa Fortin (CIUSSSCN) <andrea.fortin.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>

Pièce jointe non transmise art. 48 LADOP

1 pièce jointe (2 Mo)
AvisExperts_Livrable1_VF.pdf;

Salut,

Oui je peux mettre à jour.
Pour être certain, est-ce que la publication dont tu parles est l'article de Liu?


Canadian Journal of Public Health
https://doi.org/10.17269/s41997-025-01142-1

ORIGINAL ARTICLE

Clearing the air: Which pollution source matters most for health?

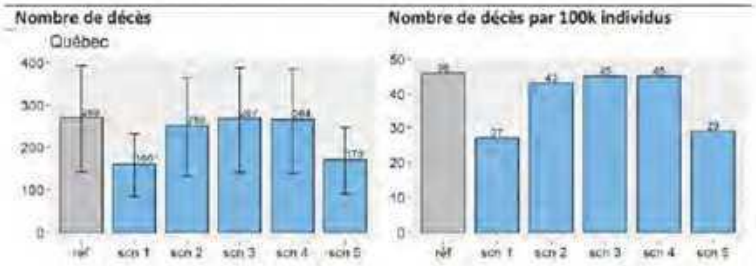
Ying Liu[1] · Marianne Hatzopoulou[2] · Stephanie Bureau[1,3] · Shayamilla Mahagammulla Gamage[2] · Sara Torbatian[2] · Arman Ganji[2] · Audrey Smargiassi[1,3]

Received: 21 July 2025 / Accepted: 19 November 2025
© The Author(s) 2025

Je vais mettre à jour la présentation de l'an dernier, te la soumettre et on ajustera par la suite.

Prendre note que l'opposition à la Ville de Québec (3 élus) contestent les résultats de l'INSPQ (https://www.demandesinfos.environnement.gouv.qc.ca/dossiers/air/9610_fiche.pdf) simplement basés sur les limites de l'étude, donc l'absence de valeur absolue pour la Ville de Québec. Ainsi, ils réfutent les 100 décès en moins. Il faudrait peut-être présenter le tout en tant que la meilleure tendance à la baisse avec le scénario de remplacement par des poêles certifiés. Mais je ne sais pas si les limites évoquées par l'INSPQ s'appliquent pour tous les résultats? À voir.

Figure 7 Mortalité annuelle due à l'exposition chronique aux $PM_{2,5}$[19]



Enfin, je place en pj le rapport commandé par la Ville de Québec. On constate effectivement que certains poêles polluent moins que d'autre, mais en somme, sans être parfait, ceux certifiés émettent généralement moins que les autres non certifiés ou de première génération. Les vendeurs de poêles (ex. Foyers Don-Bar) insistent sur le fait que même les poêles certifiés EPA peuvent émette davantage que 2,5 g/h. Selon moi, cela n'invalide par la règlementation, ça prouve au contraire que sans certification les émissions ne seraient pas du tout encadrées et que les vendeurs pourraient vendre des appareils très polluants.

La question des feux extérieurs estivaux pourrait aussi être abordée par l'opposition.

Bonne fin de journée.

CRR

De : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : 12 janvier 2026 15:45
À : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Andréa Fortin (CIUSSSCN) <andrea.fortin.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : TR : Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Salut Christian,

Je me disais qu'on pouvait ajouter une diapo avec les récents résultats d'Audrey Smargiassi (la publication scientifique qui complète le rapport de l'INSPQ). Est-ce que tu serais en mesure de mettre à jour le powerpoint ?

Merci !!

Philippe

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 12 janvier 2026 13 h 54
À : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : TR: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

[redacted]

Art. 48 LADOP

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE)
Envoyé : 8 janvier 2026 17:49
À : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Gates, Caroline (PQM-PCE) <Caroline.Gates@ville.quebec.qc.ca>; Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; Perreault, Audrey (RCC-CPO) <Audrey.Perreault@ville.quebec.qc.ca>; Sauvé-Bouchard, Audrey-Anne (RCC-CPO) <Audrey-Anne.Sauve-Bouchard@ville.quebec.qc.ca>
Objet : RE: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

[redacted]

Art. 48 LADOP

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

[redacted]

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.

Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

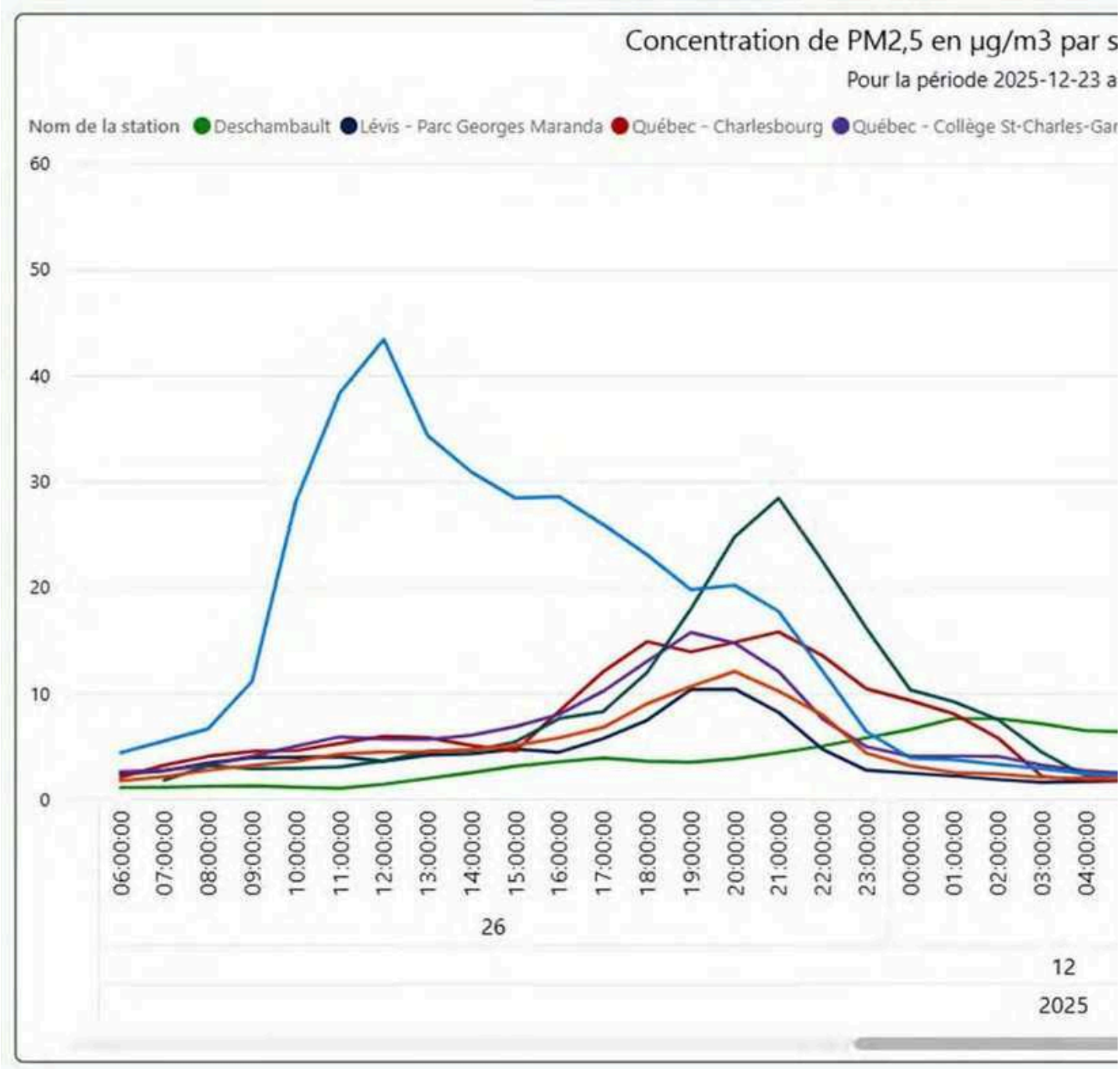
De : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : 7 janvier 2026 11:39
À : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Cc : Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Re: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

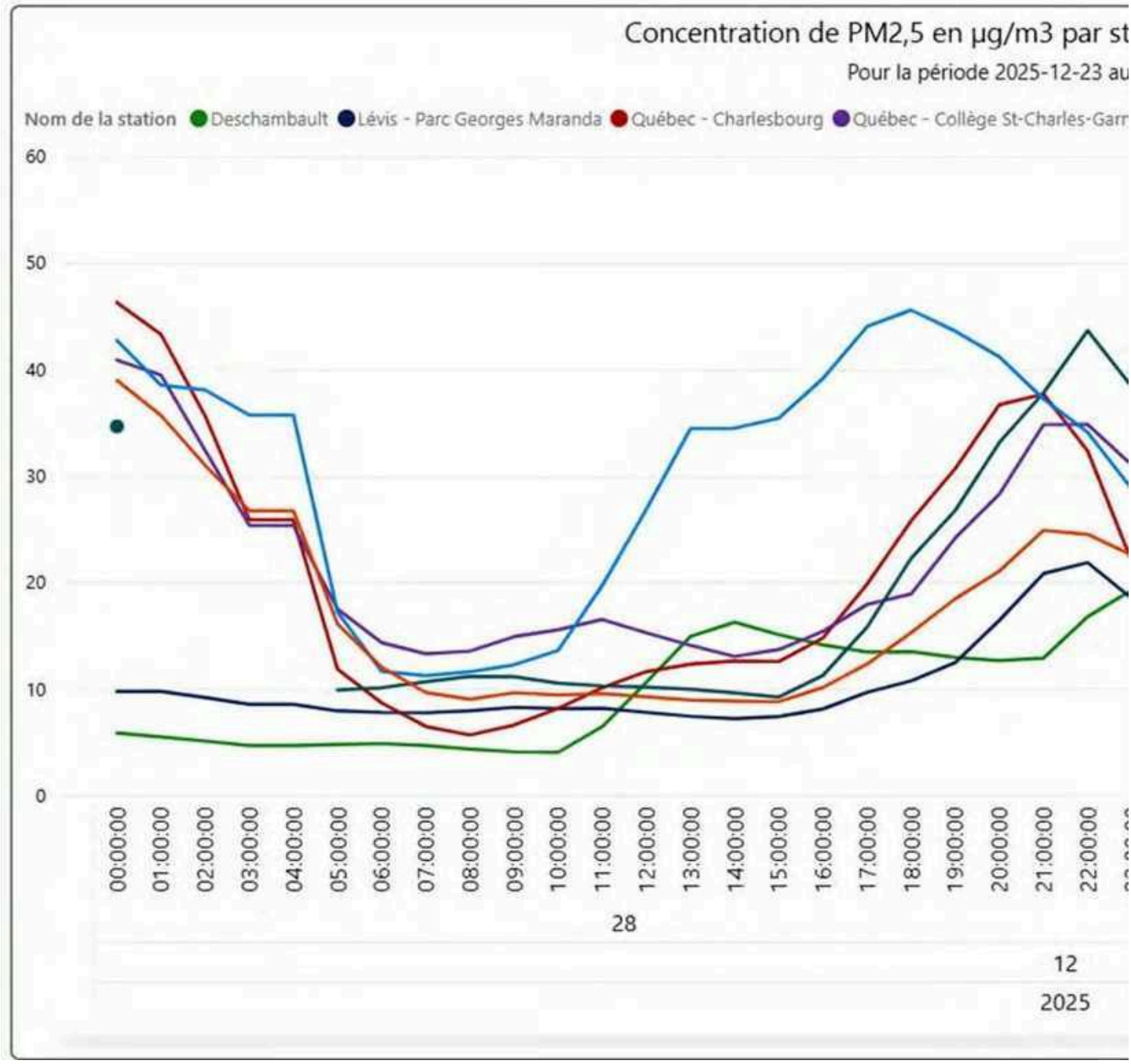
Bonjour Guillaume,

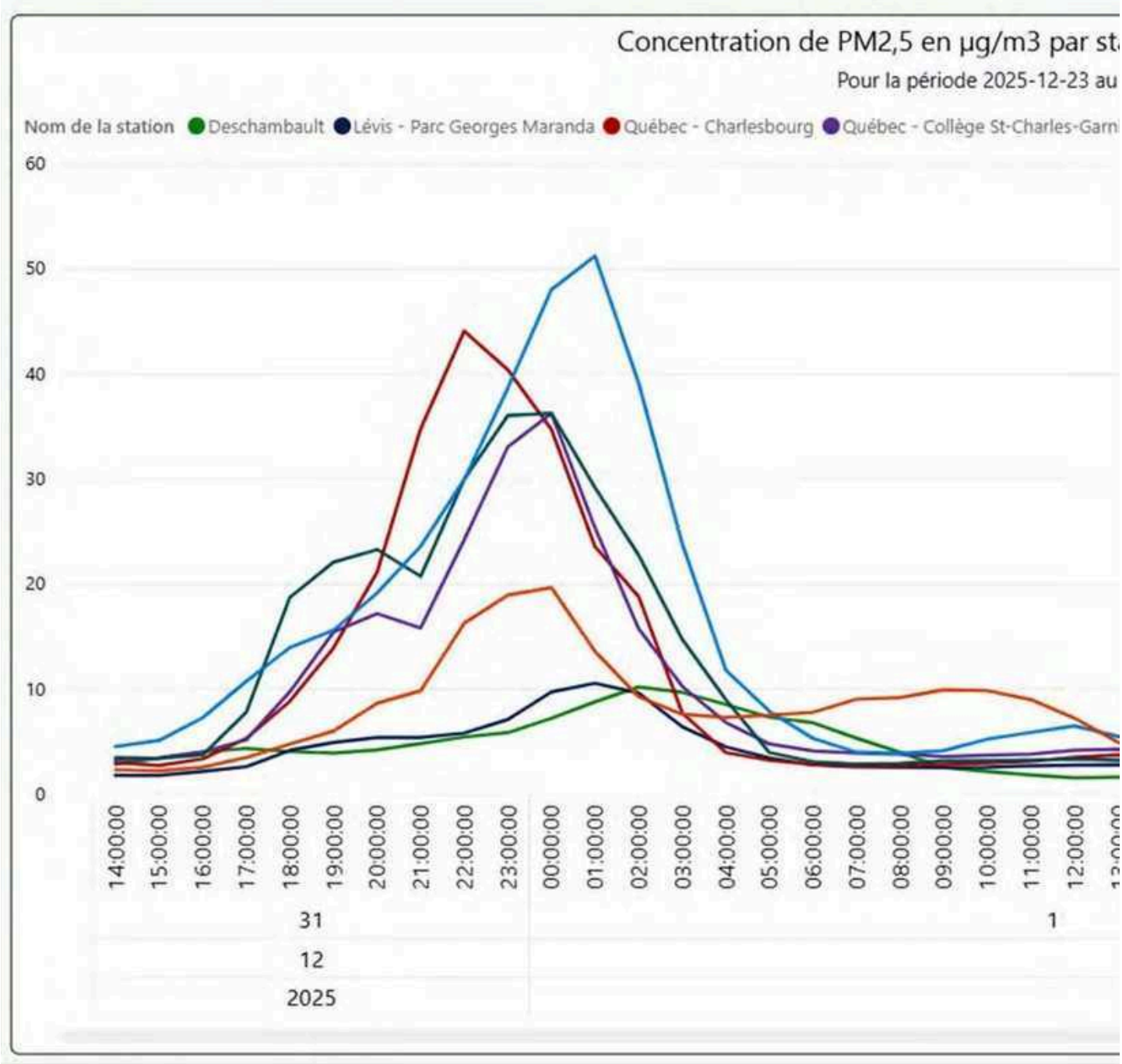
En raison de certains articles de journal, il y a aujourd'hui beaucoup de grogne (encore une fois) concernant l'interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustion solide du 27 et 28 décembre.
En ce moment de la désinformation circule, notamment sur l'état de la qualité de l'air lors de ces journées.

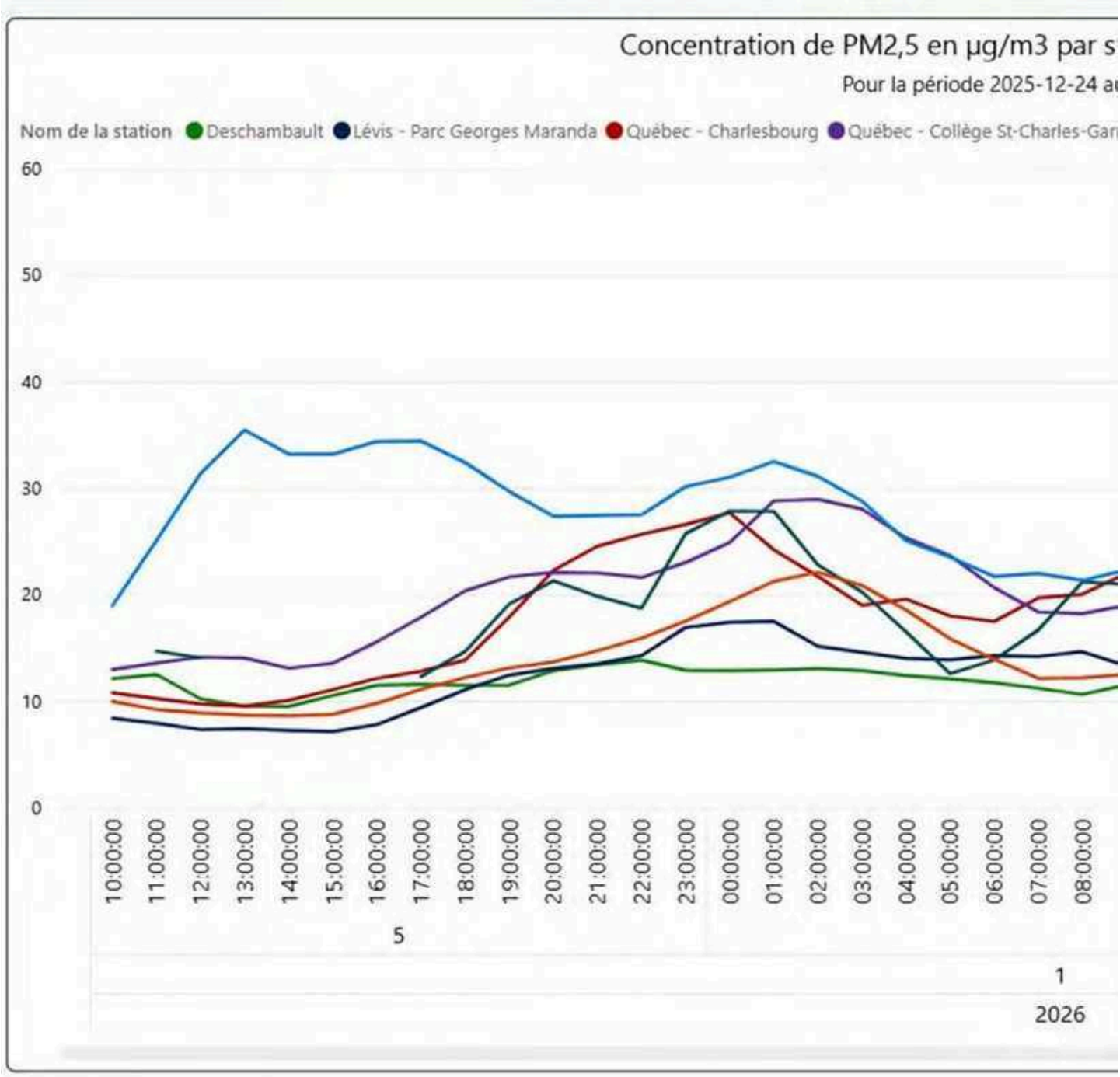
La qualité de l'air s'est effectivement détériorée lors de la nuit du 27 au 28 et du 28 au 29 décembre avec des pointes horaires de 40 jusqu'à 60 ug/m3 de PM2,5 à certaines stations de surveillance.

Je sais que vous avez votre propre système de collecte de données, mais je vous transmets tout de même ces captures d'écrans de notre PowerBi, si cela peut vous être utile. Noter que ce ne sont pas des données validées par le MLECCFP.


Concentration de PM2,5 en µg/m3 par s
Pour la période 2025-12-23 a
Nom de la station
Deschambault
Lévis - Parc Georges Maranda
Québec - Charlesbourg
Québec - Collège St-Charles-Gar
60
50
40
30
20
10
0
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
26
12
2025


Concentration de PM2,5 en µg/m3 par st
Pour la période 2025-12-23 au
Nom de la station
Deschambault
Lévis - Parc Georges Maranda
Québec - Charlesbourg
Québec - Collège St-Charles-Garn
60
50
40
30
20
10
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
28
12
2025


Concentration de PM2,5 en µg/m3 par st
Pour la période 2025-12-23 au
Nom de la station
Deschambault
Lévis - Parc Georges Maranda
Québec - Charlesbourg
Québec - Collège St-Charles-Garn
60
50
40
30
20
10
0
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
31
12
2025
1



Je me rends aussi disponible pour tout autre besoin.

Bonne journée.

Christian Riel-Roberge
Conseiller en santé environnementale
Direction de santé publique du CIUSSS de la Capitale-Nationale
Équipe santé et environnement
2400 avenue d'Estimauville, bureau U-5108, Québec, QC, G1E 7G9
418-666-7000 poste 10163
christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 27 décembre 2025 11:17
À : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

[redacted]

Art. 48
LADOP

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

Outlook

Re: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

De Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Date Lun 2026-01-12 15 h 41
À Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Cc Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>

Bonjour Guillaume,

Merci pour l'invitation, je pourrai y assister si entre 11h-12h et en virtuel.

Est-ce sur le chauffage au bois seulement, ou plus largement sur la qualité de l'air ? De plus, pourras-tu me préciser la durée de présentation attendue ?

Au plaisir,

Philippe

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 12 janvier 2026 13 h 54
À : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : TR: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

Art. 48 LADOP [redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE)
Envoyé : 8 janvier 2026 17:49
À : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Gates, Caroline (PQM-PCE) <Caroline.Gates@ville.quebec.qc.ca>; Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; Perreault, Audrey (RCC-CPO) <Audrey.Perreault@ville.quebec.qc.ca>; Sauvé-Bouchard, Audrey-Anne (RCC-CPO) <Audrey-Anne.Sauve-Bouchard@ville.quebec.qc.ca>
Objet : RE: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Art. 48 LADOP [redacted]

Art. 48
LADOP

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

[redacted]

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

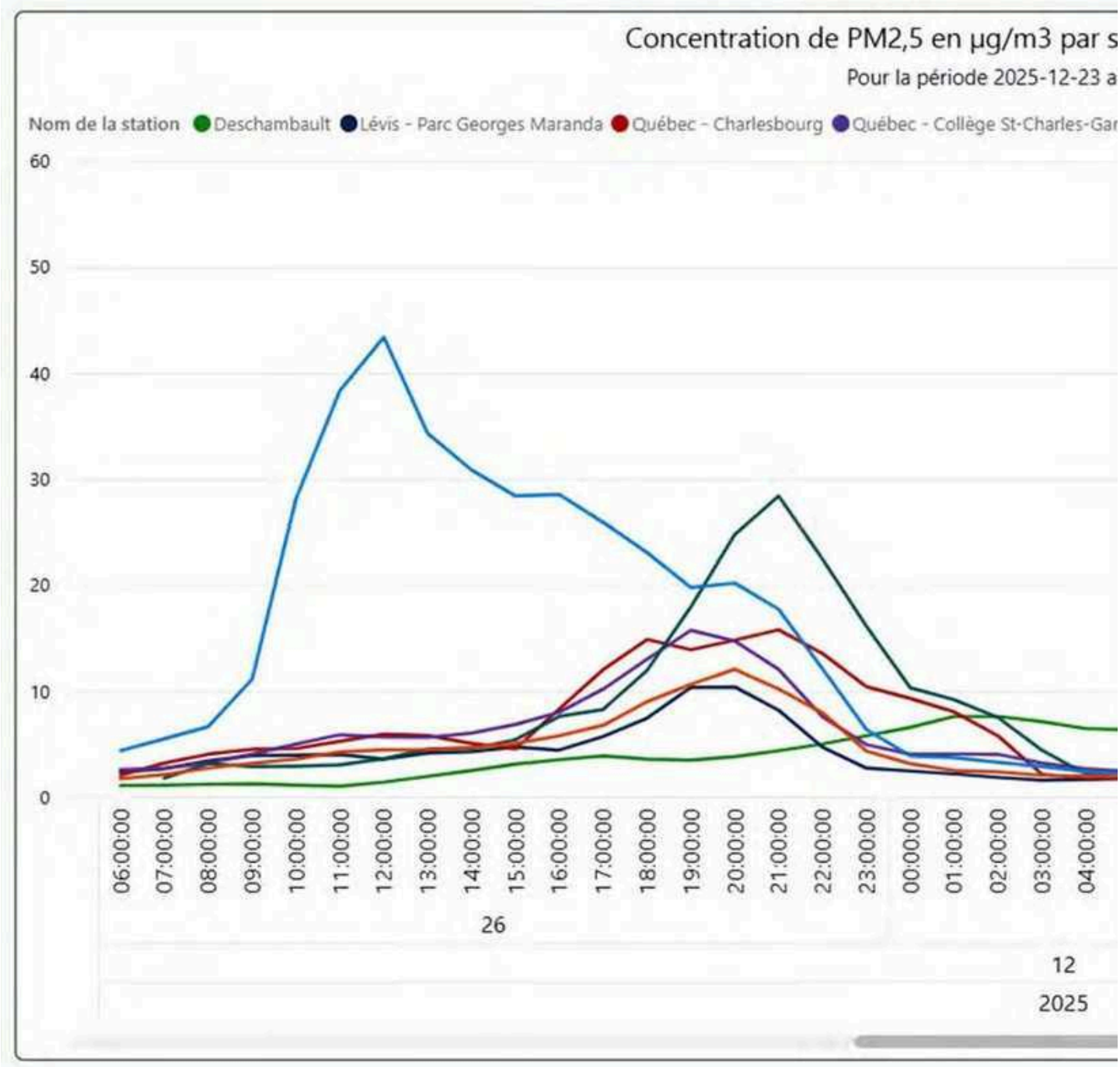
De : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : 7 janvier 2026 11:39
À : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Cc : Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Re: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

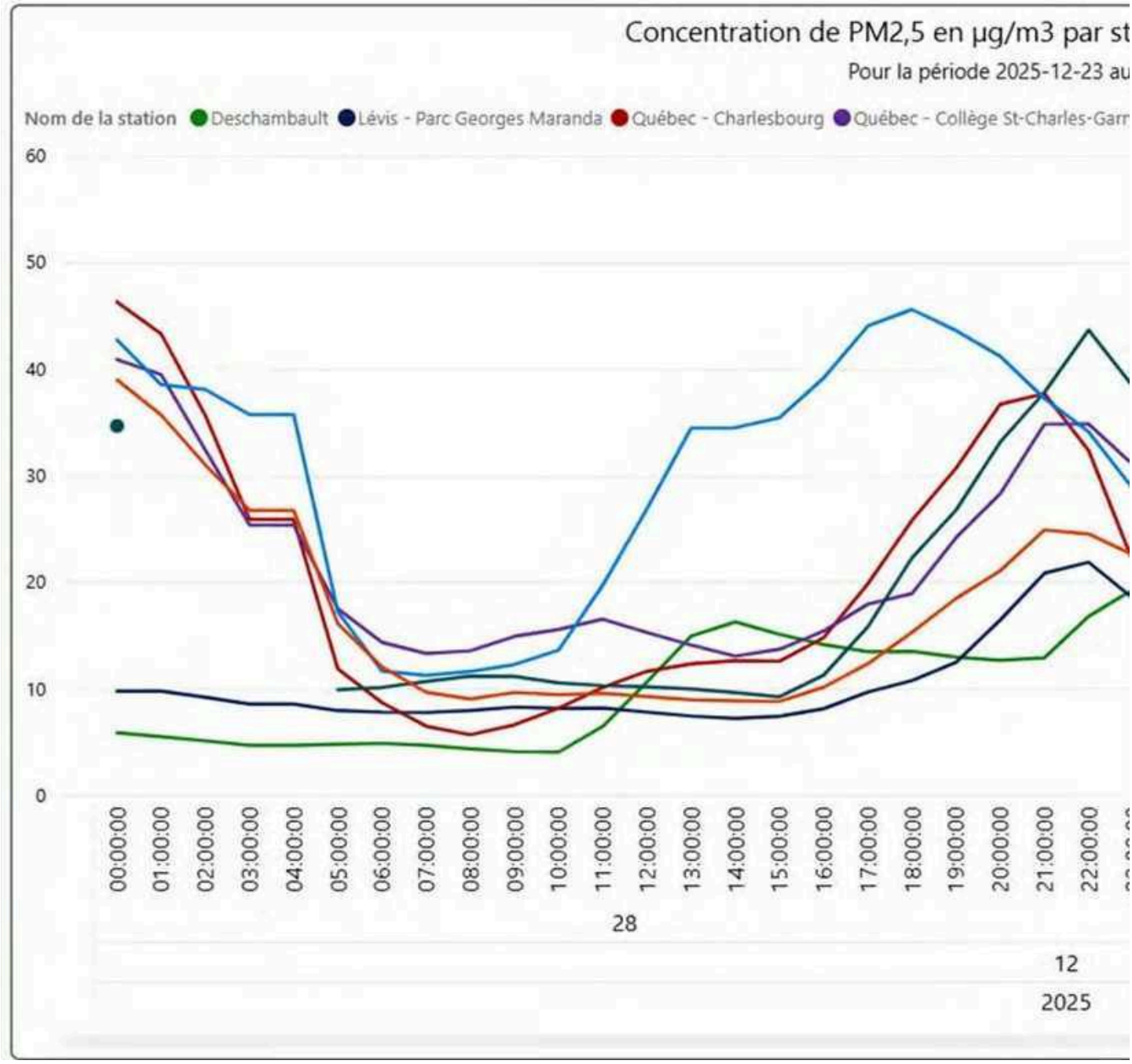
Bonjour Guillaume,

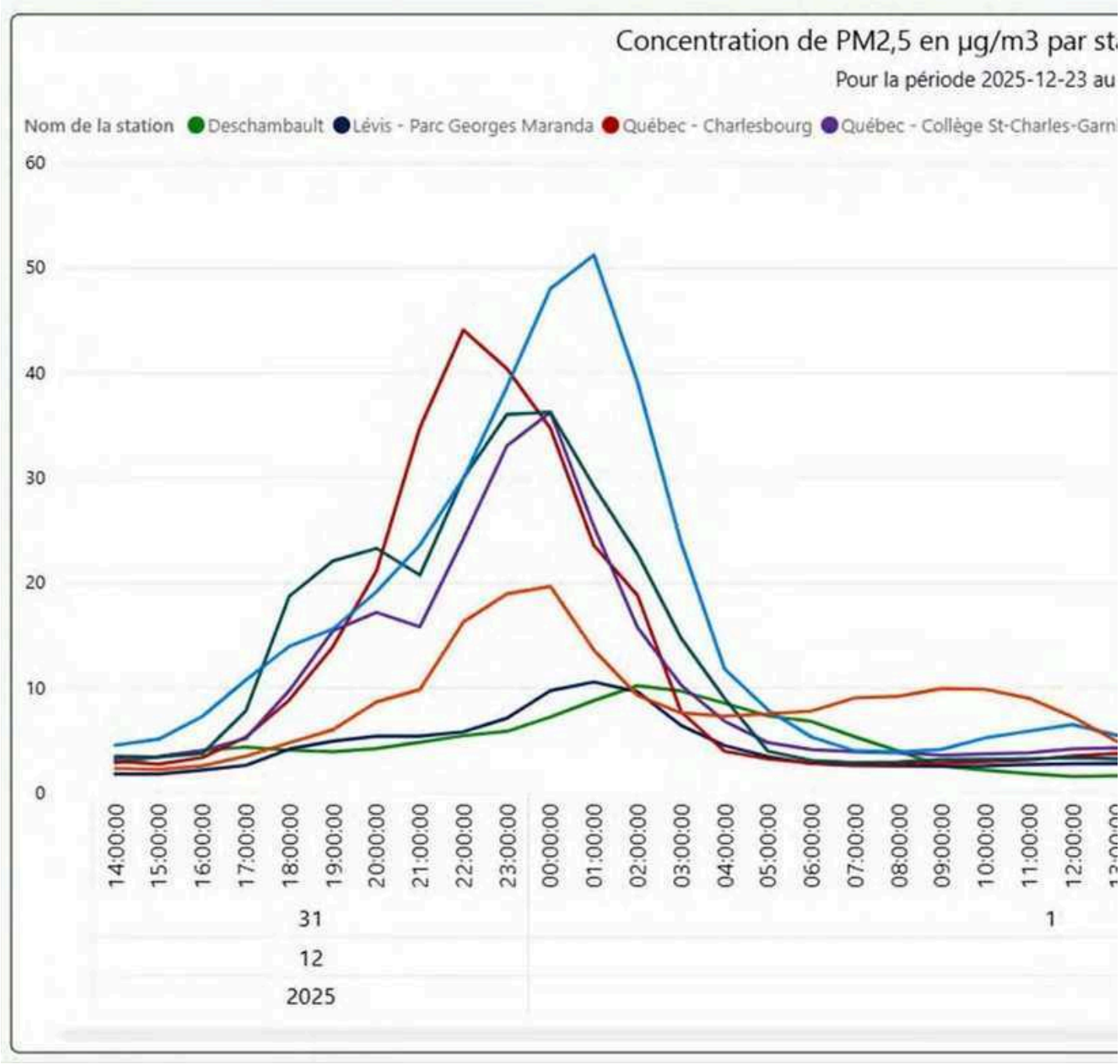
En raison de certains articles de journal, il y a aujourd'hui beaucoup de grogne (encore une fois) concernant l'interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustion solide du 27 et 28 décembre.
En ce moment de la désinformation circule, notamment sur l'état de la qualité de l'air lors de ces journées.

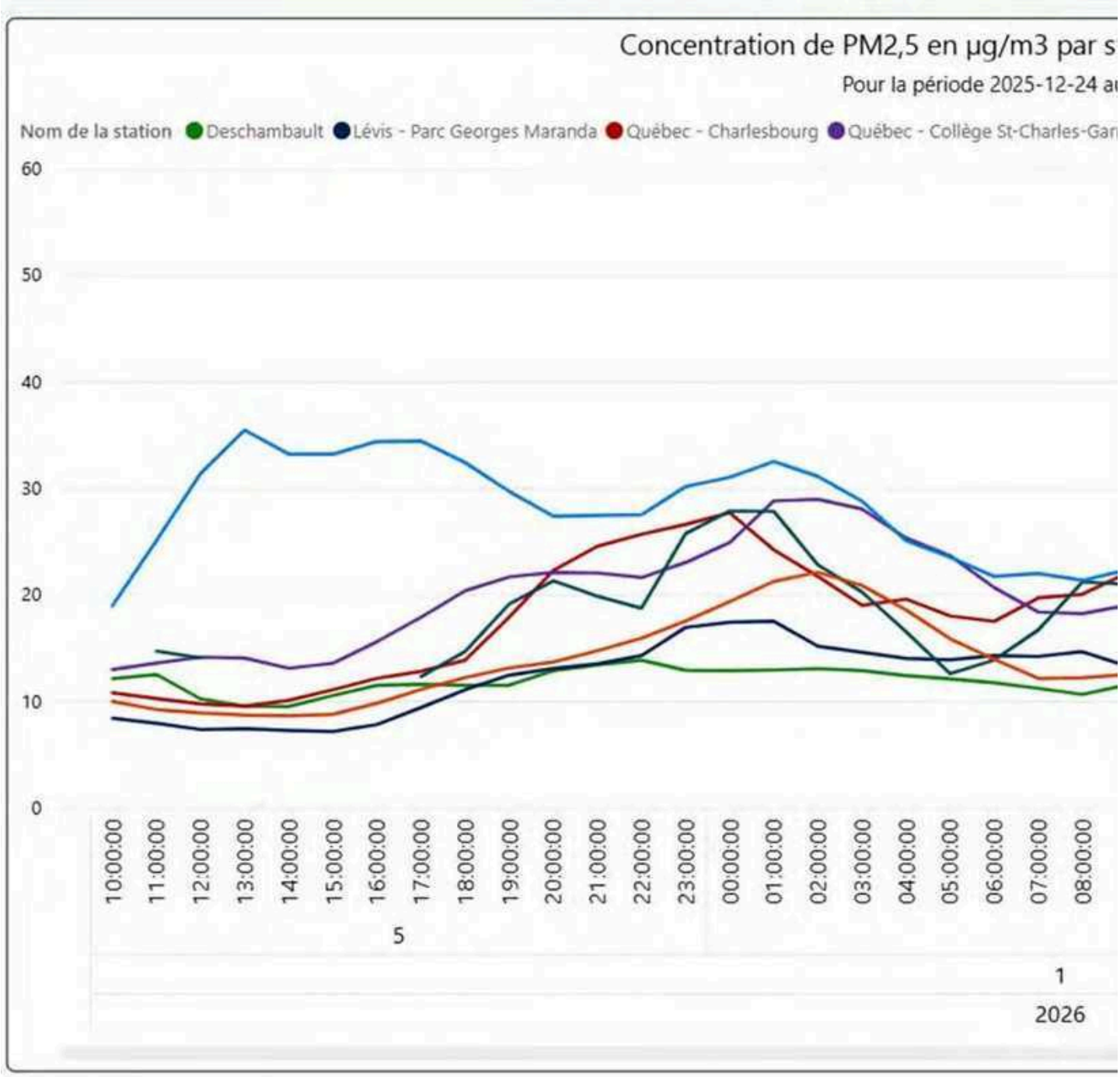
La qualité de l'air s'est effectivement détériorée lors de la nuit du 27 au 28 et du 28 au 29 décembre avec des pointes horaires de 40 jusqu'à 60 ug/m3 de PM2,5 à certaines stations de surveillance.

Je sais que vous avez votre propre système de collecte de données, mais je vous transmets tout de même ces captures d'écrans de notre PowerBi, si cela peut vous être utile. Noter que ce ne sont pas des données validées par le MLECCFP.


Concentration de PM2,5 en µg/m3 par s
Pour la période 2025-12-23 a
Nom de la station
Deschambault
Lévis - Parc Georges Maranda
Québec - Charlesbourg
Québec - Collège St-Charles-Gar
60
50
40
30
20
10
0
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
26
12
2025


Concentration de PM2,5 en µg/m3 par st
Pour la période 2025-12-23 au
Nom de la station
Deschambault
Lévis - Parc Georges Maranda
Québec - Charlesbourg
Québec - Collège St-Charles-Garn
60
50
40
30
20
10
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
28
12
2025


Concentration de PM2,5 en µg/m3 par st
Pour la période 2025-12-23 au
Nom de la station
Deschambault
Lévis - Parc Georges Maranda
Québec - Charlesbourg
Québec - Collège St-Charles-Garn
60
50
40
30
20
10
0
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
31
12
2025
1



Je me rends aussi disponible pour tout autre besoin.

Bonne journée.

Christian Riel-Roberge
Conseiller en santé environnementale
Direction de santé publique du CIUSSS de la Capitale-Nationale
Équipe santé et environnement
2400 avenue d'Estimauville, bureau U-5108, Québec, QC, G1E 7G9
418-666-7000 poste 10163
christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 27 décembre 2025 11:17
À : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

[redacted]

Art. 48
LADOP

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

Outlook

RE: Rapport de l'opposition concernant le chauffage au bois

De Giroud, Guillaume (PQM PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Date Ven 2026-02-06 14:35
À Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Cc Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; Gates, Caroline (PQM-PCE) <Caroline.Gates@ville.quebec.qc.ca>; Isabelle Goupil Sormany (MED CHU) <isabelle.goupil sormany.med@ssss.gouv.qc.ca>

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

Art. 48 LADOP [redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu

Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

De : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : vendredi 6 février 2026 14:18
À : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Cc : Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; Gates, Caroline (PQM-PCE) <Caroline.Gates@ville.quebec.qc.ca>; Isabelle Goupil-Sormany (MED-CHU) <isabelle.goupil-sormany.med@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Re: Rapport de l'opposition concernant le chauffage au bois

Bonjour Guillaume,

Pas de problème.
Comme les rapports sont publics, j'imagine que je peux faire circuler à mes collègues des autres régions?

Ce sont des documents pertinents pour les autres villes qui voudraient mettre en place une réglementation.

Ouvert à des rencontres statutaires éventuellement. Faudrait voir selon les besoins.
Prenez le temps de décanter tout ça, c'est effectivement énergivore une tempête médiatique.
Et on s'en reparle le cas échéant, mais je demeure toujours disponible de toute façon.
Je suis ce dossier tout comme vous tous.

Bonne fin de semaine.

Christian RR

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 6 février 2026 12:57
À : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; Gates, Caroline (PQM-PCE) <Caroline.Gates@ville.quebec.qc.ca>; Isabelle Goupil-Sormany (MED-CHU) <isabelle.goupil-sormany.med@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : RE: Rapport de l'opposition concernant le chauffage au bois

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

Art. 48 LADOP

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu

Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

De : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : vendredi 30 janvier 2026 11:16
À : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Cc : Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; Gates, Caroline (PQM-PCE) <Caroline.Gates@ville.quebec.qc.ca>; Isabelle Goupil-Sormany (MED-CHU) <isabelle.goupil-sormany.med@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Rapport de l'opposition concernant le chauffage au bois

Bonjour Guillaume,

Nous avons appris hier dans un article de Radio Canada (https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/2224425/respect-citoyen-cauffage-bois-poele) que l'opposition déposerait mercredi prochain un rapport sur le chauffage au bois. Je vais assurément, s'il est bel et bien rendu accessible, le lire et l'analyser pour mon propre intérêt professionnel d'abord.

Selon ce que j'en comprends, il demeure encore flou à savoir s'il traitera de l'impact du chauffage au bois sur la santé (donc d'intérêt pour la santé publique) ou s'il se concentrera sur votre méthode prévisionnelle météorologique (j'ai entendu parler des deux options).

Bref, si vous avez des attentes particulières envers nous en lien avec ce rapport, une réaction ou une analyse, bien vouloir nous les communiquer. Nous n'avons pas encore convenu d'une stratégie de notre côté; nous attendons de voir le contenu. Au besoin, nous nous rendons disponible pour en discuter avant ou après sa publication.

Bonne fin de semaine.

Christian Riel-Roberge
Conseiller en santé environnementale
Direction de santé publique du CIUSSS de la Capitale-Nationale
Équipe santé et environnement
2400 avenue d'Estimauville, bureau U-5108, Québec, QC, G1E 7G9
418-666-7000 poste 10163
christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca

Outlook

RE: Communiqués VDQ

De Gates, Caroline (PQM PCE) <Caroline.Gates@ville.quebec.qc.ca>
Date Jeu 2026-02-05 13:55
À Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

[redacted]

Art. 48 LADOP

[redacted]

[redacted]

Caroline Gates, M.Sc.
Conseillère en environnement
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu

Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 581-992-6916
Courriel : caroline.gates@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

De : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : 5 février 2026 12:04
À : Gates, Caroline (PQM-PCE) <Caroline.Gates@ville.quebec.qc.ca>
Objet : Re: Communiqués VDQ

Bonjour Caroline,

J'ai écouté la conférence de presse de l'opposition hier. Je retiens et j'en comprends que l'opposition appuie finalement la réglementation de la Ville, mais voudrait que le système prédictif soit amélioré.

Tant mieux s'il y a un appui; la critique devrait diminuée et l'adhésion augmentée.

Avez-vous reçu leur rapport et si oui, pouvez-vous me le partager?

On s'en raparle.

Merci et bonne fin de journée.

Christian RR

De : Gates, Caroline (PQM-PCE) <Caroline.Gates@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 4 février 2026 08:14
À : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>
Objet : Communiqués VDQ

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

[redacted]

Art. 48 LADOP

[redacted]

[redacted]

Caroline Gates, M.Sc.
Conseillère en environnement
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu

Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 581-992-6916
Courriel : caroline.gates@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

Outlook

RE: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

De Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Date Jeu 2026-01-22 17:03
À Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

Art. 48 LADOP [redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

De : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : 22 janvier 2026 13:55
À : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Cc : Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Perreault, Audrey (RCC-CPO) <Audrey.Perreault@ville.quebec.qc.ca>; Gratton, Isabelle (RCC-CPO) <Isabelle.Gratton@ville.quebec.qc.ca>
Objet : Re: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Bonjour Guillaume,

C'est noté.
J'ai pris connaissance des rapports. Je n'ai pas de commentaire.
Cela rejoint et confirme l'information que nous avions déjà.
Ces rapports sont en adéquation avec nos recommandations et la règlementation de la ville.
Ils servent effectivement à justifier la pertinence de votre règlementation.

Bonne fin de journée.

Christian RR

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 22 janvier 2026 12:56
À : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Perreault, Audrey (RCC-CPO) <Audrey.Perreault@ville.quebec.qc.ca>; Gratton, Isabelle (RCC-CPO) <Isabelle.Gratton@ville.quebec.qc.ca>
Objet : RE: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

Art. 48 LADOP [redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606

Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

De : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : 9 janvier 2026 11:07
À : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Cc : Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Gates, Caroline (PQM-PCE) <Caroline.Gates@ville.quebec.qc.ca>; Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; Perreault, Audrey (RCC-CPO) <Audrey.Perreault@ville.quebec.qc.ca>; Sauvé-Bouchard, Audrey-Anne (RCC-CPO) <Audrey-Anne.Sauve-Bouchard@ville.quebec.qc.ca>
Objet : Re: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Bonjour Guillaume,

Je suis disponible le 26 janvier. Je peux m'ajuster au besoin pour le 30 janvier ou le 5 février.
D'ici là, je vais analyser l'avis d'expert partagé.

Pour votre information, nos activités de sensibilisation ou de communication sont présentement limitées.

Bonne fin de semaine.

Christian RR

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 8 janvier 2026 17:49
À : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Cc : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Gates, Caroline (PQM-PCE) <Caroline.Gates@ville.quebec.qc.ca>; Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; Perreault, Audrey (RCC-CPO) <Audrey.Perreault@ville.quebec.qc.ca>; Sauvé-Bouchard, Audrey-Anne (RCC-CPO) <Audrey-Anne.Sauve-Bouchard@ville.quebec.qc.ca>
Objet : RE: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

[redacted]

Art. 48 LADOP

[redacted]

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

[redacted]

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

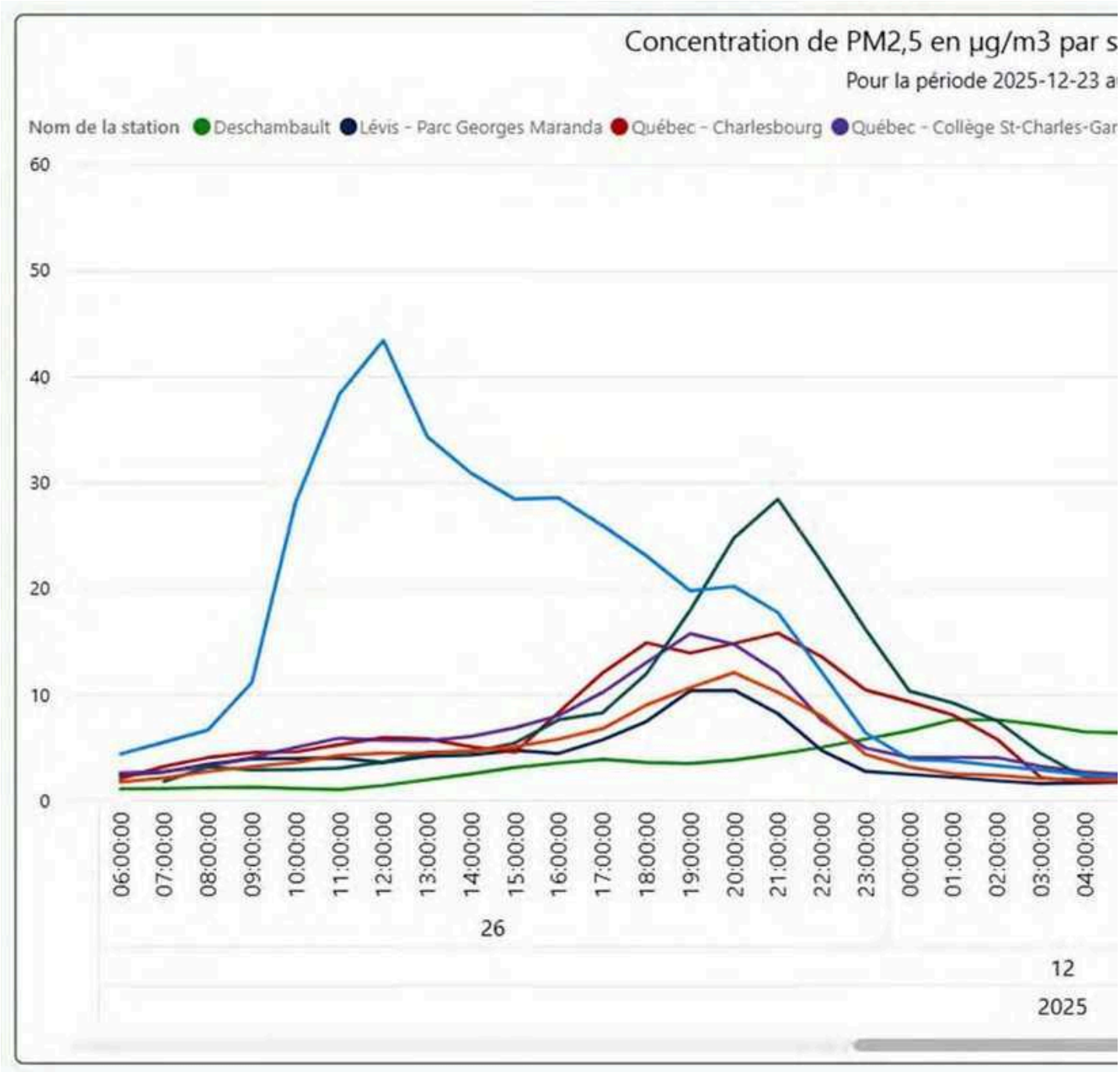
De : Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Envoyé : 7 janvier 2026 11:39
À : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Cc : Philippe Robert (MED) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Re: Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

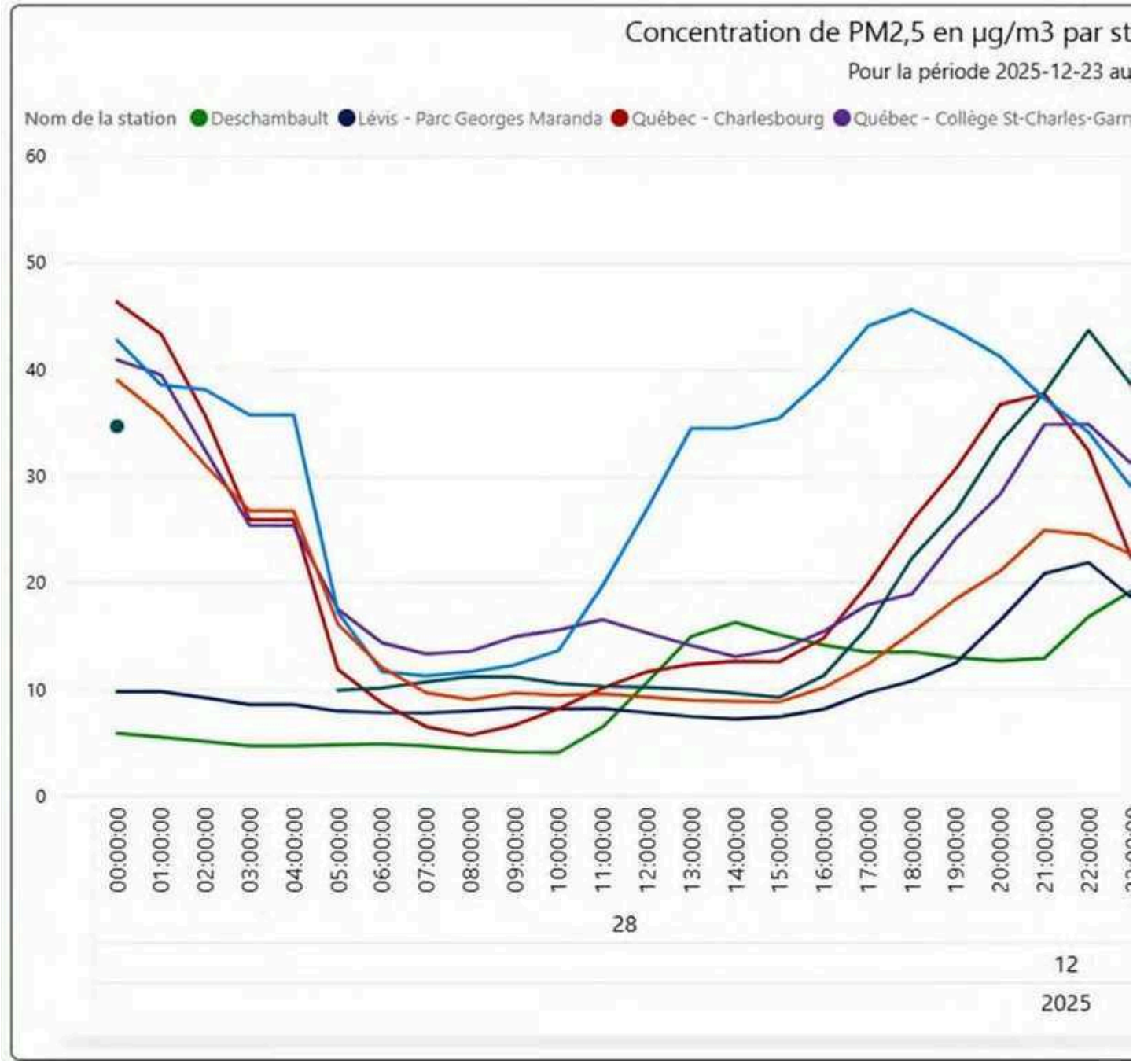
Bonjour Guillaume,

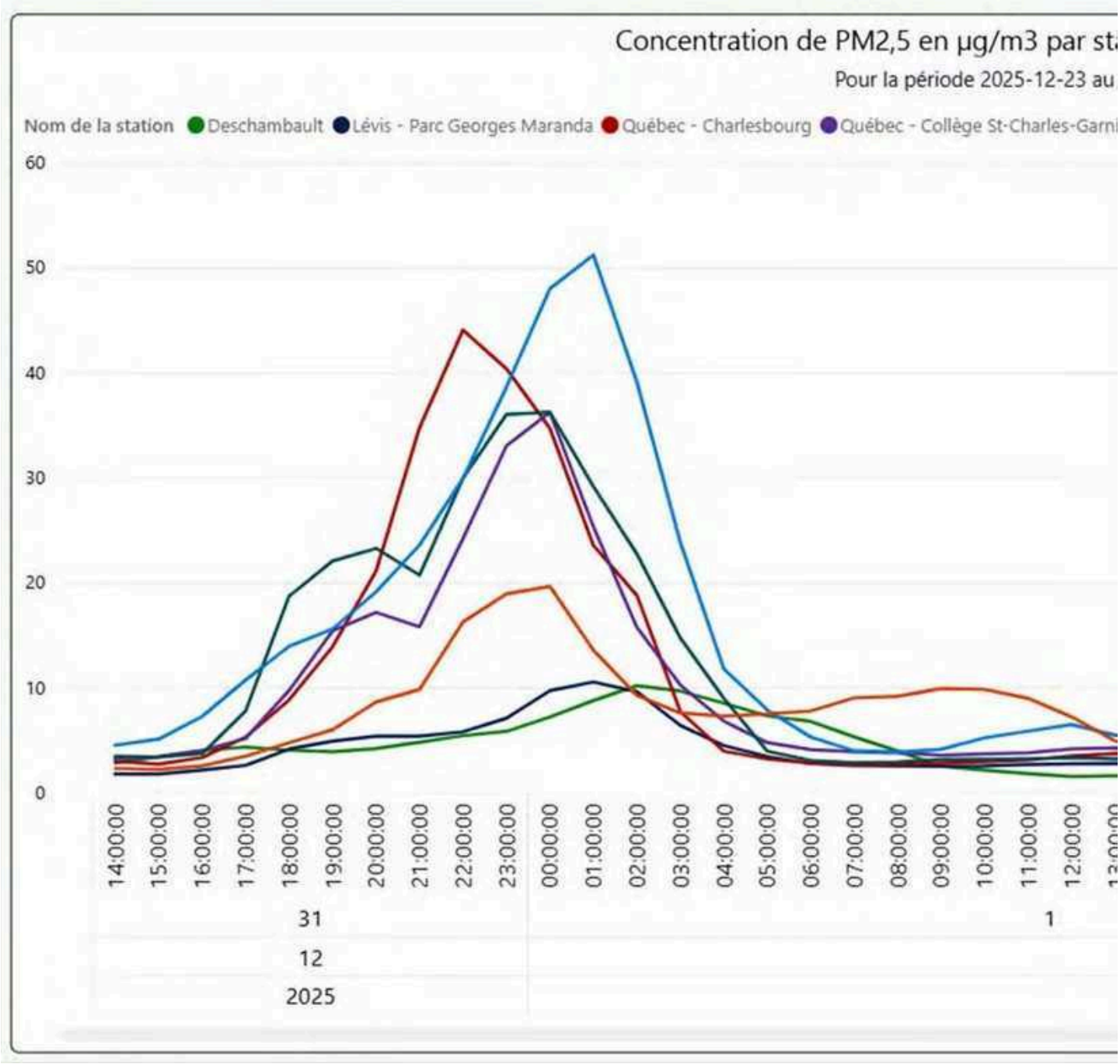
En raison de certains articles de journal, il y a aujourd'hui beaucoup de grogne (encore une fois) concernant l'interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustion solide du 27 et 28 décembre.
En ce moment de la désinformation circule, notamment sur l'état de la qualité de l'air lors de ces journées.

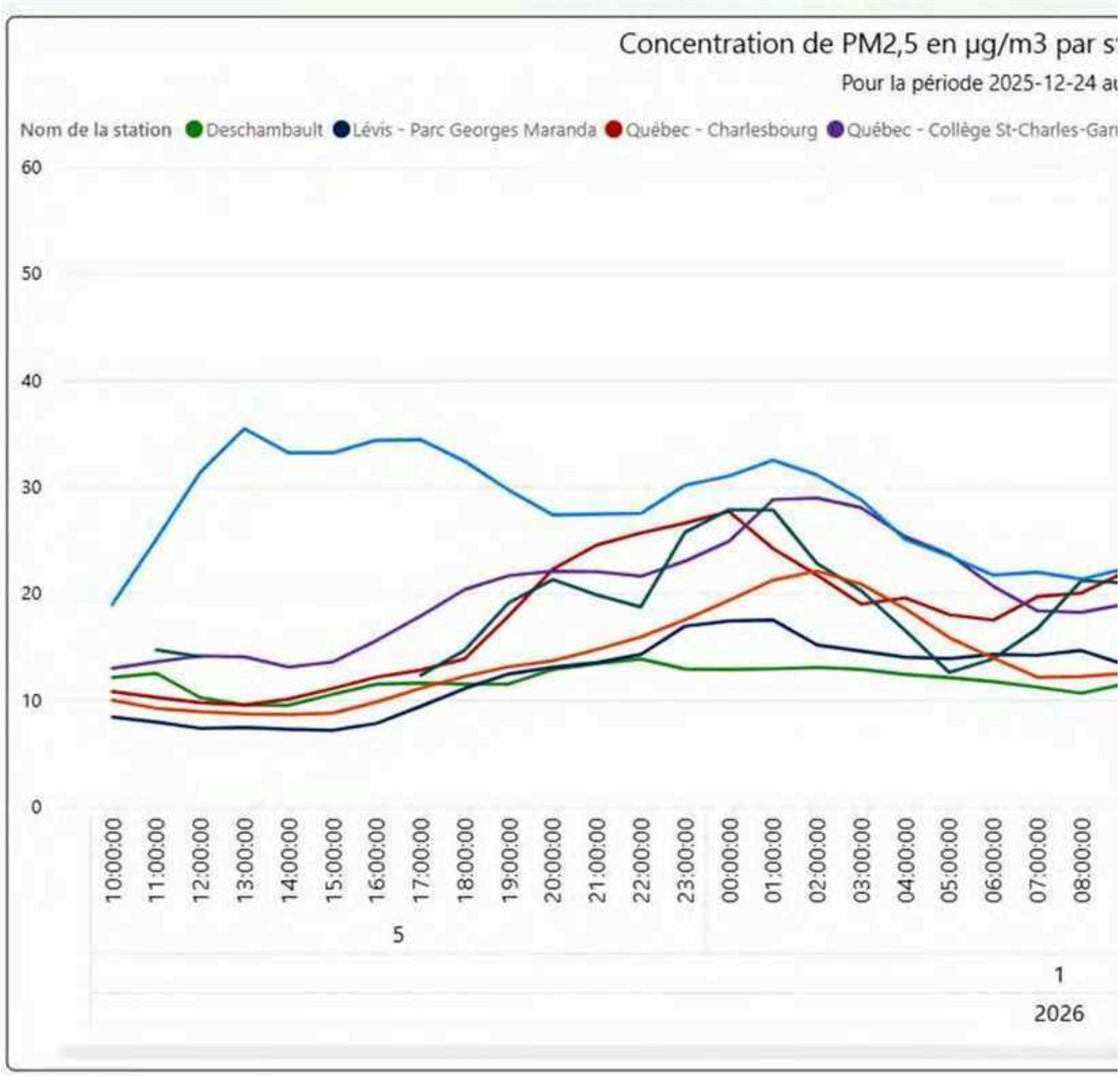
La qualité de l'air s'est effectivement détériorée lors de la nuit du 27 au 28 et du 28 au 29 décembre avec des pointes horaires de 40 jusqu'à 60 ug/m3 de PM2,5 à certaines stations de surveillance.

Je sais que vous avez votre propre système de collecte de données, mais je vous transmets tout de même ces captures d'écrans de notre PowerBi, si cela peut vous être utile. Noter que ce ne sont pas des données validées par le MLECCFP.




Concentration de PM2,5 en µg/m3 par st
Pour la période 2025-12-23 au
Nom de la station
Deschambault
Lévis - Parc Georges Maranda
Québec - Charlesbourg
Québec - Collège St-Charles-Garn
60
50
40
30
20
10
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
28
12
2025


Concentration de PM2,5 en µg/m3 par st
Pour la période 2025-12-23 au
Nom de la station
Deschambault
Lévis - Parc Georges Maranda
Québec - Charlesbourg
Québec - Collège St-Charles-Garni
60
50
40
30
20
10
0
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
31
12
2025
1



Je me rends aussi disponible pour tout autre besoin.

Bonne journée.

Christian Riel-Roberge
Conseiller en santé environnementale
Direction de santé publique du CIUSSS de la Capitale-Nationale
Équipe santé et environnement
2400 avenue d'Estimauville, bureau U-5108, Québec, QC, G1E 7G9
418-666-7000 poste 10163
christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 27 décembre 2025 11:17
À : Philippe Robert (CIUSSSCN-Directeur) <philippe.robert.med@ssss.gouv.qc.ca>; Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>
Objet : Interdiction temporaire d'utilisation des appareils à combustible solide – 27 décembre, 13 h

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

[redacted]

Art. 48
LADOP

[redacted]

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu
Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

Outlook

TR : Rencontre de travail CIUSSSCN-VDQ | Chauffage au bois et qualité de l'air

Organisateur	Giroud, Guillaume (PQM PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Heure de réunion	Cet événement a eu lieu le Il y a 2 semaines (Lun 2026-01-26 14:00 - 15:20)
Emplacement	Réunion Microsoft Teams
Ma réponse	Accepté
Participants obligatoires	Giroud, Guillaume (PQM PCE), Christian Riel Roberge (CIUSSSCN), Innes, Francois (PQM PCE), Gates, Caroline (PQM-PCE), Perreault, Audrey (RCC-CPO)
Participants facultatifs	Sauvé Bouchard, Audrey Anne (RCC CPO)
Message envoyé	Ven 2026-01-09 15:46

De : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>
Envoyé : 9 janvier 2026 15:32:53 (UTC-05:00) Eastern Time (US & Canada)
À : Giroud, Guillaume (PQM-PCE) <Guillaume.Giroud@ville.quebec.qc.ca>; Christian Riel Roberge (CIUSSSCN) <christian.riel-roberge.ciussscn@ssss.gouv.qc.ca>; Innes, Francois (PQM-PCE) <Francois.Innes@ville.quebec.qc.ca>; Gates, Caroline (PQM-PCE) <Caroline.Gates@ville.quebec.qc.ca>; Perreault, Audrey (RCC-CPO) <Audrey.Perreault@ville.quebec.qc.ca>
Cc : Sauvé-Bouchard, Audrey-Anne (RCC-CPO) <Audrey-Anne.Sauve-Bouchard@ville.quebec.qc.ca>
Sujet : Rencontre de travail CIUSSSCN-VDQ | Chauffage au bois et qualité de l'air
Quand : 26 janvier 2026 14:00-15:20.
Où : Réunion Microsoft Teams

Avertissement automatisé : *Ce courriel provient de l'extérieur de votre organisation. Ne cliquez pas sur les liens et les pièces jointes si vous ne reconnaissez pas l'expéditeur.*

[redacted]

Art. 48 LADOP

Guillaume Giroud, Ph.D.
Directeur
Section suivi des réseaux et des milieux de vie
Division prévention et contrôle environnemental
Prévention et qualité du milieu

Ville de Québec
Arrondissements de Beauport et de Charlesbourg
250-L, boulevard Wilfrid-Hamel – Pavillon des arts
Québec (Québec) G1L 5A7
Téléphone : 418-641-6411, poste 8606
Courriel : guillaume.giroud@ville.quebec.qc.ca
http://www.ville.quebec.qc.ca

Microsoft Teams Besoin d'aide ?

Rejoindre la réunion maintenant

Numéro de réunion : 275 446 298 080 51

Code secret : 4MK7CZ65

Participer par téléphone

+1 581-316-0210,,844758917# Canada, Québec

Trouver un numéro local

Numéro de conférence téléphonique : 844 758 917#

Pour les organisateurs : Options de réunion | Réinitialiser le code PIN d'appel

---

Ministère
de l'Environnement,
de la Lutte contre
les changements
climatiques, de la Faune
et des Parcs
Québec

Direction principale des renseignements, de l'accès à l'information,
de l'éthique et des plaintes

PAR COURRIEL

Québec, le 5 juillet 2024

Objet : Demande d'accès n° 2024-06-081– Lettre de réponse

Monsieur,

La présente fait suite à votre demande d'accès, reçue le 27 juin dernier, concernant un rapport sur les sources de contaminants atmosphériques et sonores.

Le document suivant est accessible. Il s'agit de :

- Projets de recherche INSPQ, 43 pages

Conformément à l'article 51 de la Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels (RLRQ, chapitre A-2.1), nous vous informons que vous pouvez demander la révision de cette décision auprès de la Commission d'accès à l'information. Vous trouverez, en pièce jointe, une note explicative concernant l'exercice de ce recours.

Pour obtenir des renseignements supplémentaires, vous pouvez communiquer avec Mme Tamima Derhem Gosselin, coordonnatrice, à l'adresse courriel tamima.derhemgosselin@environnement.gouv.qc.ca, en mentionnant le numéro de votre dossier en objet.

Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

Pour le directeur,

ORIGINAL SIGNÉ PAR

Martin Dorion

p. j. 2

Édifice Marie-Guyart, 29e étage
675, boul. René-Lévesque Est, boîte 13
Québec (Québec) G1R 5V7
Téléphone : 418 521-3858
Courriel : acces@environnement.gouv.qc.ca
Site Web : www.environnement.gouv.qc.ca

INSPQ INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC

Projets de recherche dans le cadre du portrait des sources de contaminants atmosphériques et sonores : impacts sanitaires des scénarios futurs



ENTENTE DE SERVICES AVEC LE MELCCFP — DIFFUSION RESTREINTE DÉCEMBRE 2023

AVANT-PROPOS

L'Institut national de santé publique du Québec est le centre d'expertise et de référence en matière de santé publique au Québec. Sa mission est de soutenir le ministre de la Santé et des Services sociaux du Québec, les autorités régionales de santé publique, ainsi que les établissements locaux, régionaux et nationaux dans l'exercice de leurs fonctions et responsabilités.

Le présent rapport porte sur la présentation des impacts sanitaires tributaires de l'application de scénarios de contrôle des émissions de polluants de l'air dans certains secteurs du Québec. Il a été élaboré à la suite d'une entente de services avec le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs intitulée **Projets de recherche dans le cadre du portrait des sources de contaminants atmosphériques et sonores**.

Ce document s'adresse au ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs et ne peut être retransmis à quiconque en dehors des personnes pour qui il a été produit.

FAITS SAILLANTS

- La modification des impacts sanitaires associés à l'exposition aux polluants de l'air considérés a été calculée sur la base de cinq scénarios appliqués dans huit secteurs du Québec.
- Les scénarios étudiés incluent le contrôle règlementaire des émissions issues de la combustion résidentielle du bois ou son abolition en milieu urbain, l'élimination des émissions associées à l'agriculture, aux véhicules hors route ou aux activités industrielles.
- L'exposition aux particules fines induit plus d'impacts sanitaires populationnels que l'exposition aux autres polluants. Les scénarios qui réduisent le plus les impacts associés aux particules fines sont ceux qui relèvent du contrôle des émissions de la combustion résidentielle du bois.
- Selon les informations disponibles, la réduction des émissions industrielles peut contribuer à améliorer la santé des populations de certains secteurs de la province, mais dans une moindre mesure que le contrôle des émissions de la combustion du bois.

1 INTRODUCTION

Ce rapport présente l'estimation des impacts annuels de la mise en œuvre de scénarios visant à réduire les concentrations de polluants de l'air et leurs conséquences sur la santé des populations de huit secteurs (divisions de recensement) ciblés[1] du Québec.

Les scénarios qui ont été modélisés sont présentés au tableau 1 et les secteurs ciblés au tableau 2. Les secteurs ciblés sont aussi présentés à la figure 1 (p. 3). Les scénarios ont été appliqués à l'ensemble des régions de la province, mais les impacts sur les concentrations de polluants et la santé sont discutés pour les huit secteurs ciblés.

Tableau 1 Scénarios (scn)

Scénario	Description
Scénario 1	Tous les appareils de combustion du bois de la province sont certifiés EPA (c.-à-d. United States Environmental Protection Agency)
Scénario 2	Pas d'émissions associées à l'agriculture
Scénario 3	Pas d'émissions industrielles
Scénario 4	Pas d'émissions de véhicules hors route
Scénario 5	Pas de combustion du bois dans les régions urbaines (RMR et AR[2]) de la province

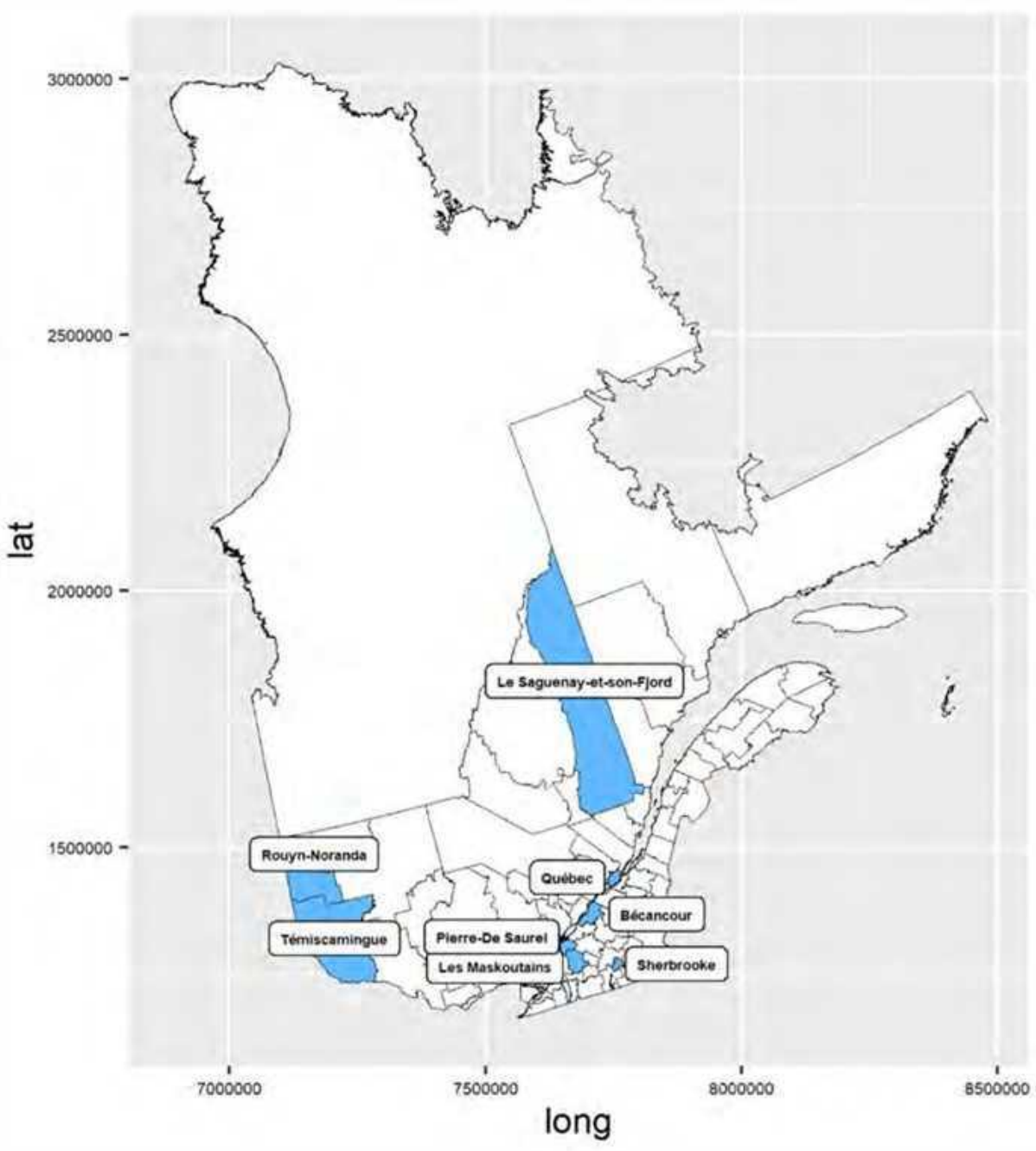
Tableau 2 Divisions de recensement correspondant aux secteurs d'intérêt

Secteur d'intérêt	ID des divisions de recensement	Division de recensement
Limoilou-Québec	2423	Québec
Trois-Rivières et Bécancour	2438	Bécancour
Sherbrooke-Estrie	2443	Sherbrooke
Sorel	2453	Pierre-De Saurel
Saint-Hyacinthe	2454	Les Maskoutains
Témiscamingue	2485	Témiscamingue
Rouyn-Noranda	2486	Rouyn-Noranda
Saguenay	2494	Le Saguenay-et-son-Fjord

[1] Les secteurs ont été identifiés par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs.

[2] RMR et AR : région métropolitaine de recensement et agglomération de recensement.

Figure 1 Emplacement des huit secteurs (divisions de recensement) ciblés



2 MÉTHODE

Les impacts sanitaires des scénarios dans les secteurs ciblés sont basés sur les pourcentages de changements des concentrations de polluants à la suite des scénarios. Les concentrations de polluants ont été modélisées avec le *Chemical transport model* (CTM) POLAIR3D (résolution de 3 km × 3 km). Les concentrations de polluants ont été calculés pour les divisions de recensement des secteurs ciblés, en pondérant les niveaux des aires de 3 km × 3 km[3] par la population de ces aires au sein des divisions de recensement. Les pourcentages de changement de concentrations issues de POLAIR3D ont été appliqués aux concentrations de polluants retrouvées dans l'outil AQBAT/OEBQA (Outil d'évaluation des bénéfices de la qualité de l'air) développé par Santé Canada et décrit dans ce rapport (www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/2021-effets-pollution-air-interieur-sante.html#a3.1). Nous n'avons pas utilisé directement les concentrations de polluants de POLAIR3D pour estimer les impacts sanitaires des scénarios. Il existe des différences entre les concentrations de polluants des secteurs ciblés issues d'AQBAT/OEBQA et de POLAIR3D. Les concentrations de polluants de l'outil AQBAT/OEBQA ont été utilisées pour les calculs d'impacts (avec l'application de pourcentages de changements), plutôt que celles de POLAIR3D, car les données sont davantage similaires à celles utilisées dans les études épidémiologiques. De plus, les impacts sanitaires basés sur les données d'AQBAT/OEBQA sont ainsi cohérents avec ceux déjà calculés pour le Canada avec cet outil.

Les polluants considérés pour le calcul des impacts sanitaires sont les particules fines ($PM_{2,5}$), l'ozone (O_3), le dioxyde d'azote (NO_2) et le dioxyde de soufre (SO_2). Dans l'outil AQBAT/OEBQA, les concentrations (niveaux initiaux avant scénario) des $PM_{2,5}$, de l'O_3 et du NO_2 étaient disponibles pour 2016[4] pour les divisions de recensement des huit secteurs ciblés. Contrairement aux autres polluants dont les concentrations sont issues de modèles (voir le rapport de Santé Canada 2021), les concentrations de SO_2 dans l'outil AQBAT/OEBQA proviennent de stations d'échantillonnage uniquement disponibles en 2014 pour trois des huit secteurs ciblés. Ainsi, afin d'obtenir une plus grande couverture géographique – de façon exceptionnelle –, en plus des données de SO_2 retrouvées dans l'AQBAT/OEBQA pour ce polluant, nous avons aussi utilisé les données de SO_2 du modèle POLAIR3D pour 2016 et pour les scénarios. Les concentrations de polluants qui se trouvent dans l'outil AQBAT/OEBQA, tout comme celles de POLAIR3D, sont pondérées pour la population[2].

Les impacts sanitaires associés aux pourcentages de changements de concentrations de polluants dans les huit secteurs (divisions de recensement) issus de l'outil AQBAT/OEBQA sont comparés à 2016 (la référence, ref), tout comme les concentrations de polluants, sauf ceux associés au SO_2 basés sur les données du réseau d'échantillonnage. Les impacts du SO_2 sont comparés à ceux de 2014. Les relations concentration-réponse utilisées pour le calcul des impacts, les taux d'effets de santé, de même que les

[3] Pondération : somme (population par 3 km × 3 km selon les nombres des aires de diffusion X concentration par 3 km × 3 km) ÷ population de la division de recensement.

[4] En réalité, ce sont des données journalières moyennes centrées sur 2016. Plus précisément, la concentration de NO_2 correspond à la moyenne des concentrations journalières des années 2015 à 2017; celle des $PM_{2,5}$ est pour les jours de 2016; celle pour l'O_3 correspond à la moyenne des jours des années 2014 à 2017; la concentration de SO_2 de l'outil AQBAT/OEBQA correspond à la moyenne des concentrations journalières de 2014; celles de POLAIR3D sont pour les jours de 2016.

chiffres relatifs à la taille des populations utilisés pour les calculs, sont ceux qui se trouvent dans l'outil AQBAT/OEBQA et qui sont décrits dans le document de Santé Canada (2021).

Les effets sur la santé que nous documentons dans le rapport sont présentés au tableau 3. L'outil AQBAT/OEBQA inclut plus d'effets que ceux du tableau 3, mais nous avons restreint ces derniers pour simplifier les multiples résultats. Ainsi, nous rapportons plusieurs effets pour les $PM_{2,5}$ pour lesquelles davantage d'effets délétères sur la santé ont été documentés dans la littérature scientifique. Nous avons limité les effets des autres polluants (c.-à-d. SO_2, NO_2, O_3) aux décès associés à des expositions journalières (aigües).

Tableau 3 Description des mesures d'expositions aux polluants considérés et de leurs effets sur la santé calculés avec l'outil AQBAT/OEBQA

Polluant	Période	Effet sur la santé
$PM_{2,5}$	24 heures	Jours avec symptômes respiratoires aigus Cas de bronchite chronique chez les adultes Jours avec symptômes d'asthme Épisodes de bronchite aigüe chez les enfants[5] Visites aux urgences pour problèmes respiratoires Hospitalisations pour problèmes respiratoires Visites aux urgences pour problèmes cardiaques Hospitalisations pour problèmes cardiaques Mortalité due à l'exposition chronique
NO_2	24 heures	Décès dus à l'exposition aigüe
O_3	Maximum, mesures de 1 heure	Décès dus à l'exposition aigüe
SO_2	24 heures	Décès dus à l'exposition aigüe

La section des résultats présente d'abord les changements dans les concentrations de polluants des divisions de recensement des huit secteurs ciblés pour les scénarios. Bien que les changements de concentrations de polluants aient été présentés dans le livrable précédent produit par Marianne Hatzopoulou et son équipe, ceux inclus dans le présent rapport sont un peu différents, car les niveaux sont agrégés pour les divisions de recensement ciblées (pour lesquelles les impacts sanitaires sont calculés). Ils sont aussi pondérés pour le nombre d'individus exposés. Les impacts sanitaires sont ensuite présentés, sous forme de comptes annuels totaux avec leurs intervalles de confiance à 95 % et de taux par 100 000 habitants[6].

[5] L'outil AQBAT/OEBQA rapporte des épisodes de bronchite aigüe chez les enfants. Ces épisodes correspondent vraisemblablement davantage à bronchiolite, à des pneumonies, à des bronchospasmes ou à des épisodes d'asthme, car la bronchite aigüe est rare chez l'enfant.

[6] Ce sont les estimations centrales (médianes) des impacts les plus probables sur la santé. Les intervalles de confiance ne sont pas disponibles pour les taux.

3 RÉSULTATS

3.1 Concentrations des polluants

Les figures 2 à 6 (p. 8 à 12) présentent les concentrations journalières moyennes annuelles pondérées de polluants[7] dans les huit secteurs ciblés selon les divers scénarios. Les niveaux de $PM_{2,5}$ et de NO_2 initiaux sont plus élevés dans les secteurs de Québec, de Pierre-De Saurel et des Maskoutains[8]; les niveaux de NO_2 de Sherbrooke sont aussi similaires à ceux observés dans ces trois secteurs. Le secteur du Saguenay-et-son-Fjord présente les concentrations pondérées de SO_2 les plus élevées. Dans ce secteur, les niveaux de SO_2 initiaux sont différents selon qu'ils sont basés sur les mesures du réseau de surveillance ou qu'ils sont estimés avec POLAIR3D. En effet, les mesures sont beaucoup plus faibles avec POLAIR3D, possiblement en raison de la localisation de la station de mesures dans ce secteur. La station mesurant le SO_2 dans le secteur du Saguenay-et-son-Fjord pourrait ne pas représenter l'exposition de la majorité de la population[9]. Néanmoins, les estimations basées sur POLAIR3D dans ce secteur sont environ le double des niveaux mesurés ou estimés dans les autres secteurs avec des niveaux non négligeables (c.-à-d. Pierre-De Saurel, Bécancour et Rouyn-Noranda). Les niveaux d'O_3 sont légèrement plus élevés dans les secteurs de Sherbrooke, de Pierre-De Saurel et des Maskoutains.

Des réductions des concentrations journalières annuelles moyennes de $PM_{2,5}$ sont observées avec les scénarios de réduction de la combustion résidentielle du bois (scénario 1 et scénario 5). Une réduction d'environ 30 % des concentrations de $PM_{2,5}$ est observée dans presque tous les secteurs pour le scénario impliquant l'utilisation généralisée d'appareils certifiés EPA (scénario 1). Le secteur du Témiscamingue est le seul où la réduction est moins prononcée (environ 15 %). Le scénario excluant la combustion résidentielle du bois en milieu urbain (scénario 5) est associé à des réductions de $PM_{2,5}$ similaires à celles du scénario avec appareils certifiés EPA (scénario 1), mais uniquement dans les secteurs de Québec, de Sherbrooke, du Saguenay-et-son-Fjord et de Rouyn-Noranda. Dans les autres secteurs, les diminutions sont moins marquées et une augmentation est même notée au Témiscamingue avec ce scénario[10]. Des diminutions de $PM_{2,5}$, plus faibles (environ 15 %) que celles des scénarios de combustion du bois, sont observées avec le scénario sans émissions de l'agriculture (scénario 2) dans les secteurs de Bécancour et du Témiscamingue. Cependant, les concentrations journalières moyennes annuelles initiales (avant l'application de scénarios) ne sont pas élevées au Témiscamingue.

Les scénarios sont associés à peu de variation des concentrations journalières annuelles moyennes d'ozone dans les différents secteurs d'intérêt. Le scénario abolissant les émissions industrielles (scénario 3) est associé à une réduction marquée des concentrations journalières annuelles moyennes de SO_2 (entre 60 % et 80 %) dans les secteurs industriels de Bécancour, de Pierre-De Saurel, de Rouyn-Noranda et du Saguenay-et-son-Fjord. Les diminutions basées sur les deux approches d'estimation (c.-

7 Concentrations centrées sur 2016 (ou 2014 pour le SO_2 des stations de mesures).

8 La région de Montréal, qui n'est pas incluse dans ce rapport, présente des concentrations de ces polluants plus élevées que dans ces secteurs.

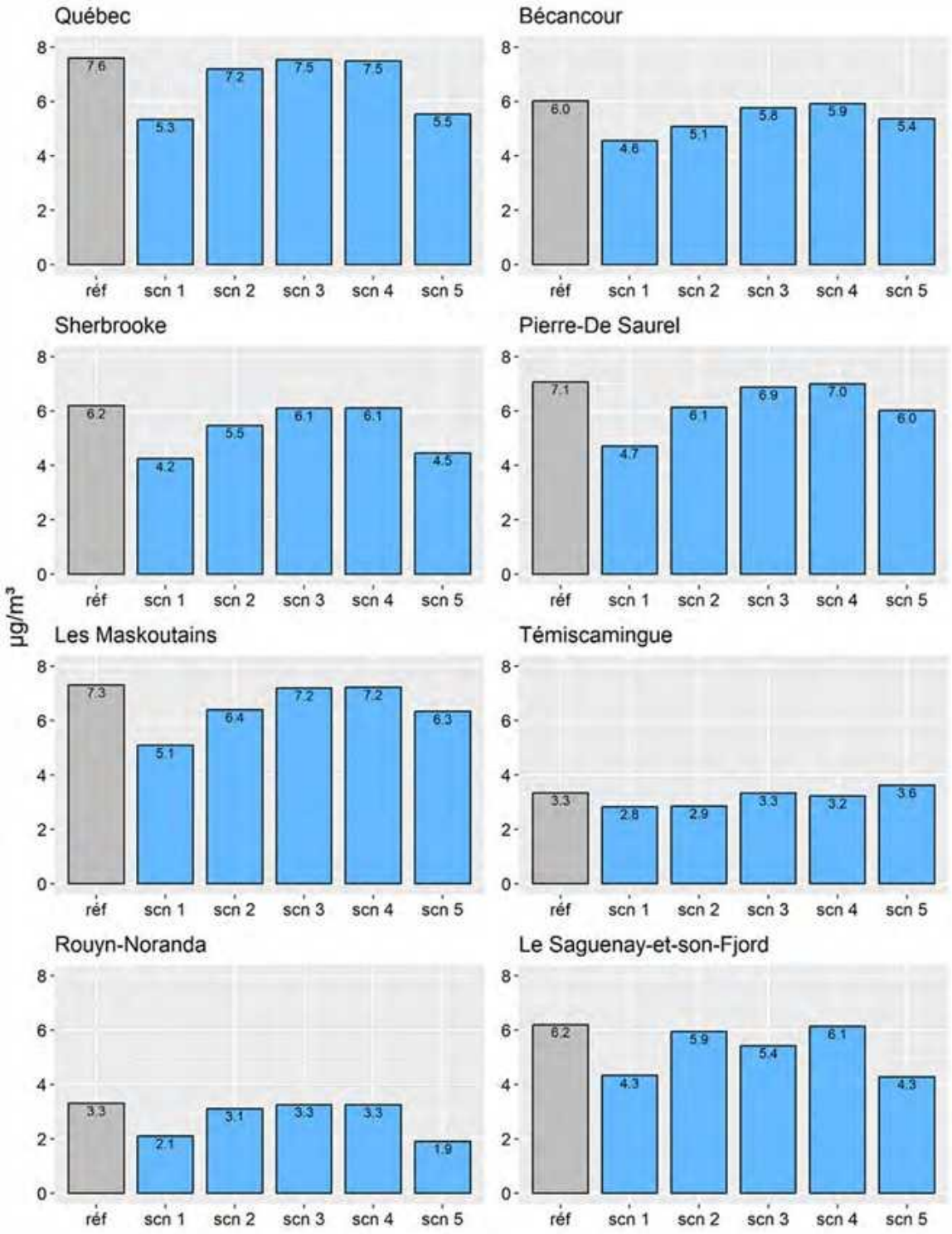
9 Il est peu probable que la différence soit associée à l'année (c.-à-d. mesures de 2014 et estimations de POLAIR3D pour 2016), car les concentrations de SO_2 mesurées étaient similaires en 2014 et en 2016.

10 Cette augmentation est associée aux processus chimiques dans l'atmosphère et est discutée dans le livrable précédent.

à-d. POLAIR3D et mesures) sont cohérentes, même si les concentrations initiales sont différentes (puisque les mêmes changements de concentrations ont été appliqués aux estimations de POLAIR3D et aux mesures).

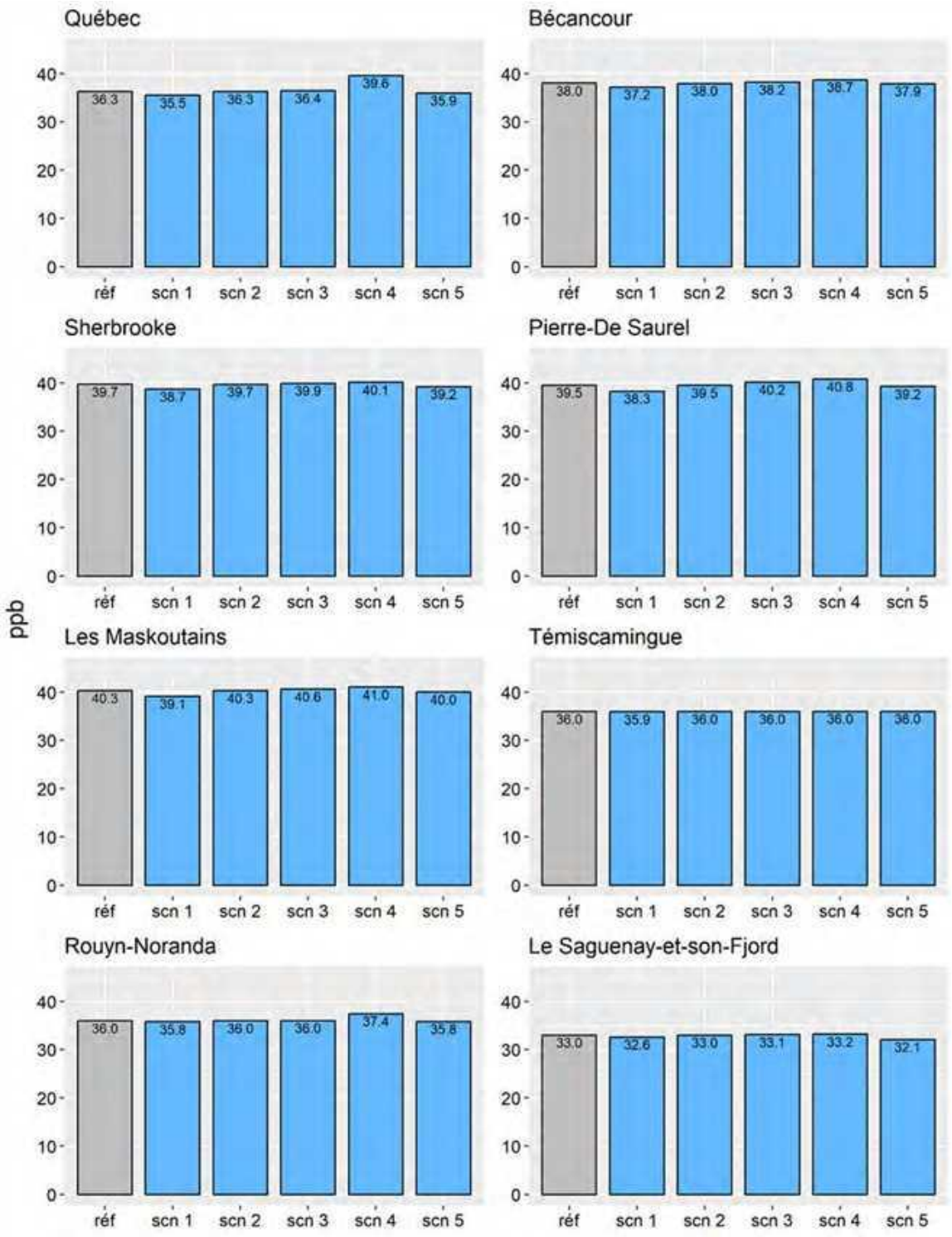
On note une réduction importante (50 %) du NO_2 avec le scénario sans émissions hors-route (scénario 4) dans le secteur de Rouyn-Noranda. Cependant, les niveaux initiaux de NO_2 dans ce secteur sont faibles. En effet, les concentrations initiales de NO_2 dans le secteur de Rouyn-Noranda sont plus faibles que celles après le scénario sans émissions hors-route dans le secteur de Québec, où une diminution d'environ 15 % est notée.

Figure 2 Concentrations journalières annuelles moyennes de $PM_{2,5}$[11]



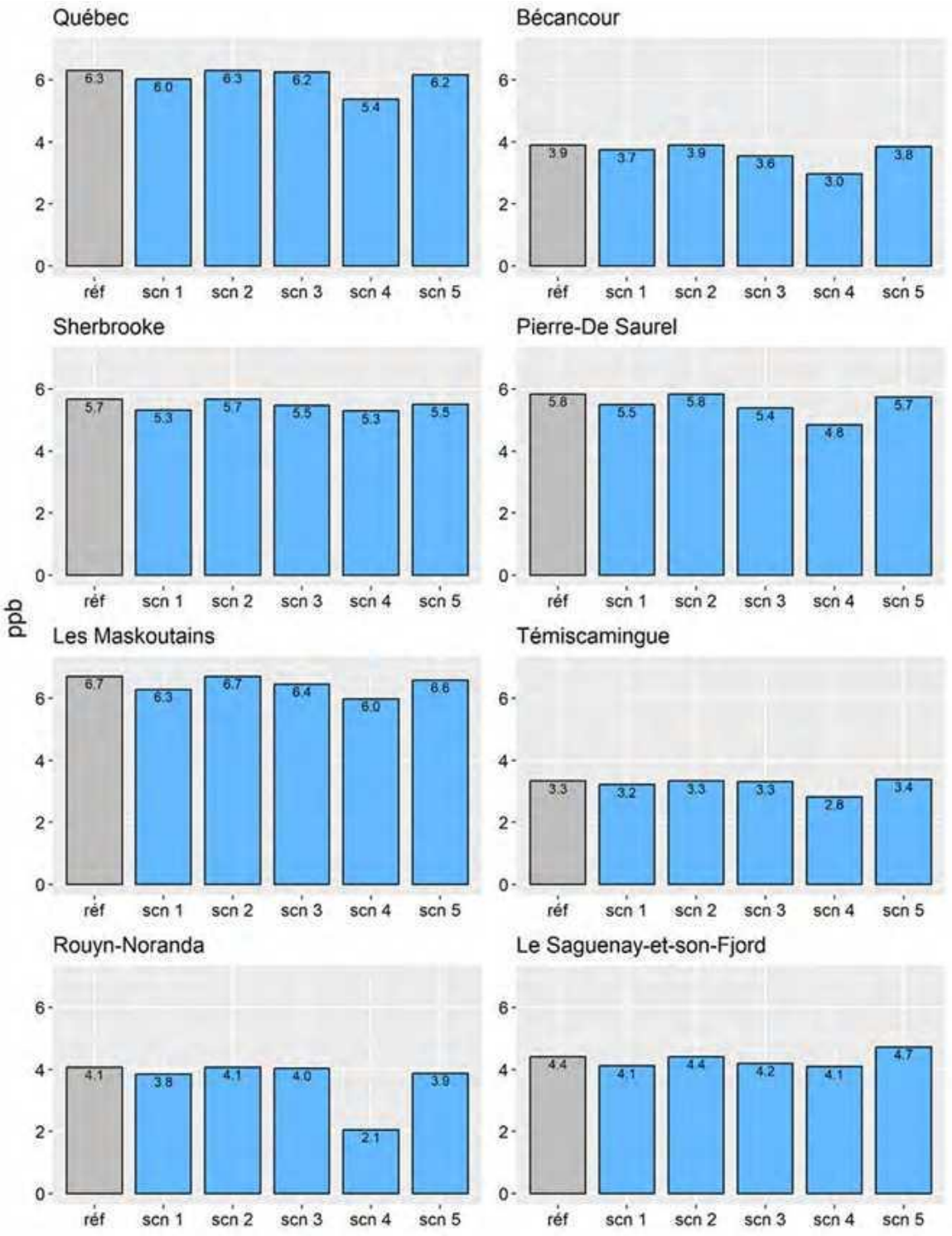
[11] Concentrations de référence (ref) de 2016.

Figure 3 Concentrations journalières annuelles moyennes d'ozone[12]



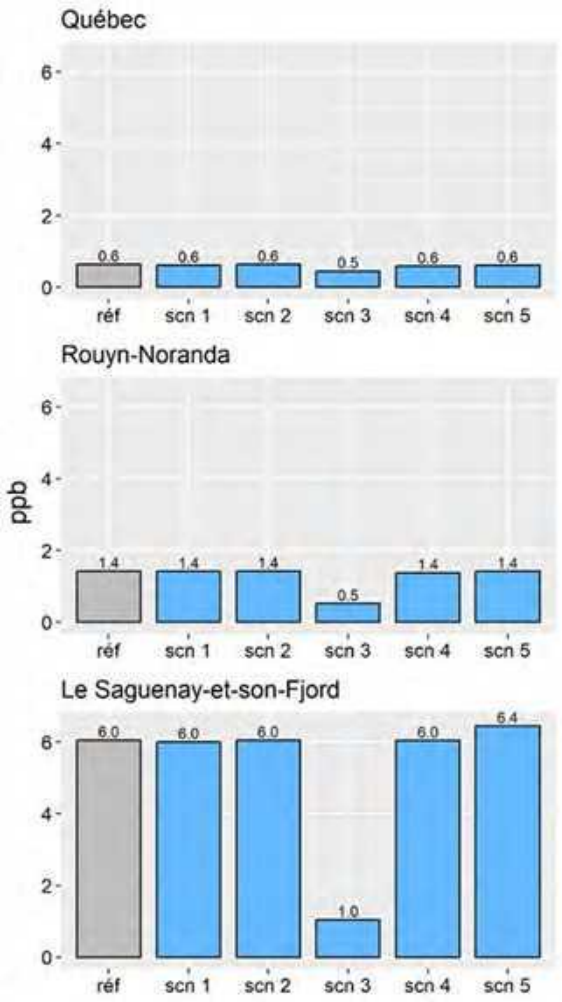
[12] Concentrations de référence (ref) basées sur les données de 2014 à 2017.

Figure 4 Concentrations journalières annuelles moyennes de NO_2[13]



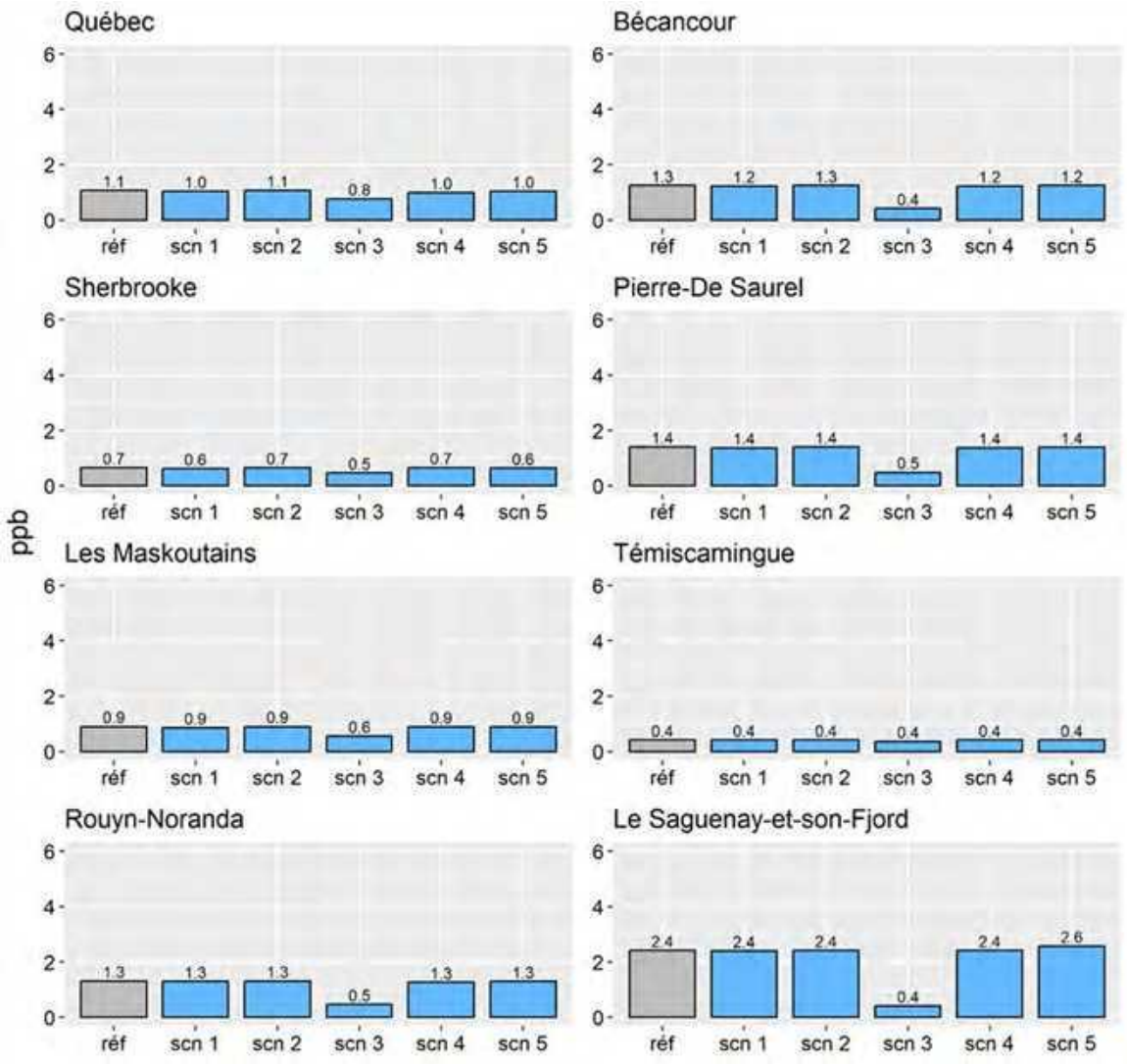
[13] Concentrations de référence (ref) basées sur les données de 2015 à 2017.

Figure 5 Concentrations journalières annuelles moyennes de SO_2 basées sur les mesures du réseau de surveillance[14]



[14] Concentrations de référence (ref) basées sur les données de 2014.

Figure 6 Concentrations journalières annuelles moyennes de SO_2 estimées avec POLAIR3D[15]



[15] Concentrations de référence (ref) estimées pour l'année 2016.

3.2 Impacts sanitaires des scénarios

Les décès associés à l'exposition chronique aux $PM_{2,5}$ résultants des différents scénarios sont présentés à la figure 7 (p. 15-16) (nombres totaux annuels et taux pour 100 000 individus). Pour alléger la présentation des résultats, les autres effets associés à l'exposition chronique aux $PM_{2,5}$ (c.-à-d. jours de symptômes respiratoires et d'asthme, bronchite chronique chez l'adulte et aigüe chez l'enfant, visites aux urgences et hospitalisations pour problèmes respiratoires et cardiaques) sont présentés en annexe (figures A1 à A8).

Comme nous l'avions rapporté dans le rapport de l'hiver 2023 sur les impacts sanitaires des polluants de l'air (niveaux de référence) dans les secteurs du Québec, les effets annuels en nombres absolus sont plus élevés dans les secteurs les plus peuplés, soit Québec, Saguenay-et-son-Fjord, les Maskoutains et Sherbrooke[16]. Néanmoins, les secteurs présentant les taux d'effets par 100 000 individus les plus élevés varient selon le polluant. Les taux d'impacts sanitaires associés à l'exposition aux $PM_{2,5}$ les plus élevés (parmi les huit secteurs ciblés) sont pour les secteurs de Québec, de Pierre-De Saurel et des Maskoutains, et ce, peu importe l'effet de santé estimé. Les taux annuels de certains effets des $PM_{2,5}$ dans ces secteurs sont trois à cinq fois plus élevés que dans les secteurs de Rouyn-Noranda et de Témiscamingue. En effet, ces deux secteurs présentent les taux de décès associés à l'exposition chronique aux $PM_{2,5}$ les plus faibles de tous les secteurs. Cependant, ces effets sont pour les $PM_{2,5}$ sans égard à leur composition. Ils sont inadéquats pour estimer les effets relevant de métaux spécifiques dans l'air de ces secteurs[17].

Les taux de mortalité annuels associés à l'exposition aigüe aux polluants gazeux (O_3, NO_2 et SO_2) sont beaucoup plus faibles que ceux associés à l'exposition chronique aux $PM_{2,5}$. Le taux annuel de mortalité associé à l'exposition aigüe à l'O_3 est néanmoins plus élevé pour le secteur de Pierre-De Saurel, comparativement aux autres secteurs; le plus faible étant associé au secteur du Saguenay-et-de-son-Fjord (figure 8 p. 17). Les taux de mortalité associés à l'exposition aigüe à l'O_3 sont souvent le double (et plus) de ceux associés à l'exposition aigüe au NO_2 (figure 9 p. 18). Ceux associés à l'exposition aigüe au NO_2 sont, pour leur part, plus élevés que ceux associés à l'exposition au SO_2 (figures 9, 10 et 11 p. 19 à 23), sauf pour le secteur du Saguenay-et-son-Fjord où ils sont similaires lorsque basés sur les mesures de SO_2 (environ 2,5 décès pour 100 000 individus).

Les scénarios 1 et 5 portant sur la combustion du bois (certification EPA et abolition en milieu urbain) sont ceux qui influencent le plus les effets des $PM_{2,5}$, et ce, peu importe l'effet estimé (figures 7 p. 15-16 et A1 à A8 en annexe). La réduction des effets de santé (nombres annuels et taux) est généralement plus prononcée avec tous les appareils de combustion du bois certifiés EPA (scénario 1), variant entre environ 30 % et environ 80 %. C'est à Rouyn-Noranda que la certification des appareils de combustion a le plus d'impacts. Cependant, au Témiscamingue, l'abolition de la combustion du bois en milieu urbain (c.-à-d. dans les RMR et AR, scénario 5) induit une augmentation de 15 % des décès associés à l'exposition chronique aux $PM_{2,5}$. De plus, l'abolition de la combustion du bois en milieu urbain et la

[16] Des régions avec de grandes populations comme celle de Montréal présentent évidemment des nombres de décès annuels plus importants, mais ces régions ne sont pas considérées dans le présent rapport.

[17] Cela s'applique à presque toutes les études épidémiologiques sur les effets des $PM_{2,5}$ et illustre leurs limites actuelles pour estimer les risques sanitaires.

certification EPA (scénario 1) entraînent respectivement une réduction relative de la mortalité similaire à celle de l'abolition des émissions agricoles (scénario 2) dans le secteur des Maskoutains et du Témiscamingue[18]. Il importe de mentionner que les nombres estimés sont parfois petits et qu'il existe une variabilité notable pour certains effets. Les résultats basés sur les estimations centrales issues de l'outil AQBAT/OEBQA sont intéressants pour comprendre les tendances et l'influence des scénarios, mais les chiffres et les taux doivent être considérés comme imprécis.

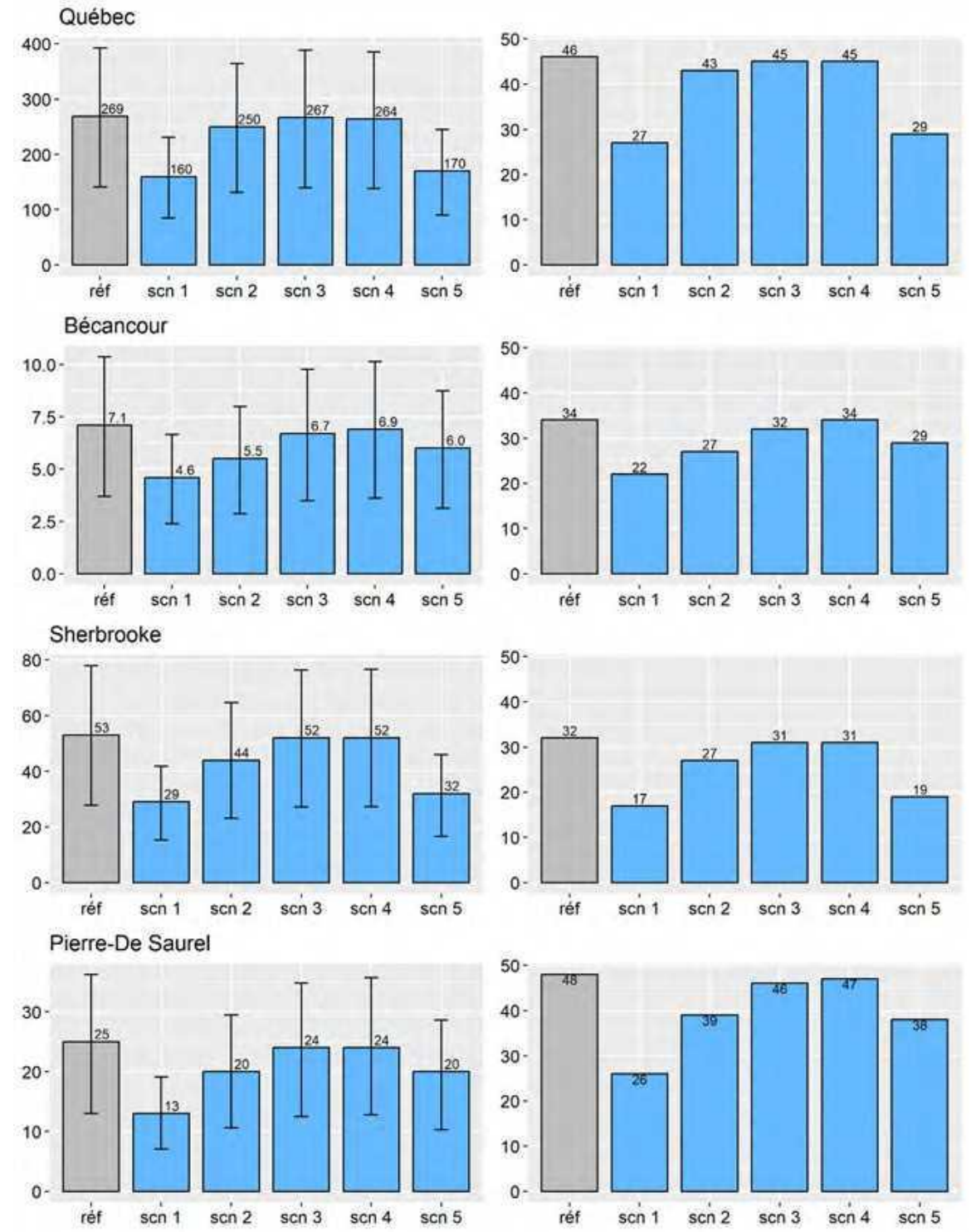
Les scénarios ont peu d'impacts sur la mortalité associée à l'exposition aigüe à l'O_3 et au NO_2. L'impact le plus prononcé est observé dans le secteur de Québec, avec une augmentation d'environ 30 % des décès annuels et des taux de décès associés à l'O_3 avec le scénario sans émissions de véhicules hors-route (scénario 4). Des diminutions de moins de 20 % des décès annuels et des taux de décès associés à l'exposition au NO_2 sont observées dans tous les secteurs pour le scénario sans émissions hors-route (scénario 4), sauf dans le secteur de Rouyn-Noranda où une diminution plus importante (environ 50 %) est notée, mais cette diminution s'applique à des nombres de décès annuels et des taux de décès initiaux associés à l'exposition aigüe au NO_2 qui sont très faibles.

Le scénario associé à l'abolition des activités industrielles (scénario 3) a des impacts relatifs importants sur les décès annuels et sur les taux de décès associés à l'exposition aigüe au SO_2 (d'environ 50 % à environ 80 % de réduction) dans les secteurs du Saguenay-et-son-Fjord, de Rouyn-Noranda, de Pierre-De Saurel et de Bécancour. Cependant, comme mentionné précédemment, les impacts absolus associés à cette exposition sont beaucoup moins importants que ceux associés à l'exposition chronique aux $PM_{2,5}$. Ce scénario réduit aussi, mais de façon moins importante (environ 20 %), les impacts de l'exposition chronique aux $PM_{2,5}$ dans le secteur du Saguenay-et-son-Fjord. Dans ce secteur, la réduction du nombre de décès annuels associés à l'exposition aigüe au SO_2 est de moins de trois décès; celle associée aux $PM_{2,5}$ est de 10 décès. On remarque que la réduction de 20 % des impacts de l'exposition chronique aux $PM_{2,5}$ induit une réduction absolue plus grande de décès annuels que la réduction de 90 % des impacts de l'exposition aigüe au SO_2.

En somme, les impacts évités sont plus importants pour ceux de l'exposition chronique aux $PM_{2,5}$. De plus, les pourcentages d'impacts évités suivent généralement les mêmes tendances que celles des réductions des concentrations de polluants des scénarios (section 3.1). Cependant, dans certains secteurs comme à Rouyn-Noranda, le changement de la concentration de polluants comme la réduction de 50 % des $PM_{2,5}$, associée au scénario avec appareils de combustion du bois certifiés EPA (scénario 1), a des impacts beaucoup plus prononcés (c.-à-d. réduction des taux de décès de 90 %).

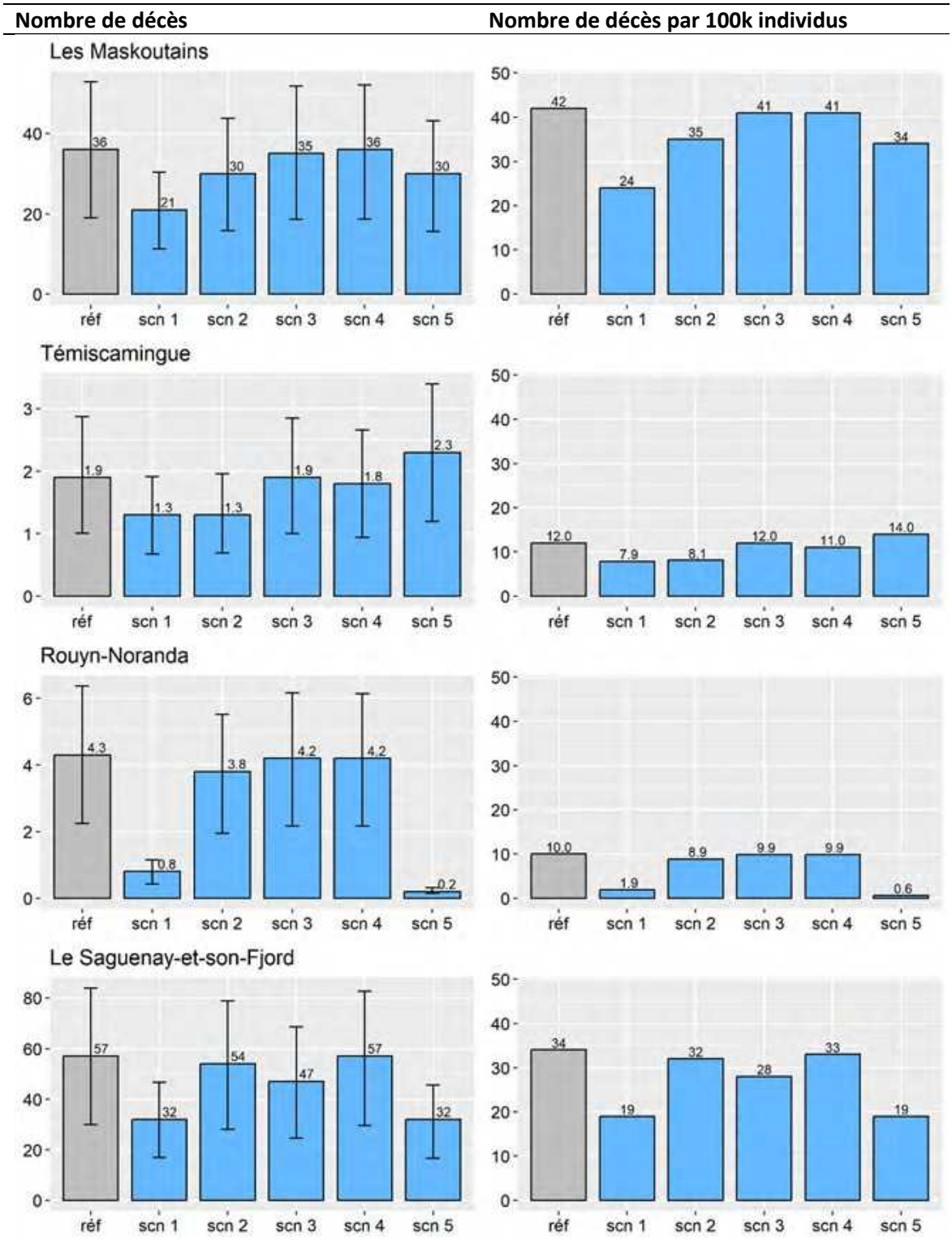
[18] Les scénarios modélisés sont extrêmes et permettent de déceler des tendances. L'abolition des activités agricoles n'est pas souhaitable, mais leurs émissions pourraient être mieux contrôlées.

Figure 7 Mortalité annuelle due à l'exposition chronique aux $PM_{2,5}$[19]



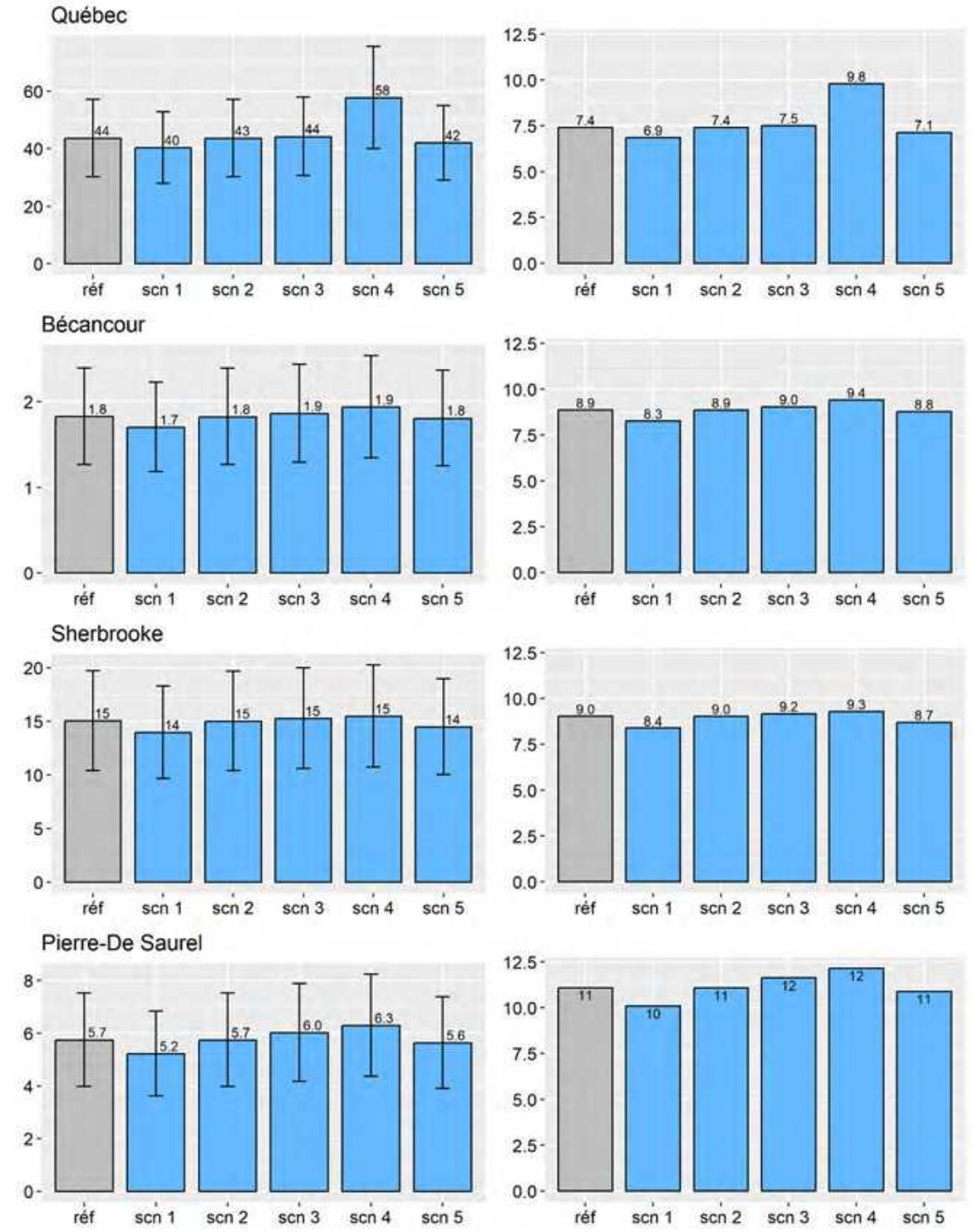
[19] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure 7 Mortalité annuelle due à l'exposition chronique aux $PM_{2,5}$ (suite)[20]



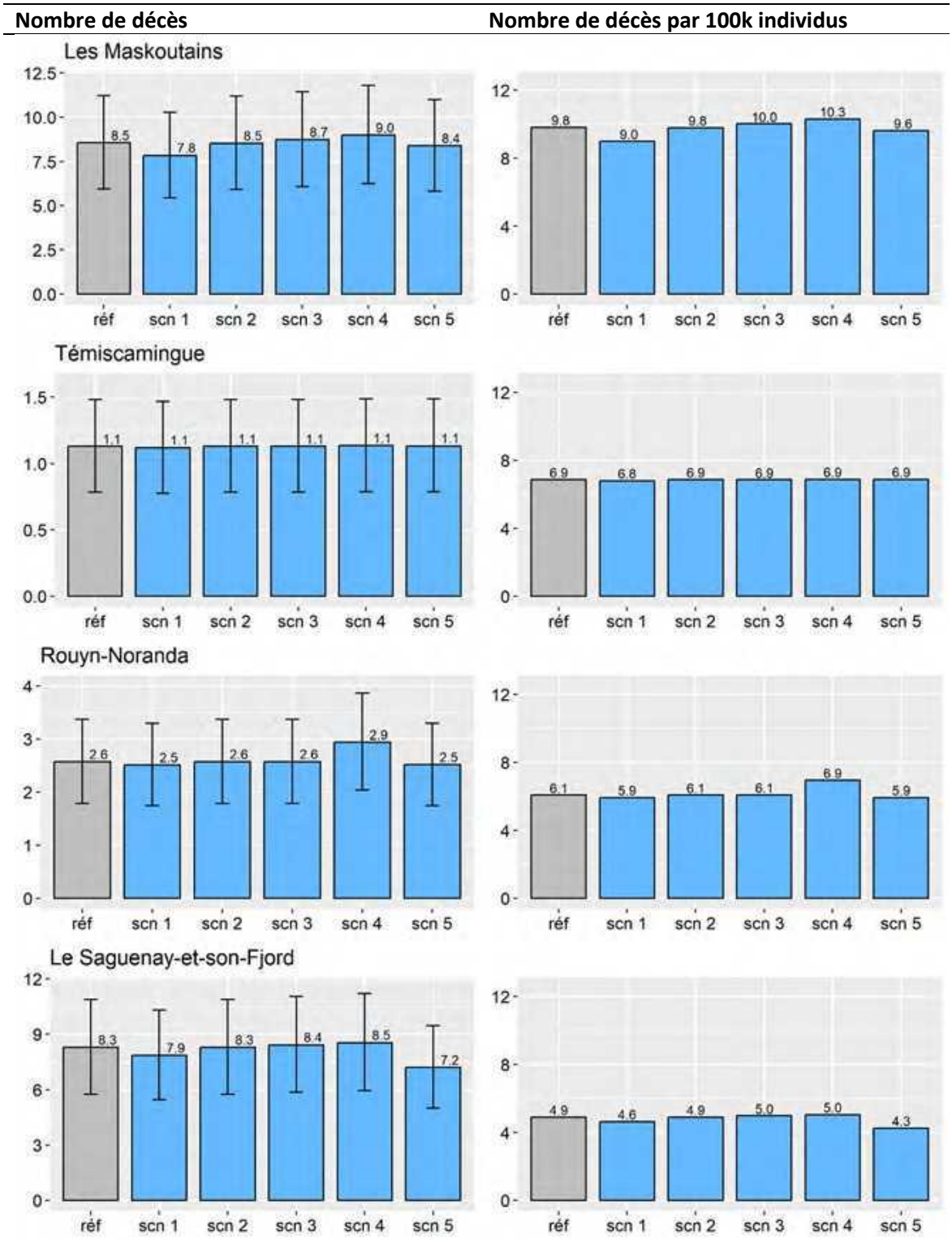
[20] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure 8 Mortalité annuelle due à l'exposition aigüe à l'O_3[21]



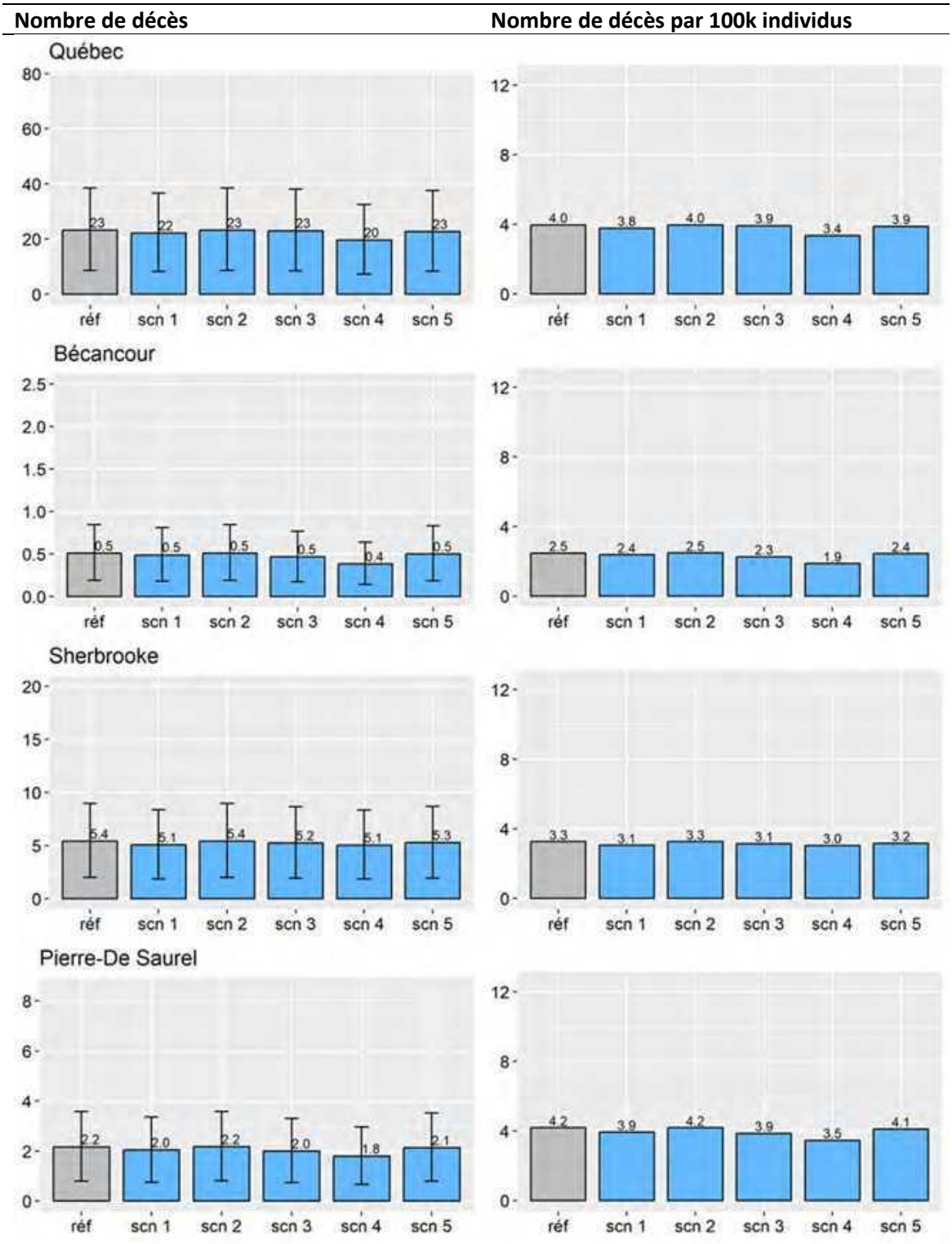
[21] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure 8 Mortalité annuelle due à l'exposition aigüe à l'O_3 (suite)[22]



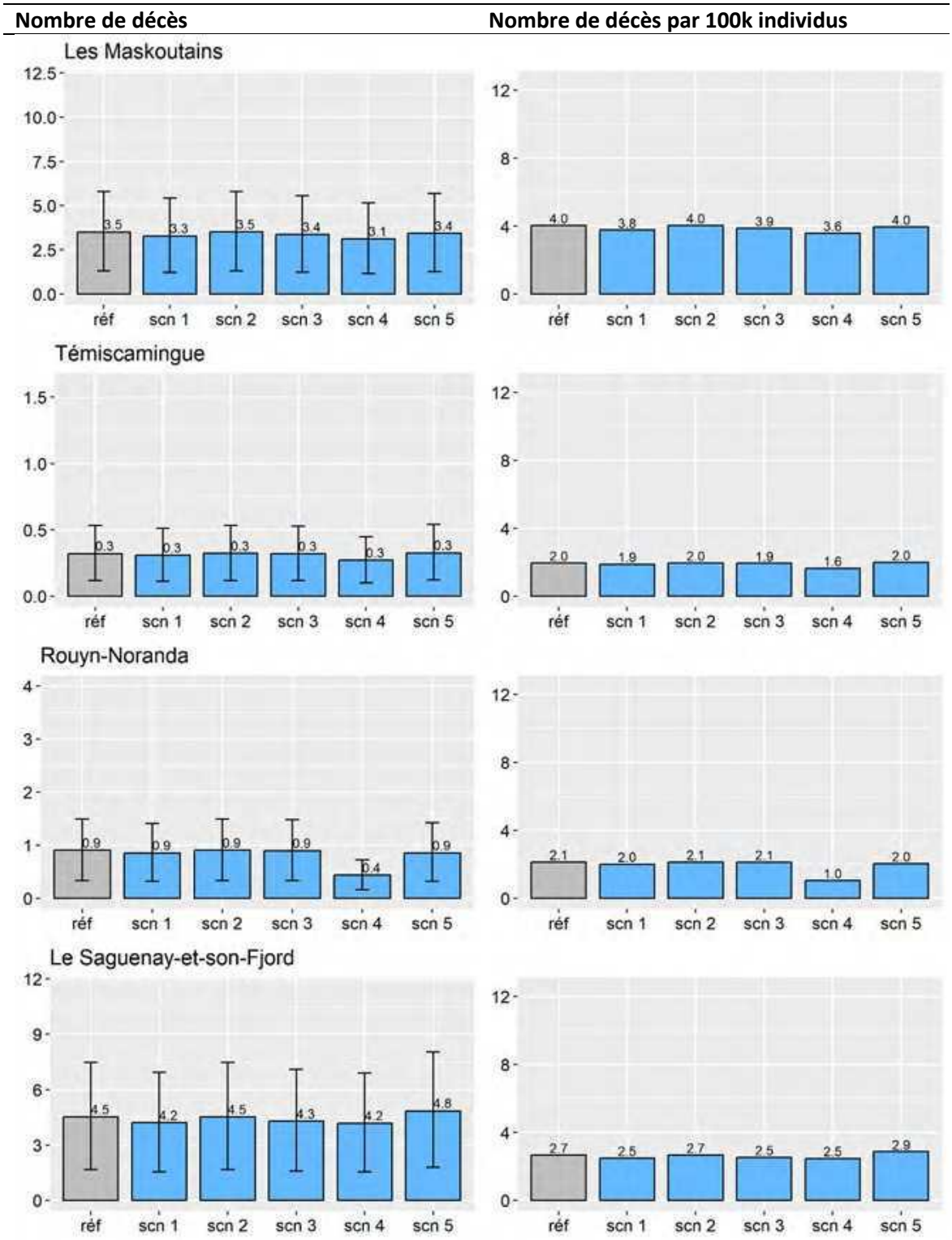
[22] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure 9 Mortalité annuelle due à l'exposition aigüe au NO_2[23]



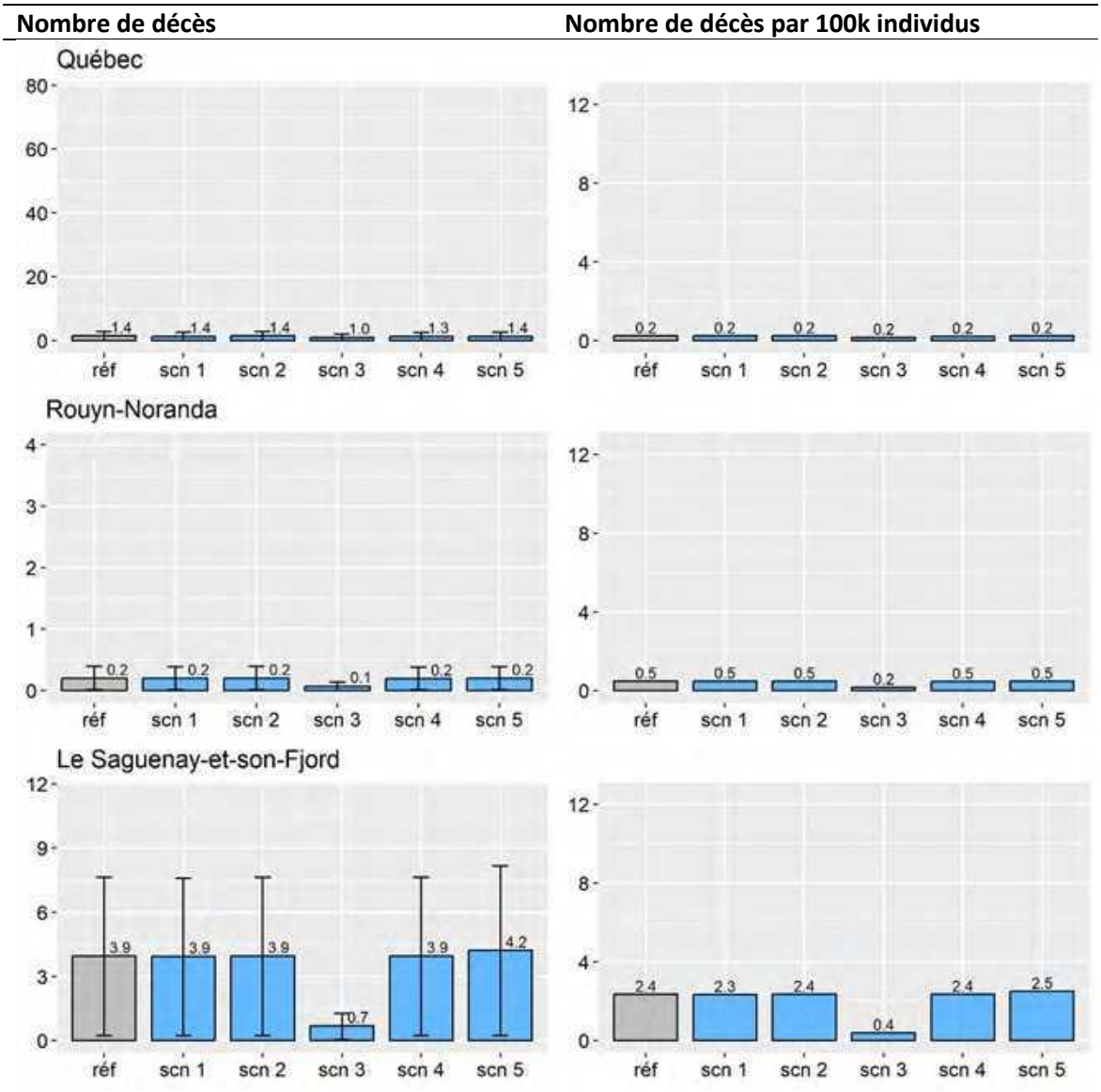
[23] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure 9 Mortalité annuelle due à l'exposition aigüe au NO_2 (suite)[24]



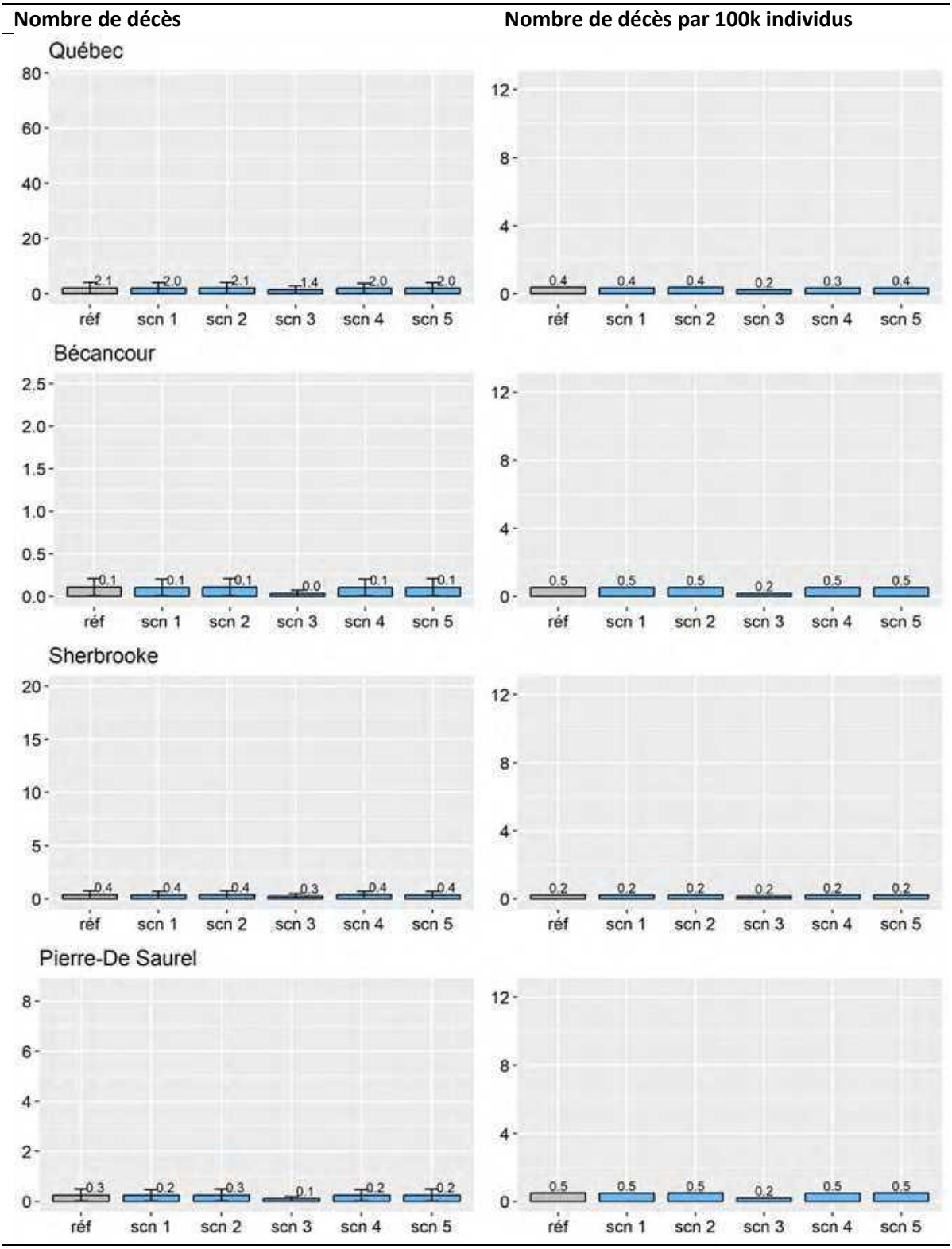
[24] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure 10 Mortalité annuelle due à l'exposition aigüe au SO_2 mesuré aux stations d'échantillonnage[25]



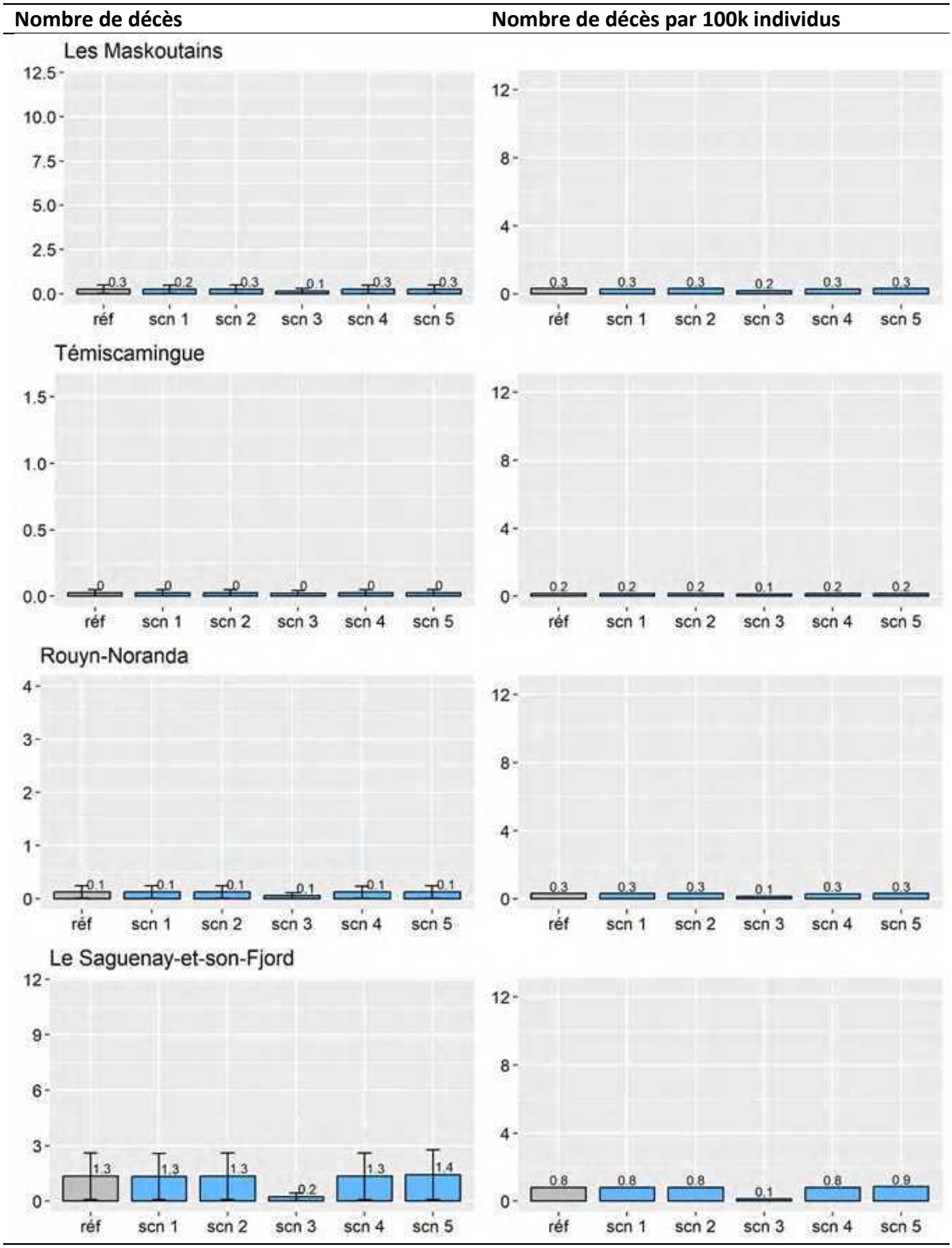
[25] L'année de référence (ref) est 2014.

Figure 11 Mortalité annuelle due à l'exposition aigüe au SO_2 estimée avec POLAIR3D[26]



[26] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure 121 Mortalité annuelle due à l'exposition aigüe au SO_2 estimée avec POLAIR3D (suite)[27]



[27] L'année de référence (ref) est 2016.

4 DISCUSSION

Nous avons utilisé l'outil AQBAT/OEBQA pour estimer les impacts de divers scénarios visant à réduire les concentrations de polluants. Nous avons observé que les scénarios induisant les plus grands pourcentages de changement des concentrations de polluants pondérées pour la population sont ceux associés à l'atténuation des émissions de la combustion du bois (particulièrement la certification des appareils de combustion) et celui abolissant les émissions industrielles. Ces scénarios réduisent les impacts sanitaires, notamment en raison de la réduction des concentrations de $PM_{2,5}$ qui induisent plus de décès et autres impacts sur la santé que les autres polluants. Le scénario abolissant les émissions industrielles réduit aussi les impacts associés à l'exposition aigüe au SO_2, mais en nombre absolu, ces impacts sont faibles.

Les informations issues de l'outil AQBAT/OEBQA sont intéressantes pour comprendre l'influence des scénarios sur les impacts sanitaires. Cependant, elles sont imprécises, notamment parce que les taux de problèmes de santé nécessaires au calcul des impacts ne sont pas spécifiques au Québec et à ses régions. Il existe des différences non négligeables dans les taux de certains effets de santé entre les régions du Québec qui pourraient influencer, voir sous-estimer les effets rapportés. Par exemple, les secteurs de Pierre-De Saurel et du Saguenay-et-son-Fjord auraient des taux de prévalence d'asthme et d'utilisation de services de santé pour problèmes respiratoires plus importants que la moyenne provinciale et ces différences ne sont pas considérées dans les calculs des résultats du présent rapport (les taux utilisés étant identiques pour tous les secteurs et basés sur des données canadiennes). De plus, les nombres estimés sont petits et une variabilité importante dans les estimations est notée. De ce fait, les chiffres absolus et les taux doivent être considérés comme imprécis. Les résultats à considérer ne sont donc pas les chiffres absolus et les taux, mais plutôt les tendances associées aux scénarios.

L'outil AQBAT/OEBQA n'inclut pas de calculs d'impacts des composés organiques volatiles (COV). L'impact de la modification des concentrations de COV est cependant considéré dans nos travaux de façon indirecte, car les COV influencent les concentrations de tous les polluants pour lesquels les impacts sont calculés. L'outil n'inclut pas non plus de calculs d'impacts de polluants toxiques spécifiques comme les métaux. En réalité, il existe peu d'estimations des associations avec les métaux qui pourraient être incluses dans l'outil. Les évidences scientifiques sur les effets respiratoires de l'exposition aux métaux dans l'air chez l'humain proviennent surtout d'études en milieu de travail.

Les concentrations de polluants issus de POLAIR3D sont imparfaites et incluent des biais (voir livrable de Hatzopoulou *et al.* de l'été 2023). Cependant, nous n'avons pas utilisé directement les concentrations de polluants de POLAIR3D pour estimer les impacts sanitaires des scénarios. Nous avons appliqué les pourcentages de changements des concentrations de POLAIR3D associés aux scénarios et aux concentrations de polluants retrouvées dans l'outil AQBAT/OEBQA. Même si des erreurs demeurent dans les pourcentages de changements et dans les bénéfices sanitaires qui en découlent, les résultats sont utiles pour illustrer les tendances associées aux scénarios qui ont été appliqués.

Les informations présentées dans ce rapport pourraient être améliorées avec l'utilisation de données d'émissions de la combustion du bois issues de sondages récents et financés par le ministère de

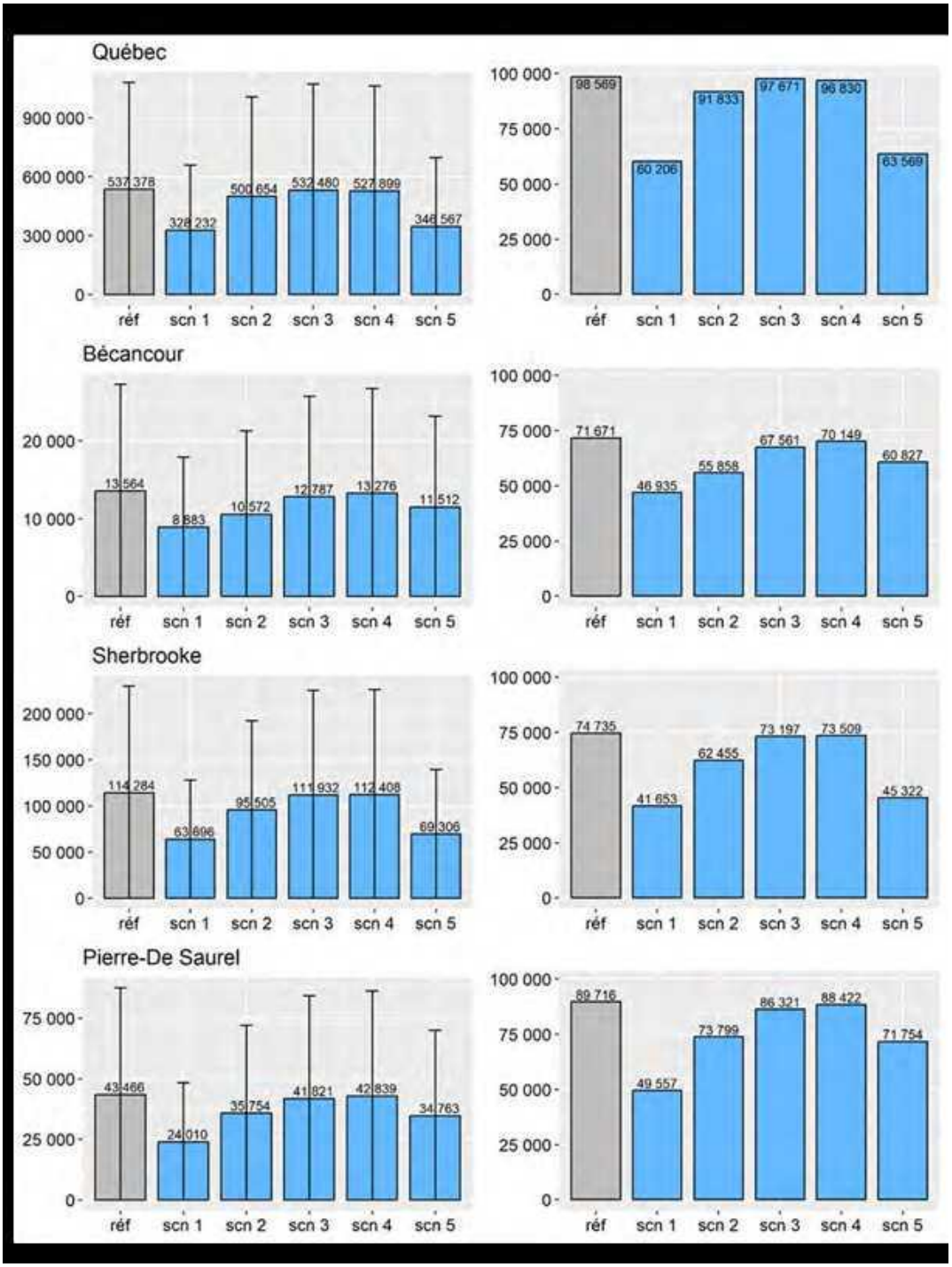
l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs ainsi que le ministère de la Santé et des Services sociaux. Les concentrations de polluants de POLAIR3D que nous avons utilisées sont basées sur les émissions d'Environnement et Changement climatique Canada, qui sont beaucoup moins précises spatialement que celles de l'inventaire d'émissions que nous avons récemment développé. Bien qu'il soit peu probable que les conclusions de nos travaux diffèrent avec l'utilisation de ces nouvelles données, nos travaux futurs permettront de préciser l'impact des émissions de la combustion du bois.

5 CONCLUSION

Afin de réduire les impacts de la pollution de l'air dans les huit secteurs ciblés de la province de Québec, il est important de cibler la réduction des $PM_{2,5}$, car ces dernières présentent le plus d'impacts sanitaires. Les scénarios qui réduiraient le plus les impacts des $PM_{2,5}$ dans les secteurs ciblés sont ceux en lien avec la combustion résidentielle du bois. La réduction des émissions industrielles pourrait aussi contribuer à améliorer la santé dans certains secteurs de la province comme dans le secteur du Saguenay-et-son-Fjord, mais les bénéfices d'une telle réduction seraient moindres que ceux associés au contrôle des émissions de la combustion du bois, et ce, même dans ce secteur.

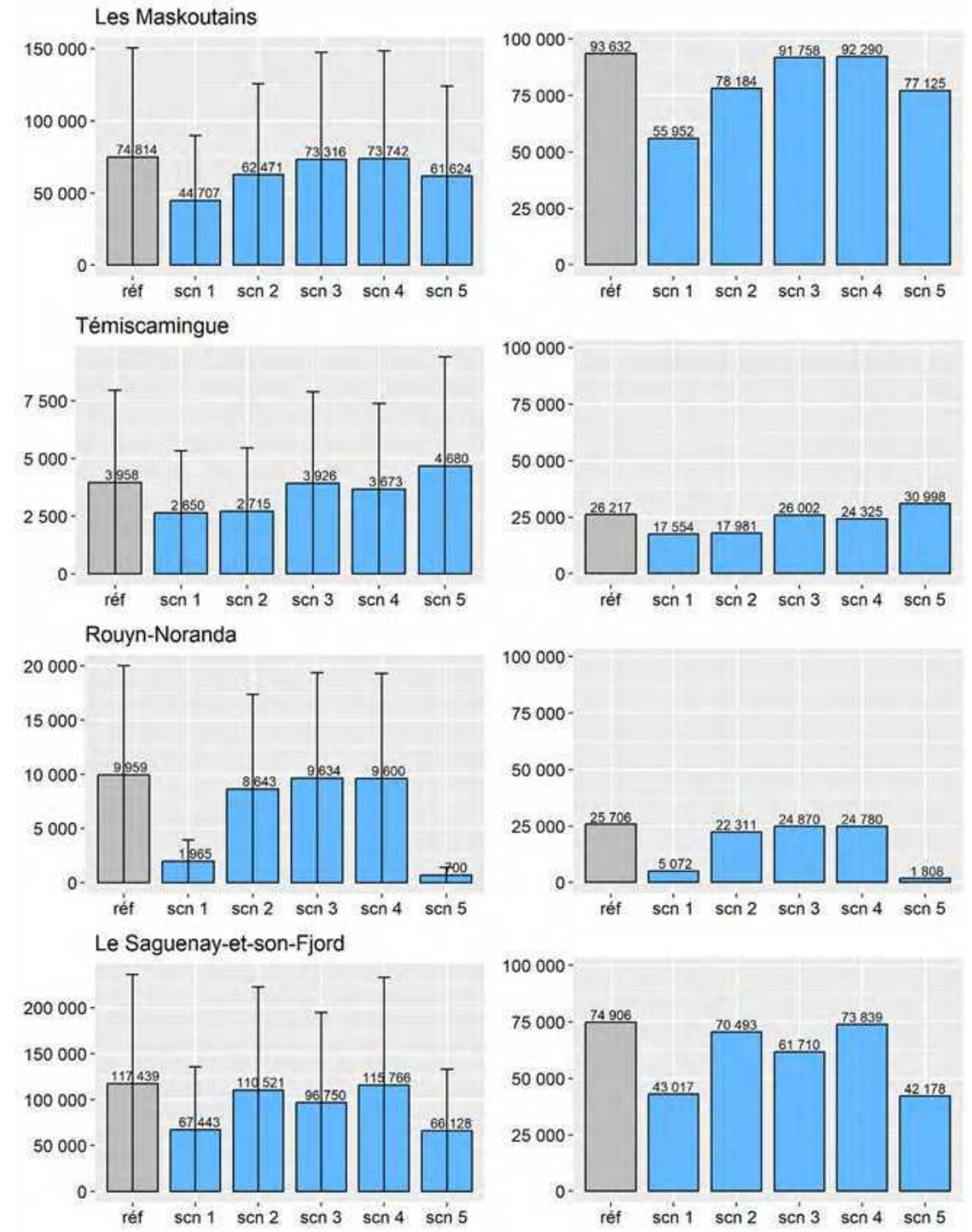
ANNEXE 1 AUTRES EFFETS DE L'EXPOSITION CHRONIQUE AUX $PM_{2,5}$

Figure A1 Jours annuels avec symptômes respiratoires aigus[28]



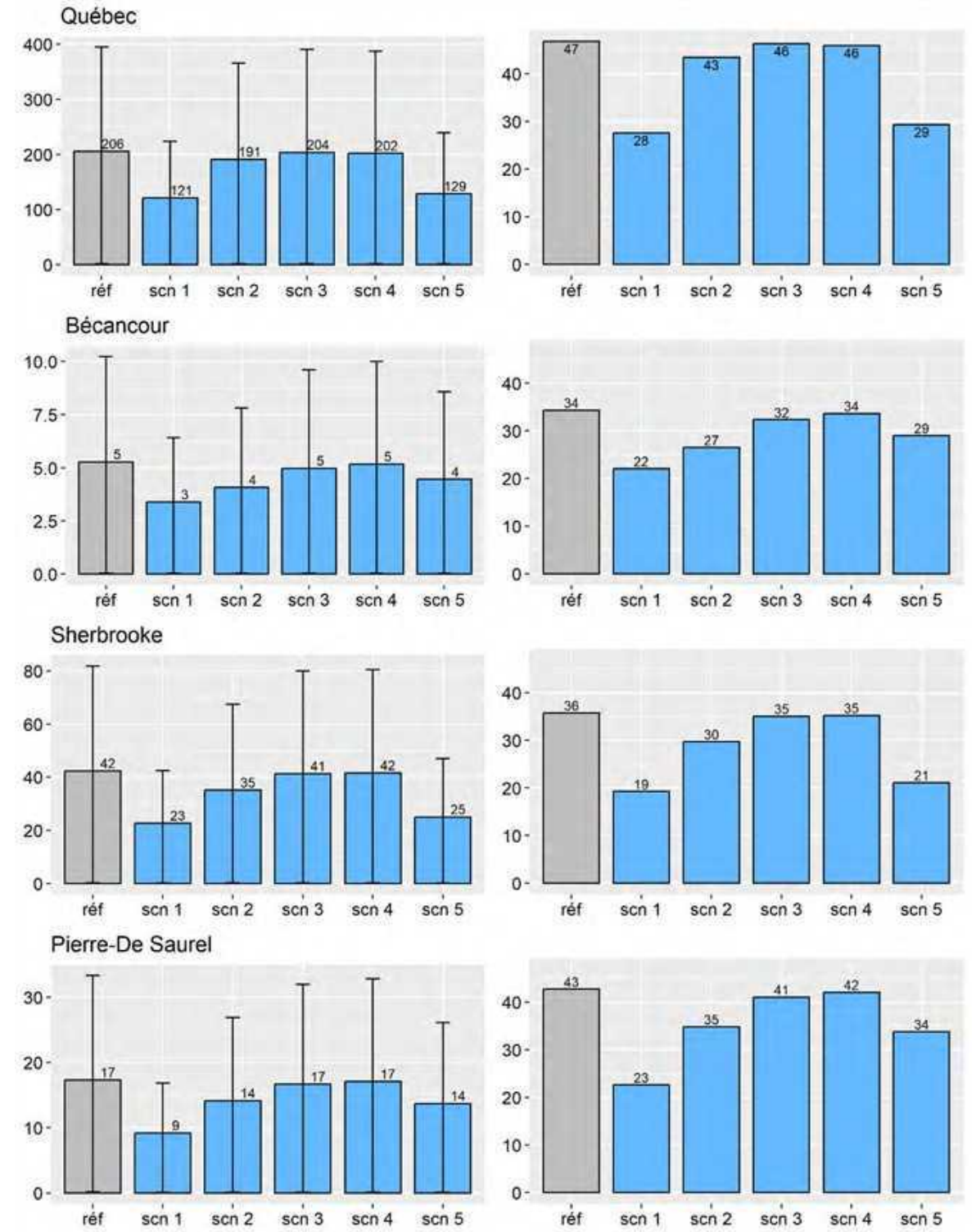
[28] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure A1 Jours annuels avec symptômes respiratoires aigus (suite)[29]



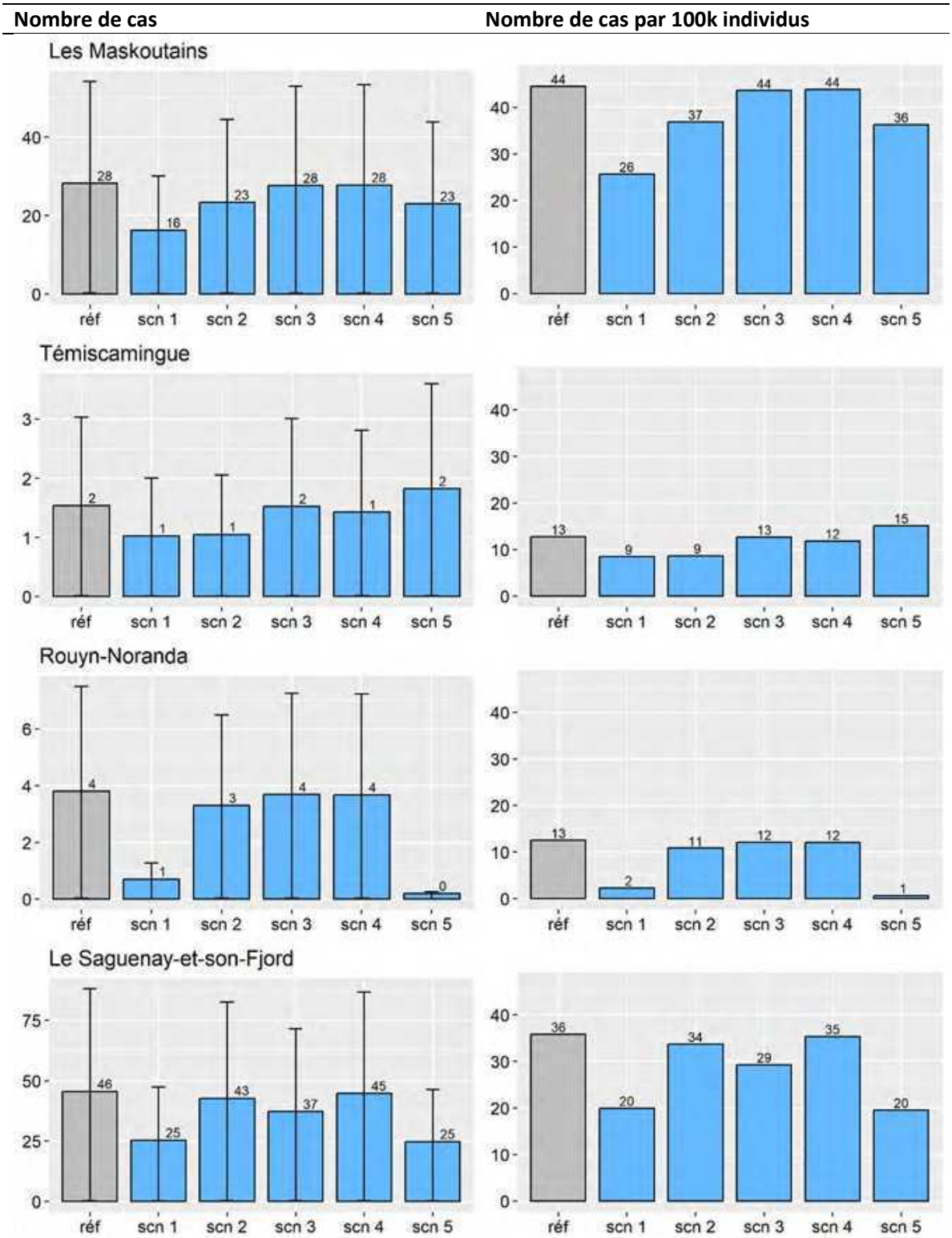
[29] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure A2 Cas annuels de bronchite chronique chez les adultes[30]



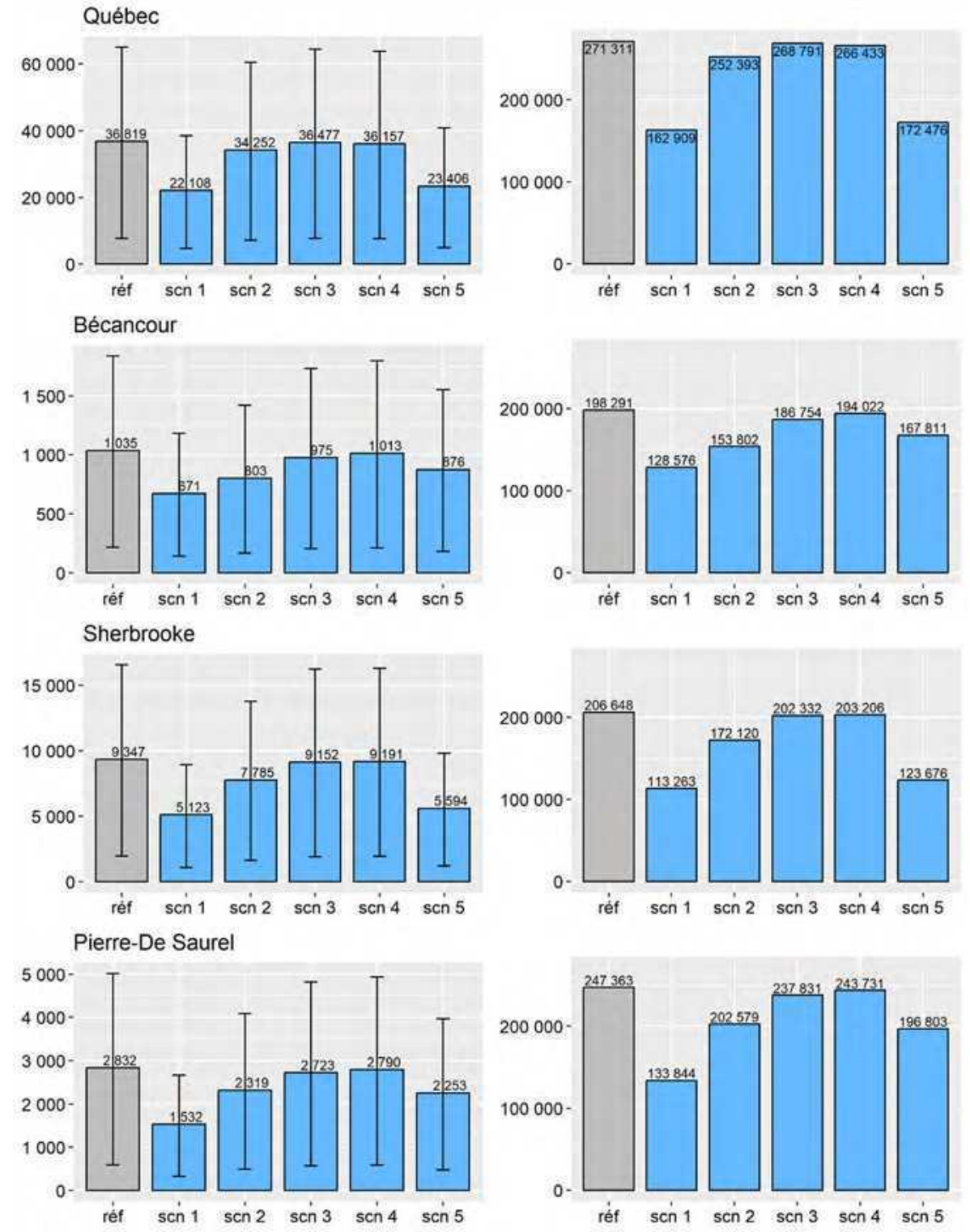
[30] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure A2 Cas annuels de bronchite chronique chez les adultes (suite)[31]



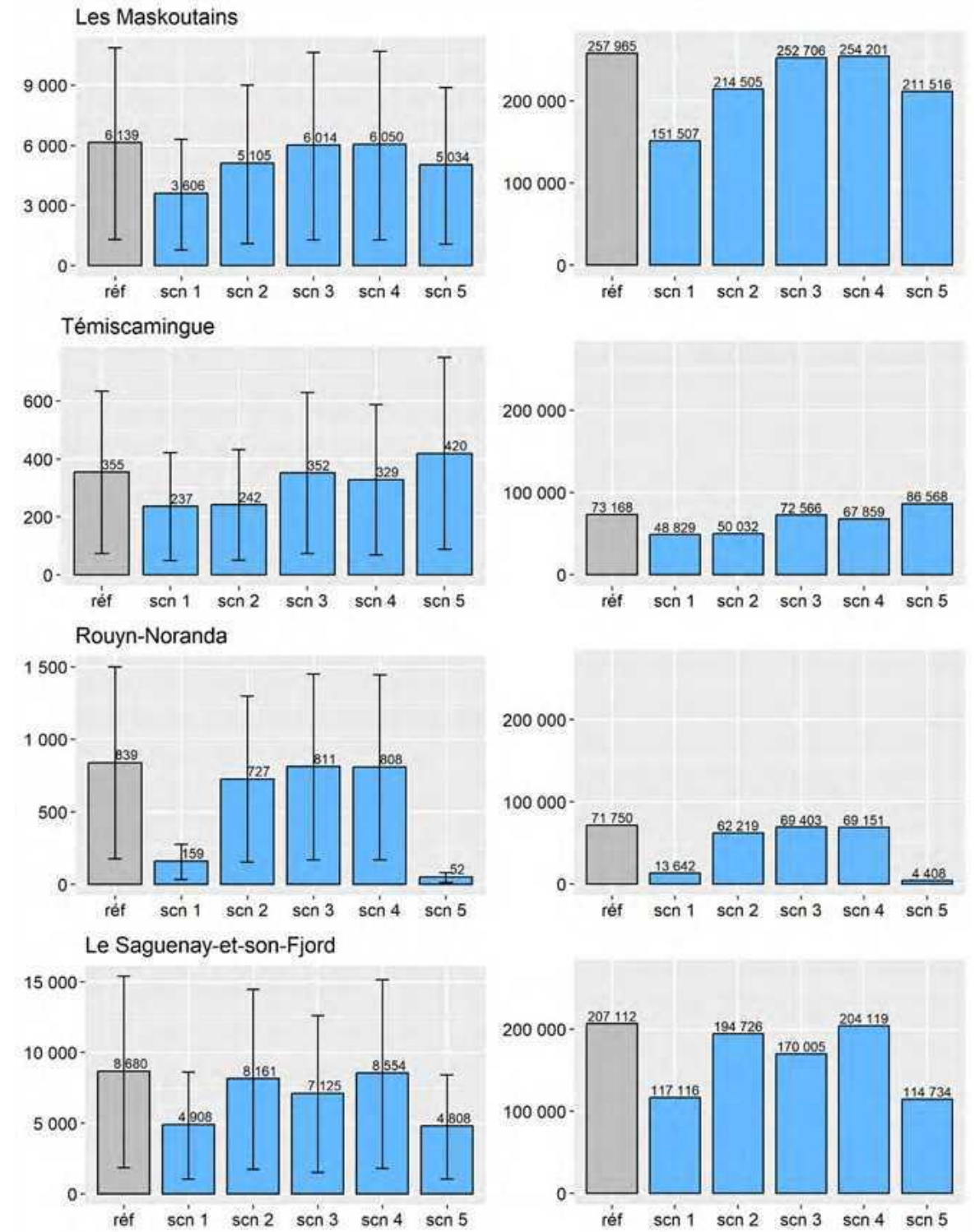
[31] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure A3 Jours annuels avec symptômes d'asthme[32]



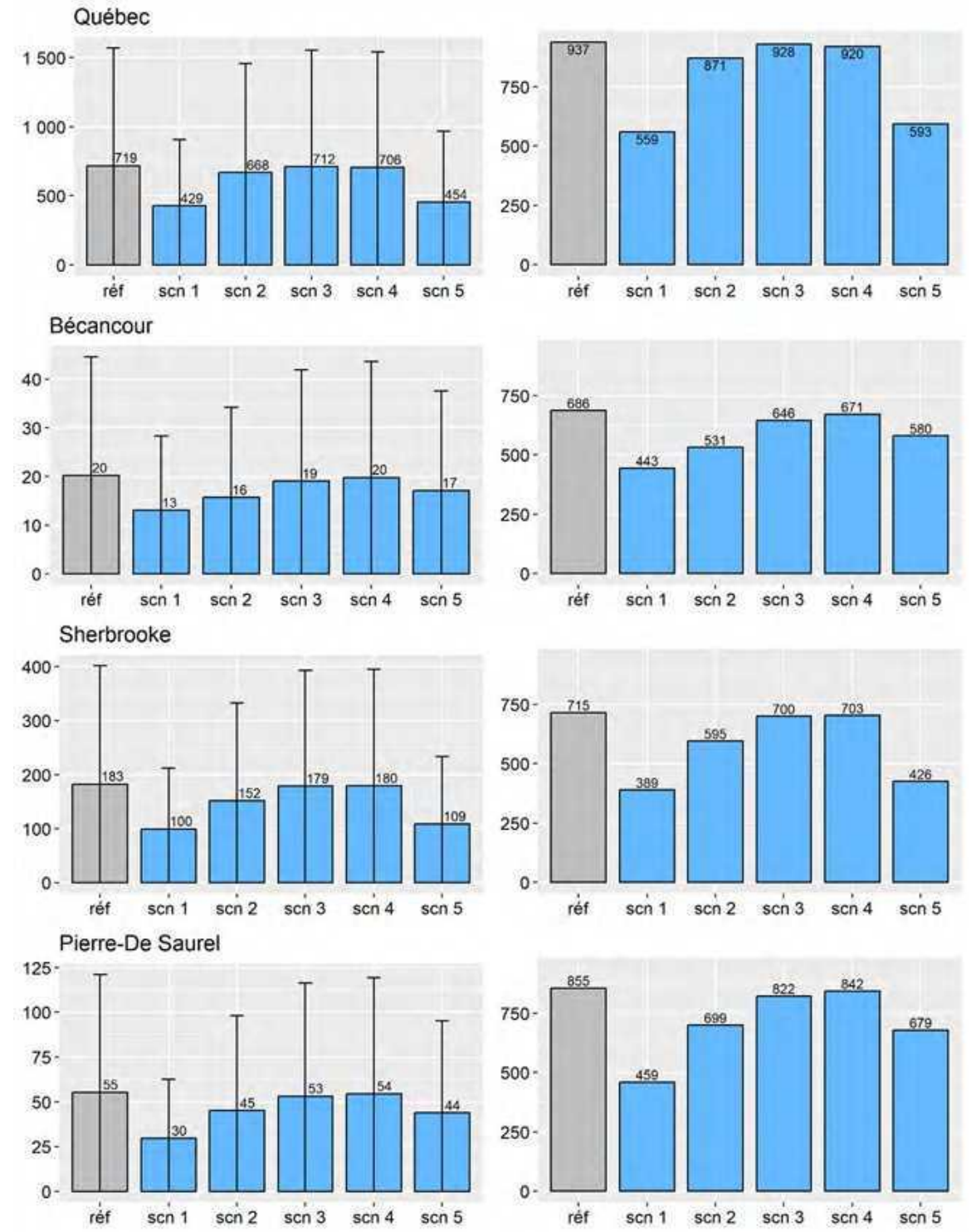
[32] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure A3 Jours annuels avec symptômes d'asthme (suite)[33]



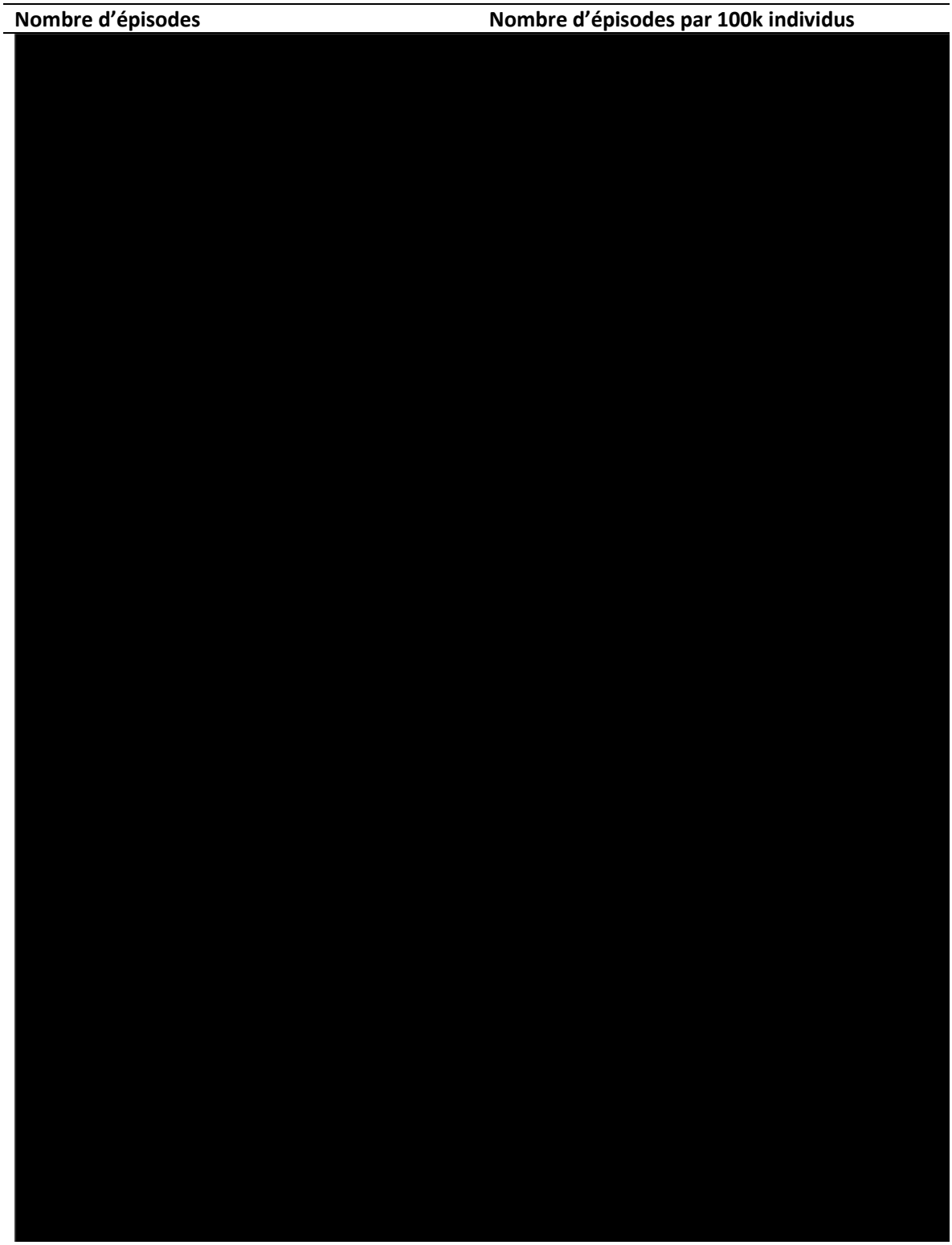
[33] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure A4 Épisodes annuels de bronchite aigüe chez les enfants[34]



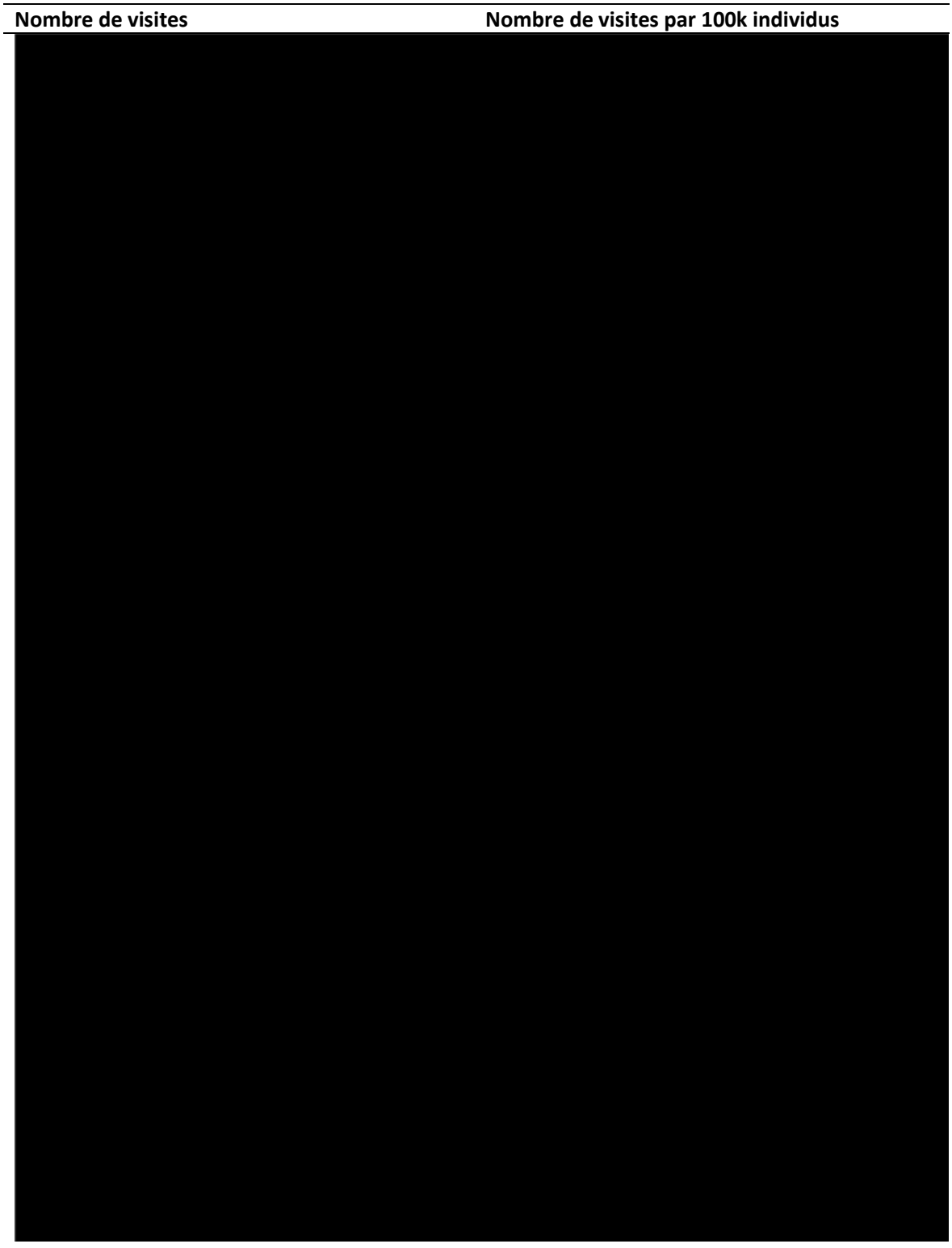
[34] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure A4 Épisodes annuels de bronchite aigüe chez les enfants (suite)[35]



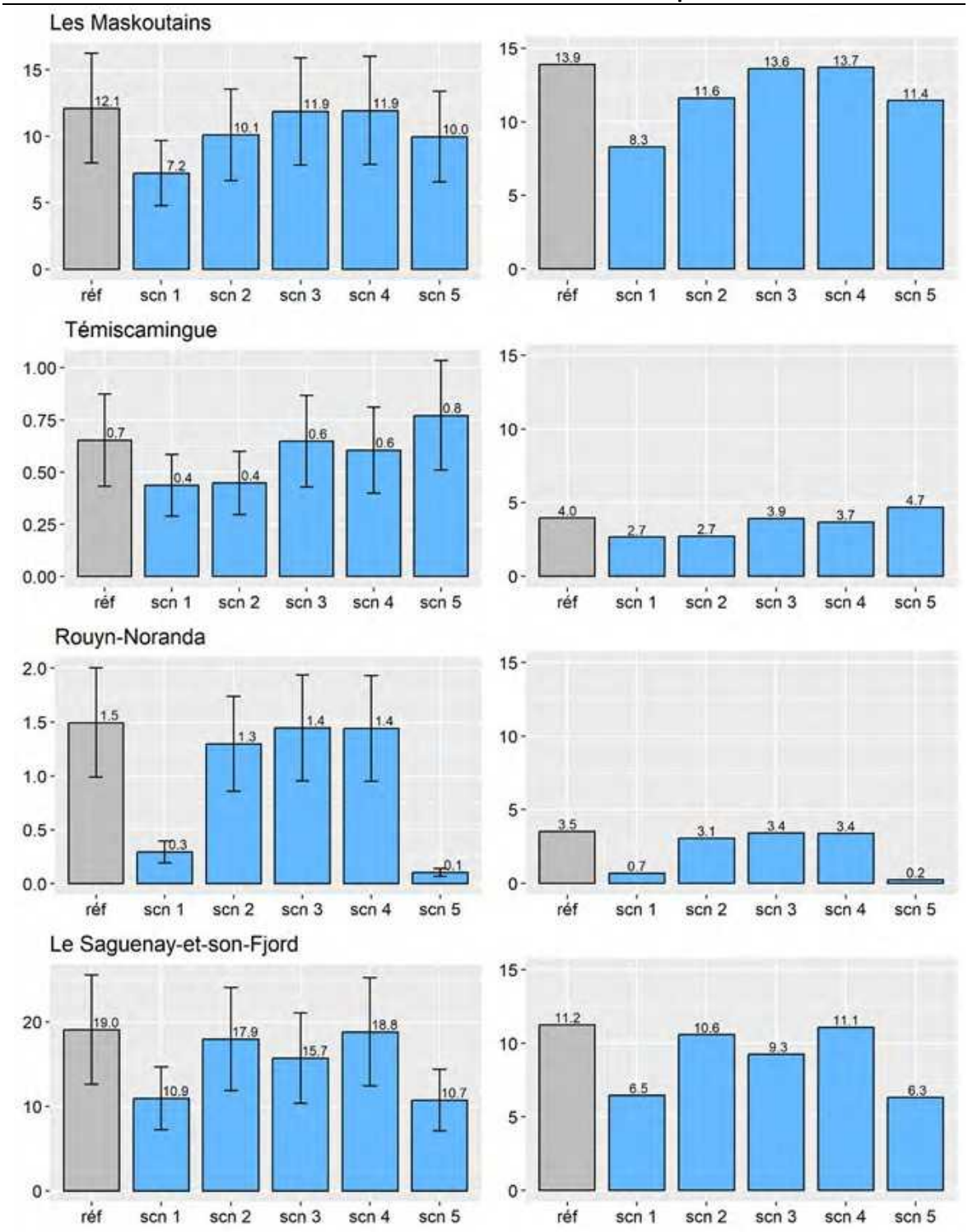
[35] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure A5 Visites annuelles aux urgences pour problèmes respiratoires[36]



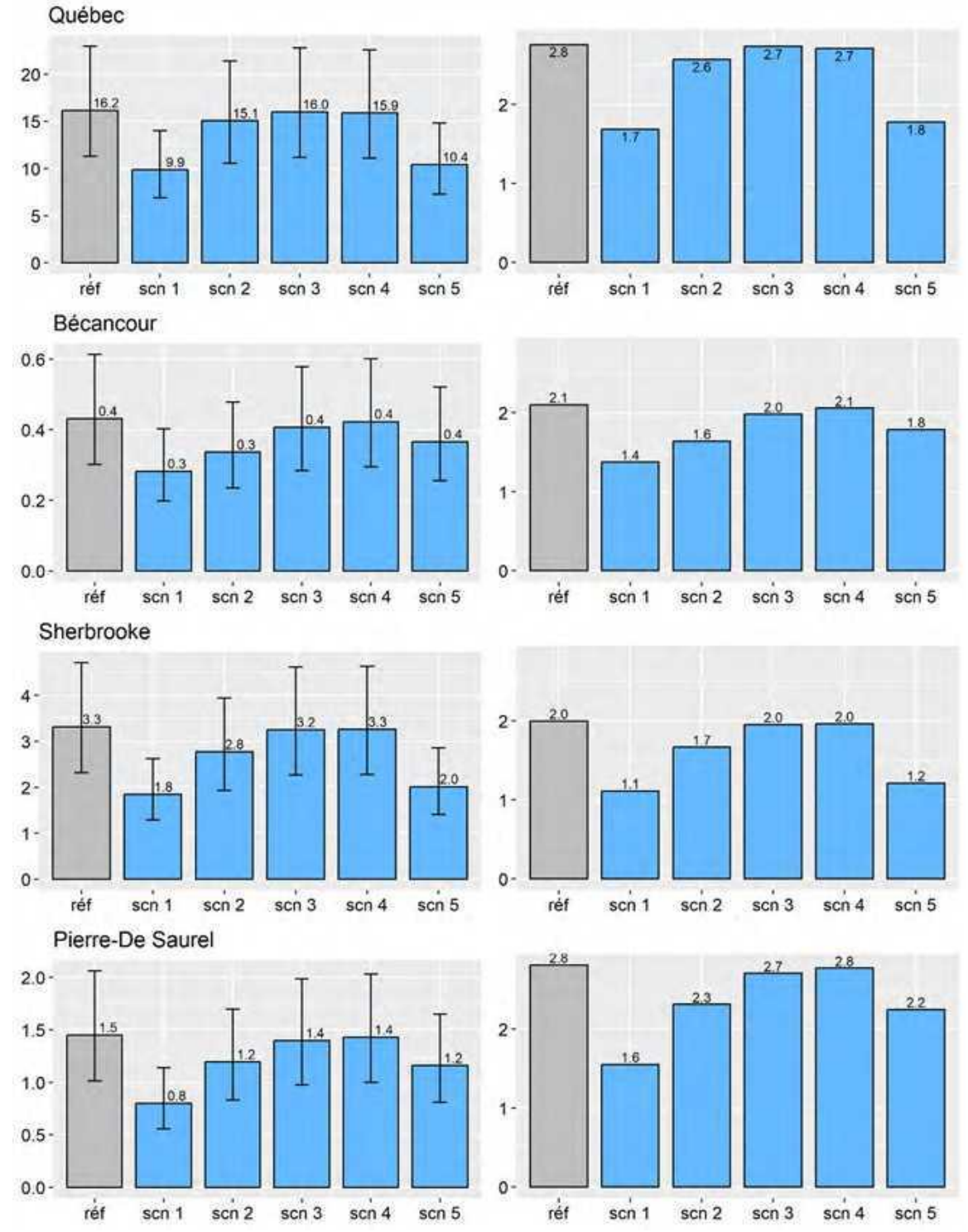
[36] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure A5 Visites annuelles aux urgences pour problèmes respiratoires (suite)[37]



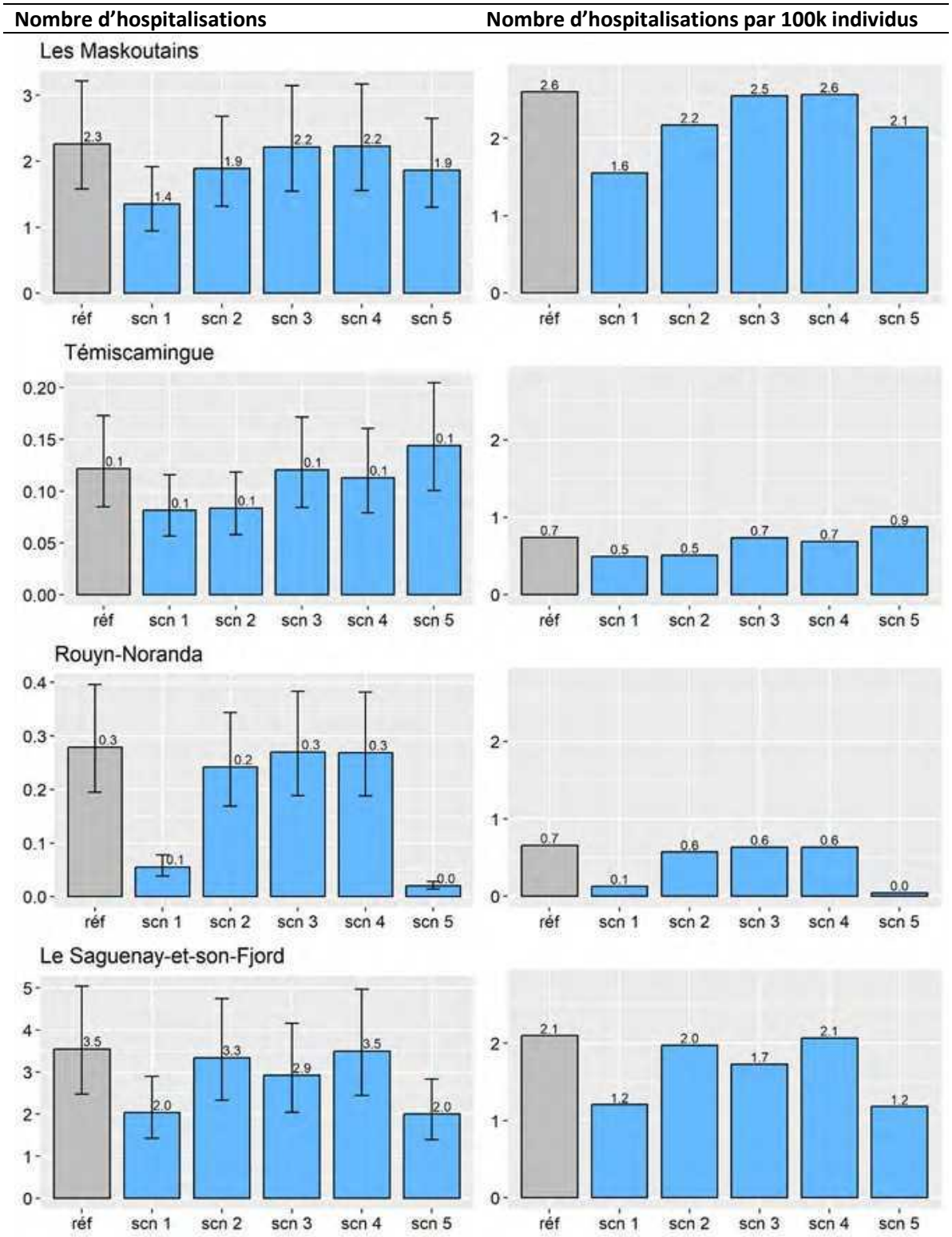
[37] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure A6 Hospitalisations annuelles pour problèmes respiratoires[38]



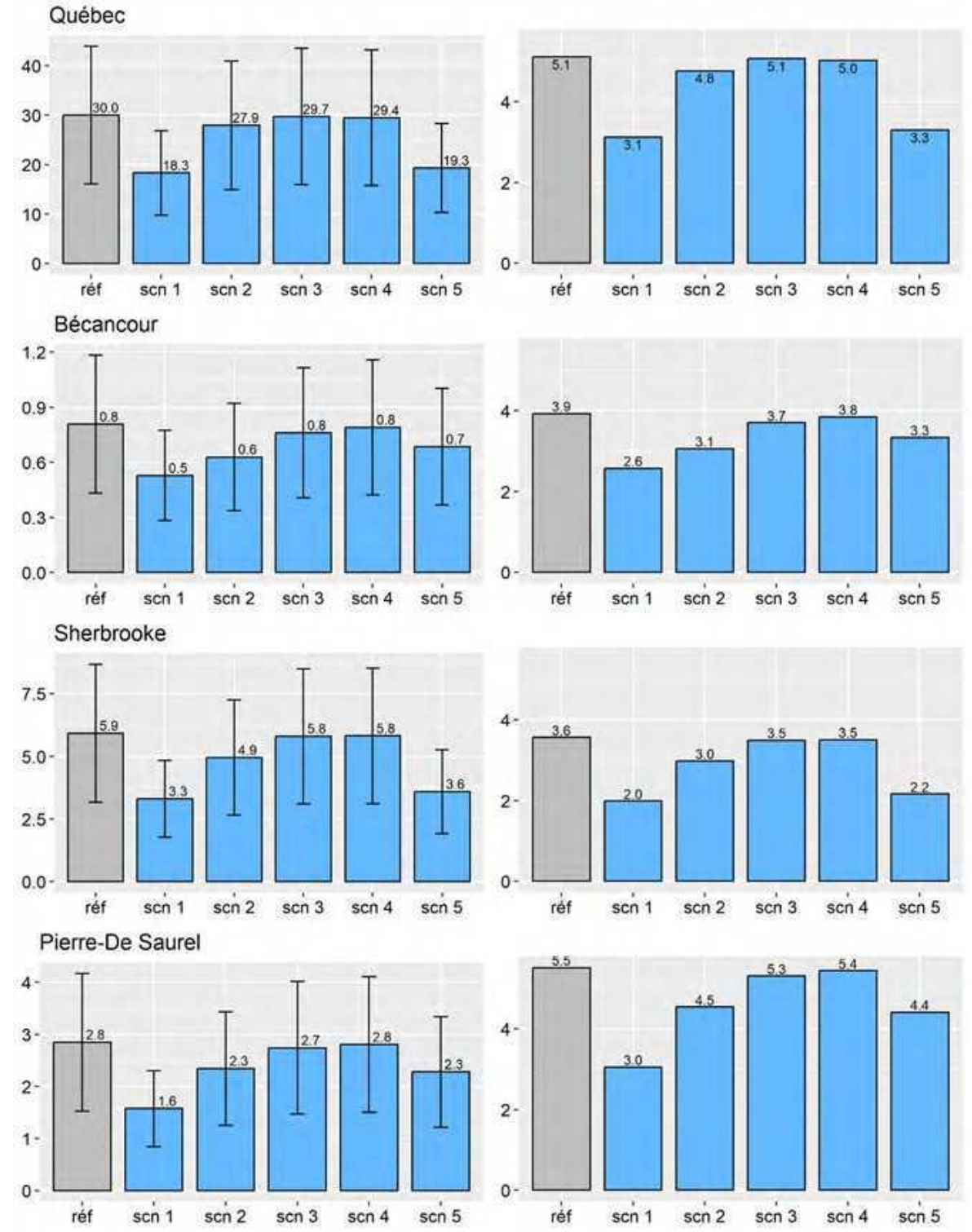
[38] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure A6 Hospitalisations annuelles pour problèmes respiratoires (suite)[39]



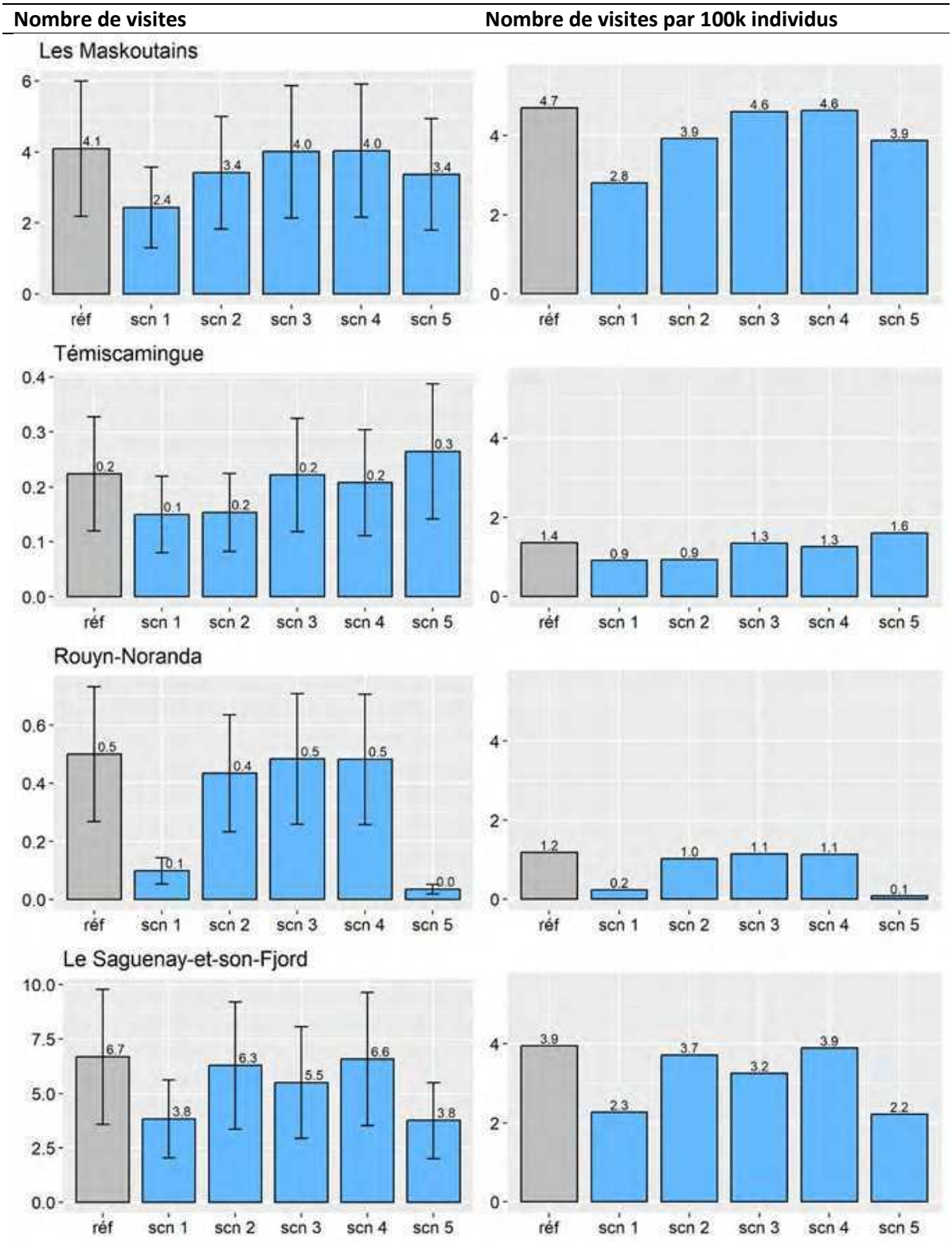
[39] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure A7 Visites annuelles aux urgences pour problèmes cardiaques[40]



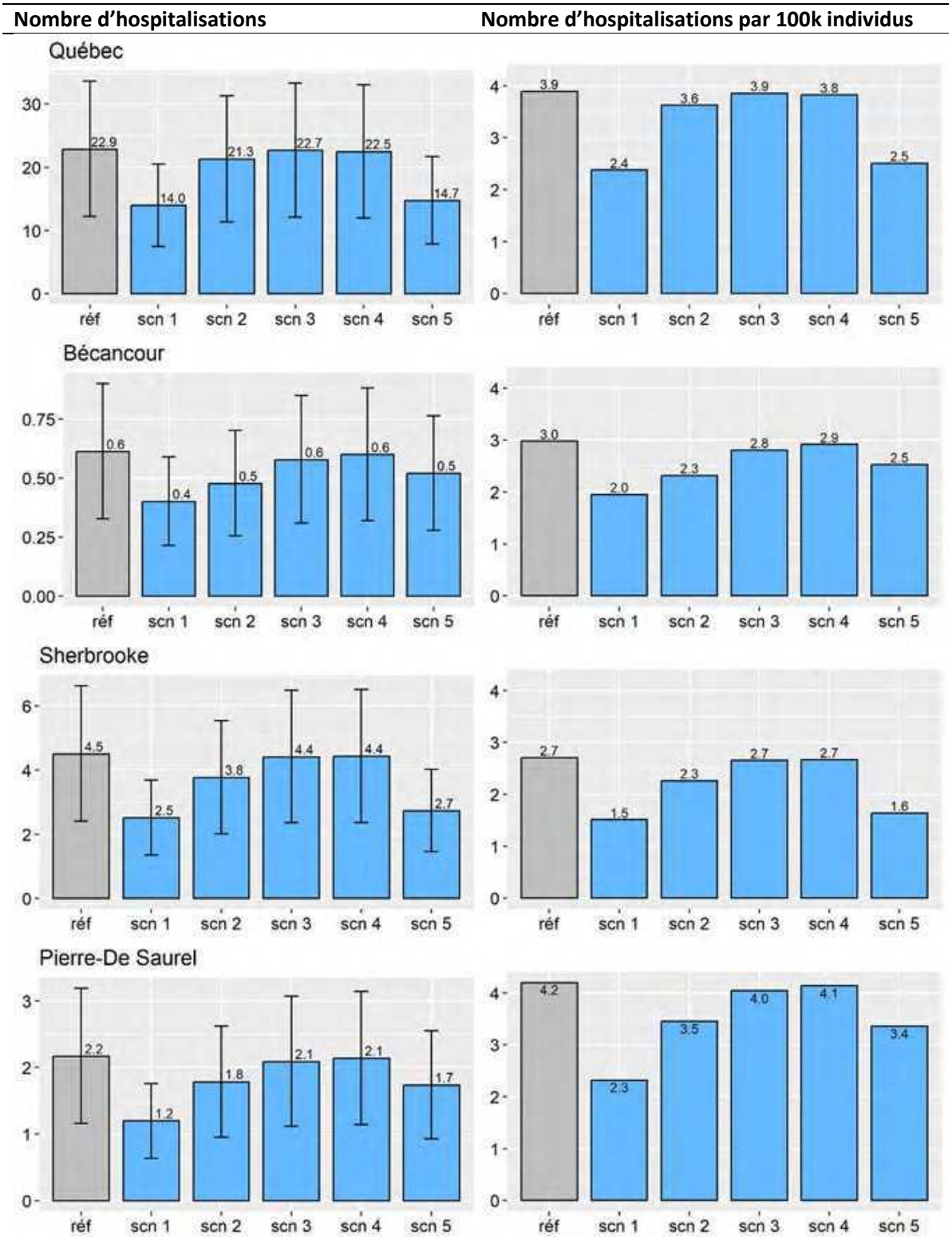
[40] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure A7 Visites annuelles aux urgences pour problèmes cardiaques (suite)[41]



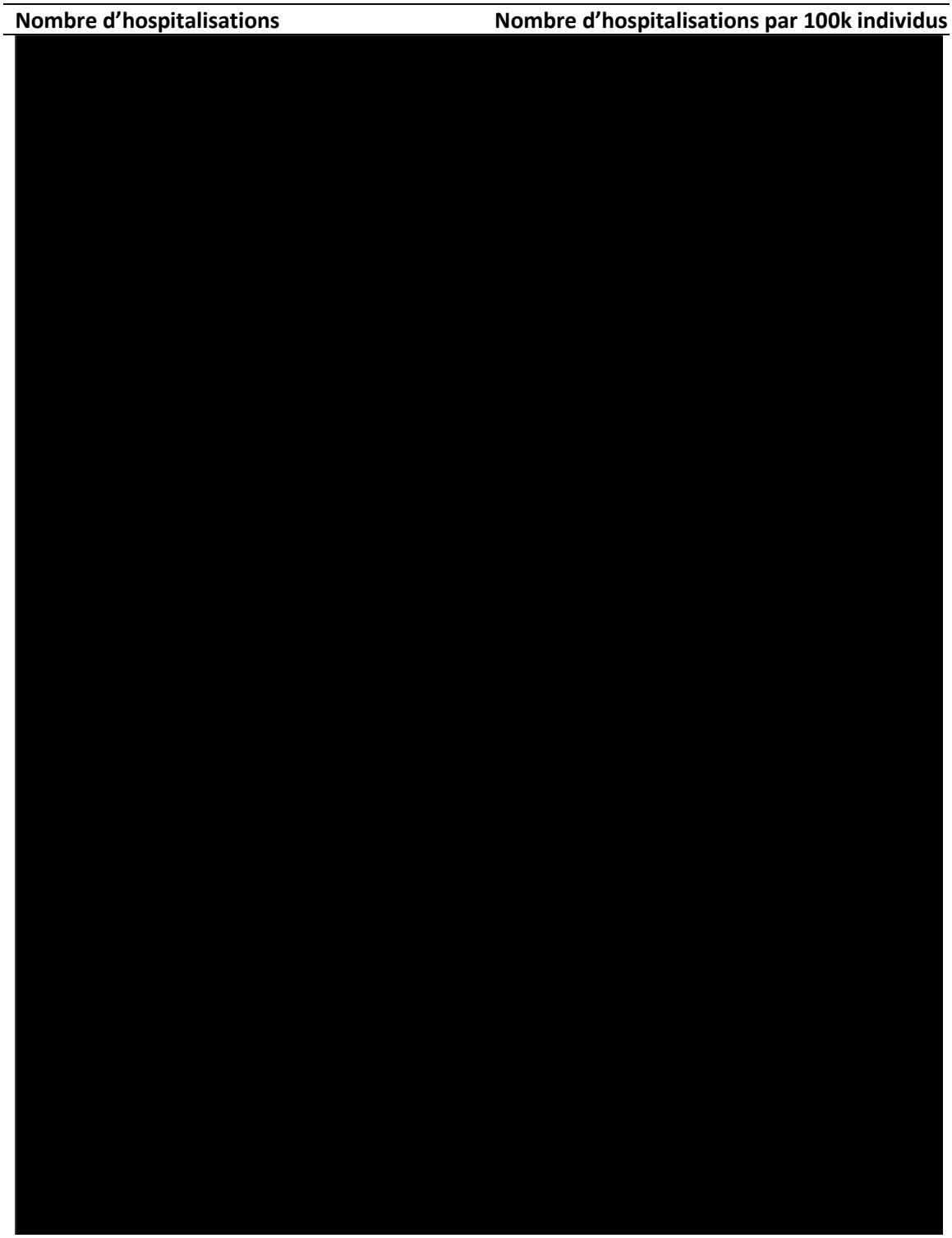
[41] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure A8 Hospitalisations annuelles pour problèmes cardiaques[42]



[42] L'année de référence (ref) est 2016.

Figure A8 Hospitalisations annuelles pour problèmes cardiaques (suite)[43]



[43] L'année de référence (ref) est 2016.

Projets de recherche dans le cadre du portrait des sources de contaminants atmosphériques et sonores : impacts sanitaires des scénarios futurs

INVESTIGATEURS

Audrey Smargiassi, chercheuse associée
Stéphane Buteau, chercheur associé
Institut national de santé publique du Québec

Luyao Zhang, étudiante
Université de Toronto

Ying Liu, assistante de recherche
École de santé publique, Université de Montréal

Céline Plante, assistante de recherche
École de santé publique, Université de Montréal

SOUS LA COORDINATION DE

Audrey Smargiassi, chercheuse associée
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

RELECTURE ET MISE EN PAGE

Aurélie Franco, agente administrative
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

Ce document est pour une diffusion restreinte et ne peut être retransmis à quiconque en dehors des personnes pour qui il a été produit

Institut national de santé publique Québec

Canadian Journal of Public Health
https://doi.org/10.17269/s41997-025-01142-1

ORIGINAL ARTICLE

Clearing the air: Which pollution source matters most for health?

Ying Liu[1] · Marianne Hatzopoulou[2] · Stéphane Buteau[1,3] · Shayamilla Mahagammulla Gamage[2] · Sara Torbatian[2] · Arman Ganji[2] · Audrey Smargiassi[1,3]

Received: 21 July 2025 / Accepted: 19 November 2025
© The Author(s) 2025

Abstract

Objectives Air pollution remains a significant public health challenge, contributing to substantial morbidity and mortality. The aim of this study is to identify effective intervention strategies for mitigating air pollution and its health effects in southern Quebec.

Methods We employ the Polair3D chemical transport model to estimate population-weighted concentrations of fine particulate matter ($PM_{2.5}$), nitrogen dioxide (NO_2), and ozone (O_3) at the census division level under four scenarios: replacing residential wood stoves with U.S. Environmental Protection Agency (EPA)–certified models (EPA), eliminating industrial emissions (IND), full vehicle electrification (EV), and removing emissions from refineries and smelters (RS). Health impacts were quantified with the Air Quality Benefits Assessment Tool for chronic $PM_{2.5}$ exposure and chronic NO_2 exposure, in addition to the commonly assessed acute NO_2 exposure and acute O_3 exposure.

Results All scenarios reduced air pollutant concentrations and associated mortality to varying degrees. The EPA and EV interventions are the most effective in reducing mortality, lowering deaths attributable to pollutants by 15.26% (789 deaths from 5169 to 4380) and 16.13% (834 deaths from 5169 to 4335), respectively. The EPA scenario yields the greatest reduction in $PM_{2.5}$-related mortality, while the EV scenario provides the most benefit for NO_2-related mortality.

Conclusion Targeted interventions can significantly reduce air pollution-related mortality. Replacing residential wood stoves and fully electrifying vehicles are particularly effective, with distinct benefits for $PM_{2.5}$- and chronic NO_2-related health outcomes. A multi-sectoral approach is essential to maximize public health gains.

Résumé

Objectif La pollution de l'air est un problème de santé publique, contribuant de façon substantielle à la morbidité et à la mortalité. Cette étude vise à identifier les interventions les plus efficaces pour réduire la pollution de l'air et ses impacts sanitaires dans le sud du Québec.

Méthodes Nous avons utilité le modèle "chimie-transport" Polair3D pour estimer les concentrations de particule fines ($PM_{2.5}$), de dioxyde d'azote (NO_2) et d'ozone (O_3) des divisions de recensement, pondérées pour la population, selon quatre scénarios: le remplacement des appareils de combustion résidentielle du bois pour des appareils rencontrant la certification du U.S. Environmental Protection Agency (EPA)-(scénario EPA), l'élimination des émissions industrielles (IND), l'électrification des véhicules routiers (EV), et l'élimination des émissions de raffineries et fonderies (RF). Les impacts sanitaires ont été quantifiés avec l'outil AQBAT (OEBQA) pour l'exposition chronique aux $PM_{2.5}$; les impacts de l'exposition chronique au NO_2 a également été estimée, en plus de ceux de l'exposition aigüe au NO_2 et à l'O_3, généralement considérés.

✉ Audrey Smargiassi
audrey.smargiassi@umontreal.ca

1 School of Public Health, University of Montreal, Montreal, QC, Canada

2 Department of Civil and Mineral Engineering, University of Toronto, Toronto, ON, Canada

3 Center for Public Health Research (CReSP), University of Montreal, CIUSSS du Centre-Sud-de-L'Île-de-Montréal, Montreal, QC, Canada

Published online: 09 December 2025

Résultats Tous les scenarios réduisent les concentrations et la mortalité mais de façon variable. Les scenarios EPA et EV ont le plus d'impacts sur la mortalité, réduisant les décès attribuables aux polluants de 15.26% (789 décès, variant de 5,169 à 4,380) et 16.13% (834 décès, variant de 5,169 à 4,335), respectivement. La réduction des décès du scenario EPA est associée au contrôle des PM2.5 tandis que celle du scénario EV est associée au contrôle du NO_2.

Conclusion Des interventions ciblées peuvent réduire la mortalité attribuable à la pollution de l'air. Le remplacement des appareils de combustion résidentielle du bois et l'électrification des véhicules sont particulièrement efficaces pour leurs bénéfices respectifs en termes de réduction des décès attribuables à l'exposition chronique aux $PM_{2.5}$-et au NO_2. Une approche multi-secteur est donc essentielle pour améliorer la santé publique.

Keywords $PM_{2.5}$ · NO_2 · O_3 · Intervention scenario · AQBAT · Mortality · Polair3D

Mots-clés $PM_{2.5}$ · NO_2 · O_3 · Intervention scenario · AQBAT (OEBQA) · Mortalité · Polair3D

Introduction

Exposure to air pollution is widely recognized as a significant global health concern, with extensive research establishing its links to adverse health outcomes (GBD, 2020; Lee et al., 2020; Manisalidis et al., 2020). In Canada, Health Canada (2021) estimates that air pollution contributes to approximately 15,300 premature deaths annually, and it is expected to rise with population growth and aging. These health impacts not only compromise public health but also impose substantial economic burdens. To effectively reduce this burden, it is critical to understand the sources of air pollution and their respective contributions to health outcomes. Such knowledge provides essential insights for designing and implementing targeted intervention strategies aimed at reducing pollutant levels and mitigating the associated health and economic impacts.

Ambient fine particulate matter with median aerosol dynamic diameters of 2.5 μm ($PM_{2.5}$), nitrogen dioxide (NO_2), and ground-level ozone (O_3) are the main pollutants associated with health effects (Health Canada, 2021). Major sources of these pollutants include residential energy combustion, transportation fuel use, industrial emissions, and energy production (Holman, 1999; Relvas et al., 2022). Common strategies for mitigating these emissions include industrial emission standards, replacing residential stoves, banning coal and wood burning, and promoting public transportation and clean fuel alternatives (Burns et al., 2020).

Several studies have modeled intervention scenarios to assess the potential for reducing air pollutant levels and their associated health benefits. Various chemical transport models, including the Community Multiscale Air Quality (CMAQ) model, the Goddard Earth Observing System chemical transport (GEOS-Chem) model, and the Weather Research Forecasting chemical transport (WRF-Chem) model, have been employed at different spatial resolutions (ranging from 12 to 50 km) to estimate air pollution concentrations under different emission reduction strategies. To quantify the potential health impacts, studies have typically applied concentration–response functions (CRFs). Johnson et al. (2020) found that reducing emissions from residential cooking, energy generation, and transportation in New York City could prevent 160–390 premature deaths attributable to $PM_{2.5}$ exposure. Similarly, Zhou et al. (2010) and Hou et al. (2015) highlighted the substantial health benefits of reducing $PM_{2.5}$ and O_3 emissions from power plants and industrial sectors in China and the United States, respectively. In India, Chatterjee et al. (2023) and Upadhyay et al. (2018) identified residential combustion and industrial emissions as the largest contributors to $PM_{2.5}$-related mortality. Likewise, Zheng et al. (2024) and Gu et al. (2024) found that industrial and residential emissions were the dominant sources of $PM_{2.5}$ and O_3-related health impacts in China and Southeast Asia. Liu et al. (2024) emphasized the health benefits of transitioning from coal to gas for residential heating, while Silva et al. (2016) identified the residential and commercial sectors as major contributors to global $PM_{2.5}$ and O_3-related mortality.

In the Canadian context, Health Canada (2023) assessed air quality and its associated health impacts across 21 sectors to identify effective mitigation strategies. The analysis revealed that residential, industrial, and transportation sectors were the leading contributors to mortality linked to chronic exposure to $PM_{2.5}$ and acute exposure to NO_2 and O_3. These sectors collectively accounted for approximately 6500 premature deaths, representing 94.2% of the total premature deaths attributed to the 21 sectors analyzed. Notably, Quebec bore a disproportionately high burden, with 2600 estimated premature deaths (40% of the national total) associated with exposure to $PM_{2.5}$, NO_2, and O_3 exposure from these sectors.

Despite these advances, several important gaps remain in the literature regarding the health impacts of air pollution from specific sources. First, most studies have focused on $PM_{2.5}$ and O_3, with limited attention to NO_2, particularly in terms of chronic exposure. When NO_2 is considered, studies typically assess only acute health effects; yet,

long-term exposure to NO_2 has been related to mortality and other health outcomes (HEI, 2022). Second, previous research has often evaluated the health impacts of interventions on individual pollutants rather than comparably evaluating the health impacts across multiple air pollutants. Third, most existing studies have examined emission reductions at the sectoral level without explicitly considering the benefits of transitioning to cleaner technologies, such as electric vehicles or EPA-certified wood-burning stoves. Additionally, the relatively coarse spatial resolution used in previous air pollution modeling efforts may affect the accuracy of exposure assessments and associated health impact estimations.

To address these gaps, this study employs a chemical transport model to estimate $PM_{2.5}$, NO_2, and O_3 concentrations at a fine resolution and quantifies the associated reductions in mortality across multiple emission sources in the densely populated southern region of Quebec, Canada.

Materials and methods

Study area

Our study area focuses on the densely populated southern region of Quebec, the largest of Canada's ten provinces. This area encompasses 62 census divisions (CD) and covers approximately 108,000 km^2, representing just 7.33% of Quebec's total land area. Yet it accounts for over 87% of the provincial population (Statistics Canada, 2016). Figure 1 displays the study domain and highlights the distribution of these 62 CDs.

Outline

We developed a series of intervention scenarios based on the 2016 emission database from Canada's Air Pollutant Emission Inventory (APEI), developed by Environment and Climate Change Canada (ECCC). Using the Polair3D chemical transport model (version *1.11.1*), we estimated the concentrations of $PM_{2.5}$, O_3, and NO_2 at high spatial resolution across the study area for the year 2016. These estimates served as the baseline scenario, against which we also modeled the pollutant concentrations under various intervention scenarios. We then applied the Air Quality Benefits Assessment Tool (AQBAT) to conduct scenario analyses, quantifying the potential health benefits associated with each intervention. We present a comparative analysis to evaluate the effectiveness of these strategies in reducing air pollutant concentrations and mitigating their associated health impacts.

Intervention scenarios

To identify effective strategies for reducing air pollution and its associated health impacts, we developed four intervention scenarios: (1) replacing all residential wood-burning stoves and fireplaces with EPA-certified alternatives (EPA scenario); (2) eliminating all industrial emissions (IND scenario); (3) fully electrifying the vehicle fleet (EV scenario); and (4) removing emissions from refineries and smelters (RS scenario). While the complete elimination of industrial emissions is not a feasible objective, this scenario was included to provide valuable insights into the sector's relative contribution to air pollution. These four intervention scenarios were designed to assess the impact of four major emission sources, i.e., residential combustion, industrial processes, transportation, and power generation, on air quality and public health.

Air pollution modelling

The Polair3D chemical transport model (version *1.11.1*), part of the Polyphemus platform developed at the Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmosphérique (CEREA) in France (Mallet et al., 2007), was employed to map the spatial distribution of the base case $PM_{2.5}$, O_3, and NO_2 at 3 km × 3 km spatial resolution across the study area for the year 2016. The 2016 emission database used as input for the Polair3D model was obtained from Canada's Air Pollutant Emission Inventory (APEI), developed by Environment and Climate Change Canada (ECCC). To accurately simulate pollutant behavior, we integrated various configurations including the land use data from Copernicus, meteorological data from the Weather Research and Forecasting Model (WRF), and initial and boundary conditions sourced from the Community Atmosphere Model with Chemistry (CAM-Chem). Detailed information on this modelling approach is available in Yamanouchi et al. (2024). The WRF configuration and the Polair3D accuracy assessment are provided in the Supplementary information (Sect. "Introduction"). The model was run seasonally for 4 weeks per season (January for winter, April for spring, July for summer, and October for fall), totaling 16 weeks of simulations. The annual average pollutant concentrations were then calculated as the mean of the four seasonal averages. Following the same procedures, we estimated the $PM_{2.5}$, O_3, and NO_2 concentrations under the four intervention scenarios with scenario emissions.

The Polair3D-modeled concentrations of $PM_{2.5}$, O_3, and NO_2, under the base case and the four intervention scenarios, were spatially assigned to each dissemination area (DA). A DA is the smallest standard geographic unit for which all census data, including sociodemographic information, are disseminated in Canada. Figure S2 displays the distribution

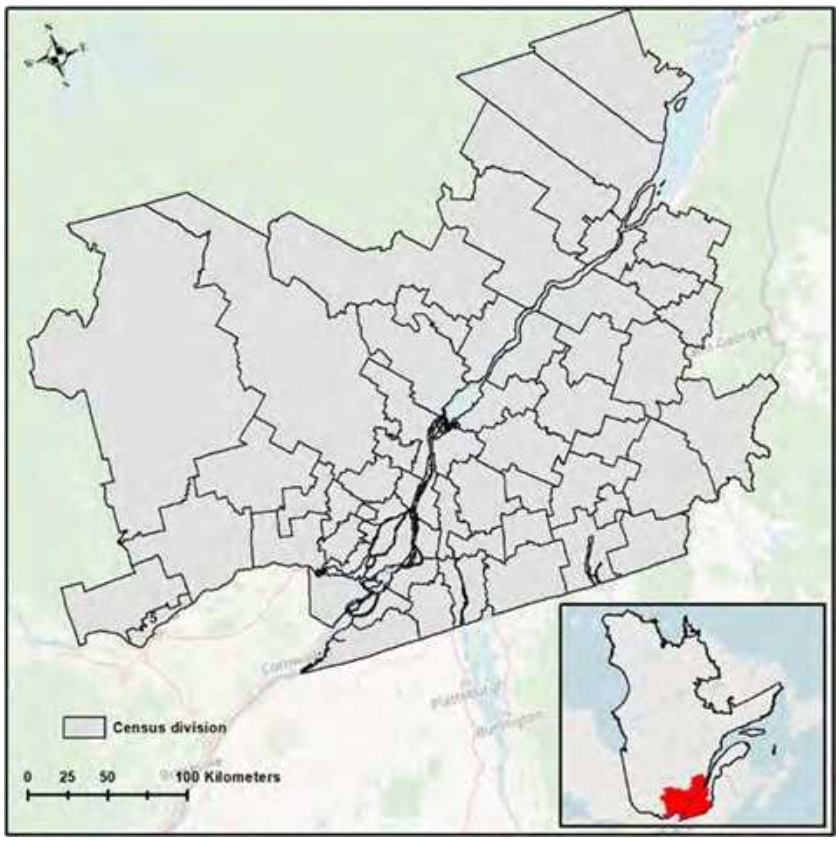


Fig. 1 The distribution of census divisions in the study area in Quebec, Canada

of DAs and CDs in our study area. To assess exposure at a broader spatial scale, we calculated the population-weighted concentrations at the CD level using the following equation:

$$AP_{CD} = \frac{\sum_{i=1}^{n} AP_{DA}^{i} \times Pop_{DA}^{i}}{\sum Pop_{DA}^{i}} \quad (1)$$

where AP_{CD} represents the population-weighted air pollutant concentration for a CD; AP_{DA}^{i} and Pop_{DA}^{i} are the air pollutant concentration and population of each DA, respectively. n is the total number of DAs within the CD. This approach was adopted to compute the $PM_{2.5}$, O_3, and NO_2 concentrations at the CD level under the base case and the four scenarios.

Based on Eq. 2, we calculated the population-weighed percentage changes (ΔC_{CD}^{Scn}) in concentrations of each pollutant for each scenario, in which AP_{CD}^{Base} and AP_{CD}^{Scn} are the pollutant concentration under base case and scenarios, respectively.

$$\Delta C_{CD}^{Scn} = \frac{AP_{CD}^{Base} - AP_{CD}^{Scn}}{AP_{CD}^{Base}} \times 100 \quad (2)$$

The concentration–response functions in AQBAT are not based on the chemical transport models, so we did not directly use the concentrations modelled from Polair3D. Instead, we applied percentage changes (ΔC_{CD}^{Scn}) obtained from the Polair3D model to the reference concentrations provided by AQBAT. This approach allowed us to derive pollutant concentrations more closely aligned with those typically employed in epidemiological studies and reduce the influence of model biases.

Modelling $PM_{2.5}$, NO_2, and O_3 related mortalities

The AQBAT is a health impact assessment model developed by Health Canada to estimate the health and economic benefits of improvement in air quality. The AQBAT includes relationships between air pollution exposure and a range of health outcomes, including premature mortality, hospital admissions, and respiratory and cardiovascular diseases. The AQBAT applies concentration–response functions from epidemiological studies to quantify health effects, taking into account age, sex, mortality rates, and population distributions across Canada. Detailed information on AQBAT can be found in the Health Canada (2021) report. In this study, AQBAT was used to assess the health impacts of chronic exposure to $PM_{2.5}$ and NO_2, as well as acute exposure to NO_2 and O_3.

AQBAT provides 2016 reference concentrations for $PM_{2.5}$, NO_2, and O_3. While AQBAT includes calculations based on estimates of association for a wide range of health effects, this study focuses specifically on mortality, as it allows for

direct comparison across pollutants. Mortality impacts for NO_2 and O_3 are based on acute exposure, whereas those for $PM_{2.5}$ are based on chronic exposure. Additionally, we incorporated mortality risks associated with chronic NO_2 exposure (relative risk (RR) for a 10 μg/m^3 increase, 1.02; 95%CI 1.01–1.04 (Huangfu & Atkinson, 2020)). We added this estimation, which is not included in the AQBAT, as long-term exposure to NO_2, which is a marker for traffic-related air pollution, has been linked to increased mortality (HEI, 2022). The base mortality rate for each CD is provided by AQBAT. Baseline mortality and mortality under the four scenarios were estimated with the respective population-weighted concentrations.

Results

Air quality benefits under intervention scenarios

Figure 2 illustrates the distributions of population-weighted $PM_{2.5}$, NO_2, and O_3 concentrations under the base case (REF) and four intervention scenarios, and the corresponding percentage change distributions (EPA, IND, EV, and RS) across the 62 CDs in Quebec. Table S2 in the Supplementary information presents descriptive statistics of the concentrations of the three air pollutants under both the base case and the four intervention scenarios, with percentage changes in concentration relative to the base case scenario. Figure 3 depicts their spatial distributions of the three pollutants under the base case and the four scenarios. $PM_{2.5}$, NO_2, and O_3 concentrations remain elevated in high population density areas located in the southern region of Quebec (Fig. 3).

Compared with the base case, all four intervention scenarios lead to reductions in $PM_{2.5}$ and NO_2 concentrations. The EPA scenario is the most effective in reducing $PM_{2.5}$ concentrations, lowering the annual average $PM_{2.5}$ concentration across the 62 CDs by 20%, from 5.90 μg/m^3 to 4.72 μg/m^3 (Table S2). In contrast, the $PM_{2.5}$ reductions achieved through eliminating industrial emissions, fully electrifying the vehicle fleet, and removing emissions from refineries and smelters are less pronounced, with annual average concentrations decreasing by less than 4%.

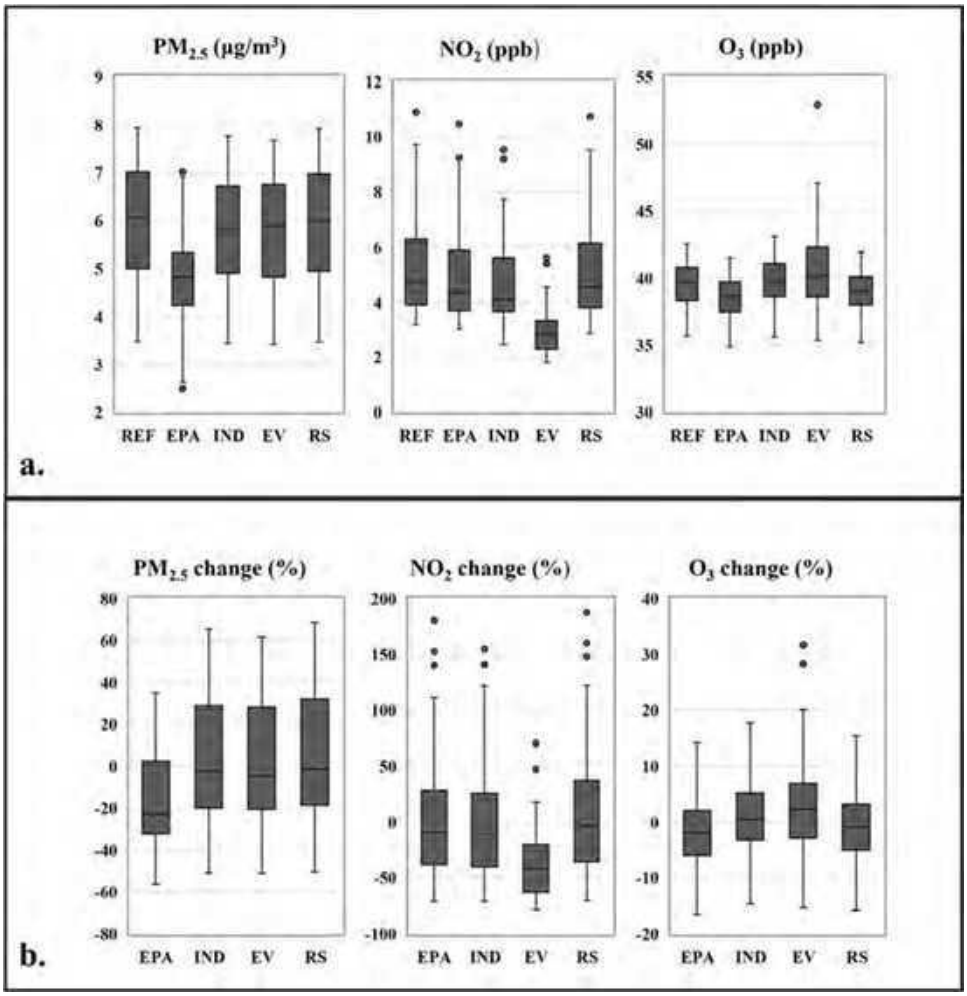


Fig. 2 Box plots showing the population-weighted distribution of $PM_{2.5}$, NO_2, and O_3 concentrations under the base case (REF) and the four intervention scenarios (**a**) and the corresponding percentage-change distributions (**b**) (EPA for replacing residential wood stoves with EPA certification scenario, IND for eliminating industrial emissions scenario, EV for full vehicle electrification scenario, and RS for removing emissions from refineries and smelters scenario) across the 62 CDs in the study area

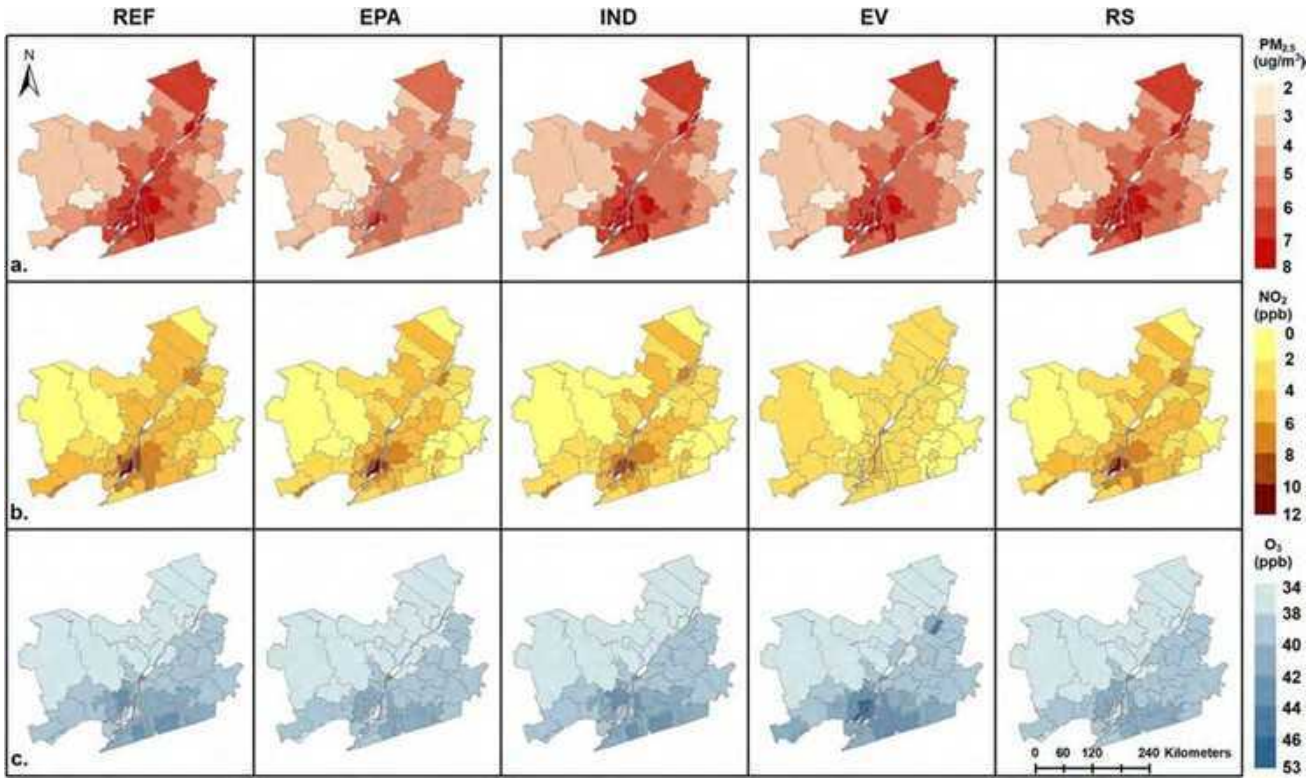


Fig. 3 Population-weighted concentrations of $PM_{2.5}$, NO_2, and O_3 at the census division level under the base case (REF), replacing residential wood stoves with EPA certification (EPA), eliminating industrial emissions (IND), full vehicle electrification (EV), and removing emissions from refineries and smelters (RS) scenarios. Pollutant concentrations under the intervention scenarios are estimated by applying percentage changes calculated from the Polair3D model simulations to the reference values from AQBAT tool

The EV scenario achieves substantial reductions in NO_2 levels. Full electrification of the vehicle fleet leads to the largest reduction, with the annual average NO_2 concentration across the 62 CDs decreasing by 44%, from 5.26 ppb (REF) to 2.94 ppb (EV). The maximum NO_2 concentration also drops by approximately 50%, from 10.88 to 5.63 ppb. The IND and EPA interventions can also reduce NO_2 levels, but to a lesser extent than the EV scenario, with the mean decreasing by 7.2 ~ 9.5%. Removing refineries and smelters (i.e., RS scenario) has the smallest impact, reducing NO_2 levels by only 2.7% (Table S2).

The EV scenarios also resulted in a slight increase in O_3 levels. Under the EV scenario, the annual average maximum daily O_3 concentration across the 62 CDs rises from 39.5 ppb (REF) to 40.6 ppb (EV), with the maximum concentration increasing significantly from 42.5 to 52.9 ppb (Table S2).

Health benefits under intervention scenarios

Table 1 presents the total number of premature deaths and mortality rates attributed to chronic exposure to $PM_{2.5}$ and NO_2, as well as to acute exposure to NO_2 and O_3. Figure 4 illustrates the distribution of mortality rates linked to these exposures across the 62 CDs in Quebec. Additionally, Fig. 5 maps the spatial distribution of mortality rates under the base case and the four intervention scenarios, while Table S3 provides a statistical summary of mortality rates for each pollutant. Health benefits observed are coherent with pollutant reductions. Overall, all intervention scenarios yield health benefits by reducing premature deaths and death rates. However, the IND and EV interventions result in a slight increase in premature deaths and death rates due to acute exposure to O_3.

Among the four intervention scenarios, the EPA scenario offers the greatest health benefits associated with long-term exposure to $PM_{2.5}$. Compared with the base case (REF), replacing residential wood stoves with EPA-certified stoves reduces mortality from chronic $PM_{2.5}$ exposure by 23.72%, preventing 648 estimated premature deaths (Table 1). Additionally, the average mortality rate under the EPA scenario decreased by 28.2% (Fig. 4), with the most substantial reductions observed in the Greater Montreal Region (Fig. 5). While the EV and IND interventions also contribute to reducing $PM_{2.5}$-attributable deaths, their impact is notably smaller, with reductions of only 5.20% and 3.62% premature deaths, respectively.

Table 1 Total number of annual deaths and mean mortality rates for the 62 census divisions studied under the base case and the four intervention scenarios and the percentage change between base case and each of the scenarios

	Number of deaths (change %)				
	REF	EPA	IND	EV	RS
Chronic exposure to $PM_{2.5}$	2732	2084 (−23.72%)	2633 (−3.62%)	2590 (−5.20%)	2711 (−0.77%)
Acute exposure to NO_2	309	292 (−5.50%)	280 (−9.39%)	158 (−48.87%)	303 (−1.94%)
Chronic exposure to NO_2	1547	1461 (−5.56%)	1400 (−9.50%)	795 (−48.61%)	1517 (−1.94%)
Acute exposure to O_3	581	543 (−6.54%)	620 (6.71%)	792 (36.32%)	559 (−3.79%)
	Mortality rates (change %)				
Chronic exposure to $PM_{2.5}$	30.71	22.05 (−28.20%)	29.35 (−4.43%)	29.18 (−4.98%)	30.20 (−1.66%)
Acute exposure to NO_2	2.96	2.74 (−7.43%)	2.66 (−10.14%)	1.62 (−45.27%)	2.88 (−2.70%)
Chronic exposure to NO_2	14.75	13.67 (−7.32%)	13.28 (−9.97%)	8.13 (−44.88%)	14.36 (−2.64%)
Acute exposure to O_3	8.94	8.32 (−6.94%)	9.05 (1.23%)	9.55 (6.82%)	8.59 (−3.91%)

REF represents for the base case, *EPA* for replacing residential wood stoves with EPA certification scenario, *IND* for eliminating industrial emissions scenario, *EV* for full vehicle electrification scenario, and *RS* for removing emissions from refineries and smelters scenario

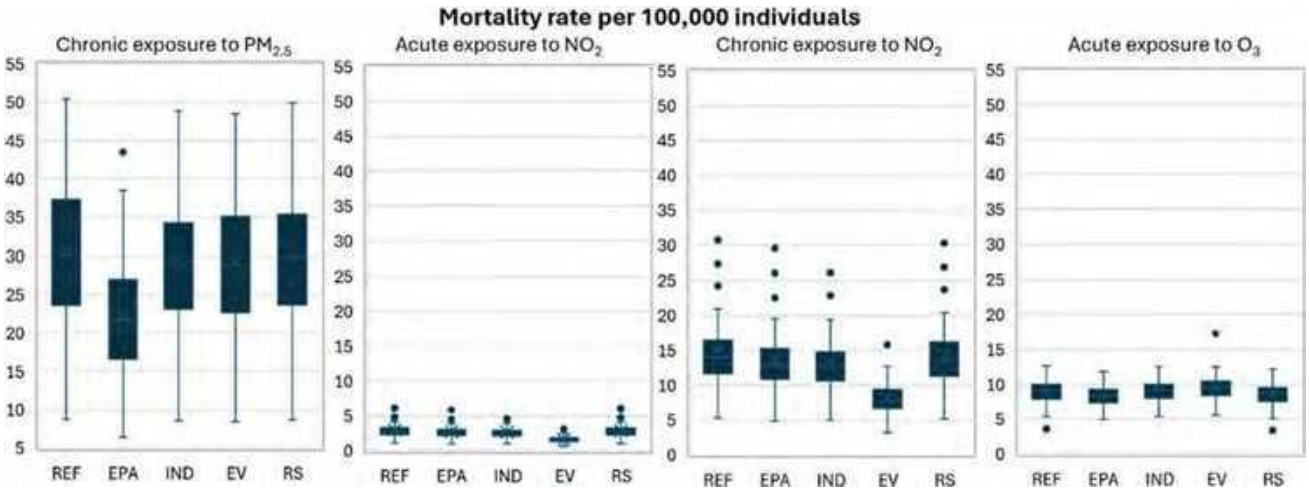


Fig. 4 Boxplots showing the annual mortality rates due to chronic exposure to $PM_{2.5}$ and NO_2 and to acute exposure to NO_2 and O_3 across the 62 census divisions across Quebec under the base case (REF) and the replacing residential wood stoves with EPA certification (EPA), eliminating industrial emissions (IND), full vehicle electrification (EV), and removing emissions from refineries and smelters (RS) scenarios

Full vehicle electrification is the most effective intervention for reducing mortality and mortality rates associated with both acute and chronic exposure to NO_2. Under the EV scenario, mortality due to acute and chronic NO_2 exposure decreases by nearly 50%, preventing 151 and 752 estimated premature deaths, respectively. The average mortality rates associated with acute and chronic NO_2 exposure decline by 45.27% and 42.69%, respectively (Fig. 4). These reductions are observed across all 62 census divisions (CDs) under the EV intervention scenario (Fig. 5). While eliminating industrial emissions (IND) also reduces NO_2-related premature deaths, its impact is considerably smaller, leading to only a 10% decrease for both acute and chronic exposure. The EPA stove intervention provides additional benefits in reducing NO_2-related mortality; however, its effect is approximately half as effective as that observed under the IND scenario.

The EPA stove and RS (closure of refineries and smelters) interventions provide additional health benefits by reducing

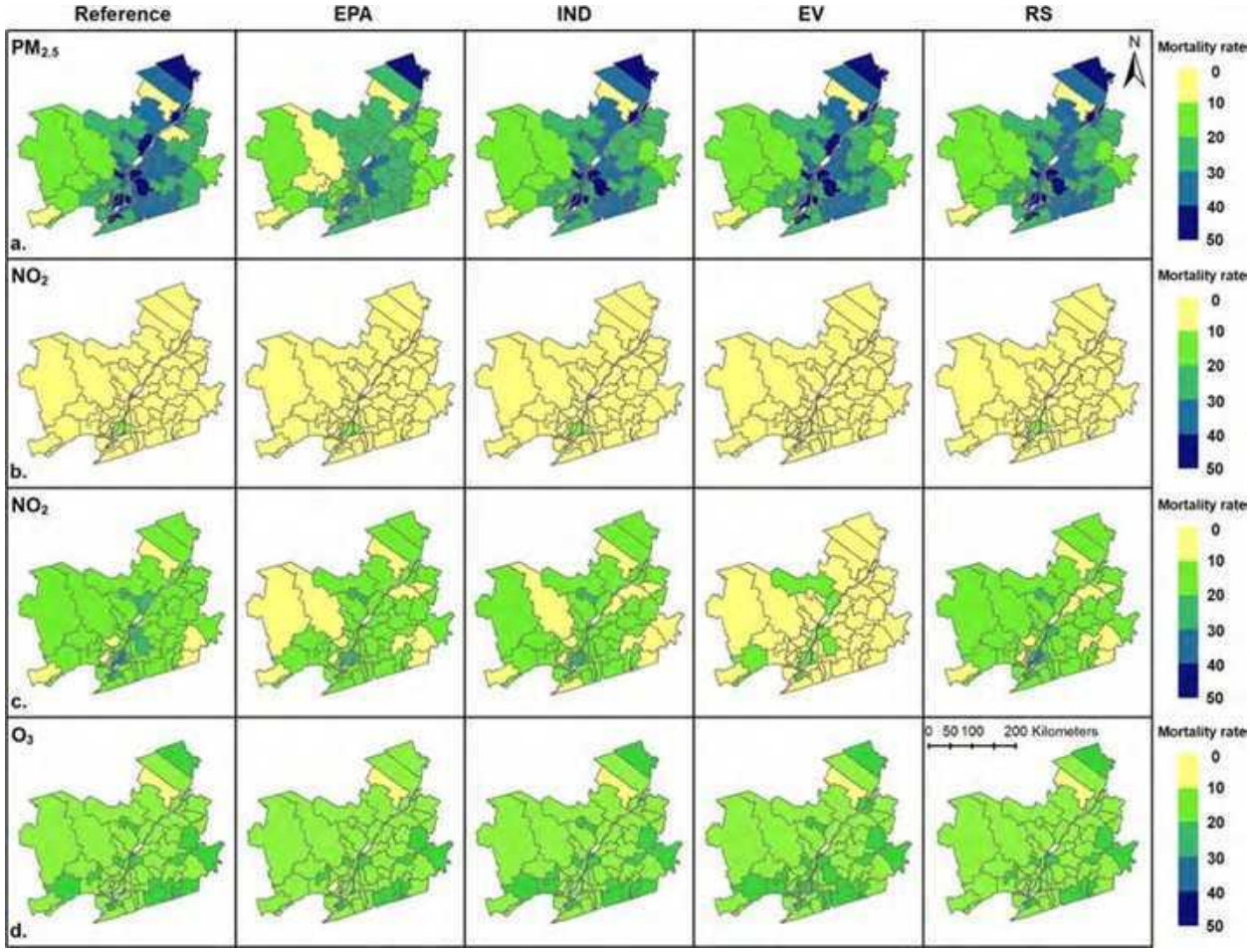


Fig. 5 Mortality rates at the census division (CD) level under the base case (REF), replacing residential wood stoves with EPA certification (EPA), eliminating industrial emissions (IND), full vehicle electrification (EV), and removing emissions from refineries and smelters (RS) scenarios. **a** Mortality rate for chronic exposure to $PM_{2.5}$, **b** mortality rate for acute exposure to NO_2, **c** mortality rate for chronic exposure to NO_2, and **d** mortality rate for acute exposure to O_3

premature deaths associated with acute exposure to O_3. Specifically, the number of premature deaths decreases by 6.54% and 3.97% under the EPA and RS scenarios, respectively. In contrast, the IND and EV scenarios result in a slight increase in O_3-related premature deaths (Table 1). However, the overall impact of all interventions on mortality rates due to acute O_3 exposure is minimal, with changes of less than 1% across all four scenarios (Fig. 4).

Discussion

The findings of this study highlight that considering mortality effects of chronic air pollutant exposure, replacing all wood stoves with EPA-certified stoves yields comparable benefits to electrifying all road vehicles. Although these two intervention scenarios are associated with similar death reductions, their mechanisms of action differ significantly. While the EPA stove scenario primarily reduces mortality associated with chronic $PM_{2.5}$ exposure, the EV scenario is most effective in mitigating mortality from chronic NO_2 exposure. It is worth noting that electric vehicles eliminate NO_2 emissions; they still contribute to $PM_{2.5}$ emissions through non-exhaust sources such as brake wear, tire wear, and road dust resuspension (Timmers & Achten, 2016), and these were not removed from our EV scenario.

Comparison with previous studies

Our results can be compared to results from a recent report from Health Canada (2023). Health Canada (2023) modelled pollutant levels from 21 sectors with the GEM-MACH system at a 10 km × 10 km resolution, then applied the AQBAT to evaluate the associated mortality burden across Canadian provinces. The residential, industrial, and transportation sectors were identified as the primary contributors to mortality

linked to air pollutants, collectively accounting for 6500 premature deaths. In Quebec, 2300 estimated premature deaths were attributed to chronic $PM_{2.5}$ exposure and acute NO_2 and O_3 exposure, representing 40% of the total premature deaths in Canada. Our study yields comparable estimates, with 2732 premature deaths attributed to chronic $PM_{2.5}$ exposure, 309 deaths due to acute NO_2 exposure, and 581 deaths due to acute O_3 exposure in Quebec.

Health Canada (2023) identified residential wood burning as the dominant contributor to premature deaths, particularly due to $PM_{2.5}$ exposure, which was responsible for 68% (1400 deaths) of chronic $PM_{2.5}$-related mortality. Our analysis similarly found residential wood burning as the primary source of $PM_{2.5}$-related deaths. We estimated that replacing conventional residential wood stoves with EPA-certified models could reduce premature deaths by 682 from chronic $PM_{2.5}$ exposure, accounting for 74% of the total reduction achieved by eliminating emissions from residential wood burning, industrial activities, and on-road traffic. However, our estimate of $PM_{2.5}$-related mortality from residential wood burning (682 deaths) is lower than Health Canada's estimate (1400 deaths). This difference stems from the fact that our analysis does not encompass all of Quebec. More importantly, while EPA-certified wood stoves produce fewer emissions than conventional models, they still contribute to $PM_{2.5}$ pollution, which likely explains the lower estimated reduction in premature deaths.

However, our analysis suggests that the impact of on-road transportation is more critical than previously estimated, such as by Health Canada (2023). Traffic emissions are a dominant source of NO_2, and while past studies have primarily focused on the acute health effects of NO_2 exposure, emerging evidence suggests that chronic exposure to traffic-related air pollution poses significant health risks (Chen et al., 2024; Huang et al., 2021). Unlike previous assessments, our study considered both acute and chronic NO_2 exposure. We found that fully electrifying vehicles (eliminating on-road transportation emissions) could prevent 151 premature deaths from acute NO_2 exposure and 752 premature deaths from chronic NO_2 exposure. Notably, the reduction in chronic NO_2-related mortality is very similar to the estimated reduction in chronic $PM_{2.5}$-related mortality from residential wood burning emission control, underscoring the critical role of traffic emissions in air pollution-related health impacts.

In contrast to the Health Canada (2023) report, which found that removing emissions from on-road transportation would reduce 28 premature deaths from acute O_3 exposure, our analysis yielded the opposite conclusion: we observed an increase in premature deaths associated with acute O_3 exposure following the removal of on-road transportation emissions. This discrepancy can be due to differences in the spatial resolution of the chemical transport models used. The increase that we noted is coherent with other studies (Blanchard & Tanenbaum, 2003; Wang et al., 2023; Wu et al., 2022) and is likely due to the complex chemistry of ground-level O_3 formation. Unlike primary pollutants, O_3 is not emitted directly but forms when nitrogen oxides (NO_x) and volatile organic compounds react in sunlight. On-road transportation sources release large amounts of NO_x, which can create and destroy O_3. In areas with high NO_x levels, such as cities with heavy traffic, NO_x reacts with O_3 and removes it from the air (Atkinson, 2000). As a result, reducing NO_x emissions can lead to an increase in O_3 concentrations, potentially offsetting expected health benefits.

Overall, the comparison between our findings and those of Health Canada highlights the importance of methodological choices such as the use of chronic effects risk functions, spatial resolution, and pollutant interactions in assessing air pollution-related health impacts.

Advantages of this study

This study offers several key advantages over previous assessments. First, the spatial resolution of the chemical transport model used enables higher-resolution estimates of $PM_{2.5}$, NO_2, and O_3 concentrations, enhancing the accuracy of health impact evaluations. The finer spatial resolution (3 km × 3 km) provides a more precise representation of pollutant distribution, particularly in urban areas where air quality can vary significantly over short distances.

Second, our study incorporates multiple intervention scenarios, allowing for a comprehensive comparison of health benefits across different air pollution sources. This approach provides a clearer understanding of which mitigation strategies yield the greatest health benefits while considering cost-effectiveness. For example, our results indicate that replacing residential wood stoves with EPA-certified models and full vehicle electrification achieve a similar decrease in mortality.

Third, while studies on air pollution mitigation often focus on reducing emissions from residential and industrial sources, limited research has assessed the health benefits of full vehicle electrification. This issue is particularly relevant in Quebec, which leads all Canadian provinces in electric vehicle adoption. As of the third quarter of 2024, Quebec had 40,763 registered zero-emission vehicles, accounting for 22.7% of all new vehicle registrations in the province (Statistics Canada, 2024). Given that Quebec's high adoption rate is largely driven by substantial government incentives, our findings highlight the critical role of vehicle electrification in reducing air pollution-related mortality, informing future transportation policies and investment decisions.

Finally, unlike many previous studies that primarily focus on acute NO_2 exposure, our analysis separately quantifies the health impacts of both acute and chronic NO_2 exposure.

Chronic NO_2 exposure is associated with a significantly higher number of premature deaths than acute exposure, reinforcing its long-term health risks. By incorporating chronic NO_2 mortality, our study underscores the need for policies that prioritize sustained reductions in traffic-related air pollution, rather than focusing solely on short-term interventions.

Limitations

This study provides valuable insights into the health impacts of air pollution and the benefits of emission reduction strategies, while several limitations should be acknowledged.

First, our analysis relies on CRFs derived from observational studies. This approach assumes that CRFs can accurately predict the causal relationships between changes in air pollution and health outcomes due to interventions. However, CRFs are estimated from population-level data and, as a result, they may reflect correlations influenced by unmeasured factors such as socioeconomic status and co-pollutants, rather than true causal effects (Cox, 2017). This potential mismatch brings uncertainty in health impact estimates. Therefore, further research is needed to reinforce our results.

Second, our analysis primarily focused on mortality outcomes, while other critical health effects, such as hospital admissions, respiratory illnesses, and cardiovascular diseases, were not comprehensively evaluated. Future research incorporating these non-fatal health outcomes would provide a more complete picture of air pollution's public health burden. Also, sulfur dioxide (SO_2), a well-known industrial pollutant, was excluded from our analysis due to the limited availability of exposure data in the AQBAT model, which only encompasses six census divisions. Nonetheless, the health impacts of SO_2 are primarily associated with acute exposures and are unlikely to substantially influence our conclusions.

Third, while air pollutants were modelled with the Polair3D chemical transport model at high spatial resolution, pollutant concentration estimates are subject to inherent uncertainties and potential biases (Yamanouchi et al., 2024). To mitigate these limitations, we did not use absolute Polair3D-modeled concentrations to estimate health impacts. Instead, we applied percentage changes in pollutant levels from Polair3D to the AQBAT tool's baseline concentrations. Although this approach helps reduce systematic biases, percent changes could be inaccurate, especially when nonlinear responses that are poorly represented by model processes exist (e.g., for ozone formation). Applying percent changes may also smooth out local differences, which could lead to over- or underestimating health benefits in specific areas.

Additionally, the health effects of $PM_{2.5}$ exposure from wood combustion may be overestimated in our study. The AQBAT model applies chronic exposure estimates, assuming long-term and recurring exposure over several months or years. However, $PM_{2.5}$ emissions from wood combustion are more episodic and may be more accurately linked to acute rather than chronic exposure. Since acute exposures typically have lower associated health risks than chronic exposures, our findings may overstate the health benefits of reducing residential wood combustion. Further research is needed to refine these estimates and differentiate between the health effects of short- and long-term exposure to $PM_{2.5}$ from wood burning.

Furthermore, the AQBAT tool does not account for health impacts associated with volatile organic compounds (VOCs), which play a role in the formation of secondary pollutants, including O_3 and $PM_{2.5}$. Although our study indirectly considers VOC effects through their influence on these pollutants, a more explicit assessment of VOC-related health impacts remains an important area for future research. Similarly, the AQBAT model does not estimate health risks from specific toxic pollutants such as heavy metals, due to limited available data on their exposure–response relationships in non-occupational settings. Given the growing evidence linking airborne metal exposure to adverse health outcomes, further research is needed to better understand their health effects, namely in industrial towns.

Finally, future work should focus on improving air pollution modeling accuracy, incorporating additional environmental factors such as climate change, and expanding the range of health outcomes assessed. By addressing these limitations, future studies can enhance our understanding of air pollution's full health burden and help refine strategies for mitigating its effects.

Contributions to knowledge

What does this study add to existing knowledge?

- This study provides a comparative, multi-pollutant assessment ($PM_{2.5}$, NO_2, O_3) of four interventions on health impacts (replacing residential wood stoves with EPA-certified models, eliminating industrial emissions, full vehicle electrification, and removing emissions from refineries and smelters) at fine spatial resolution (3×3 km) across 62 census divisions in southern Quebec, Canada.
- It explicitly quantifies mortality from chronic NO_2 exposure, addressing a gap in prior work that focused primarily on acute NO_2.
- It identifies full vehicle electrification and EPA-certified wood-stove replacement as the most effective interventions, producing the greatest reductions in NO_2- and $PM_{2.5}$-attributable mortality, respectively.

What are the key implications for public health interventions, practice, or policy?

- EPA-certified wood stove replacement and full vehicle electrification have to be the leading policy priorities for mitigating mortality from $PM_{2.5}$ and NO_2 exposure.
- Chronic NO_2 exposure needs to be considered in health and policy analyses because relying only on acute NO_2 misses important traffic-related risks.
- The high-burden geographic areas need to be identified to maximize health benefits.

Supplementary Information The online version contains supplementary material available at https://doi.org/10.17269/s41997-025-01142-1.

Acknowledgements We thank the Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs for funding this project.

Author contributions Smargiassi and Hatzopoulou conceived and designed the study. Liu and Torbatian acquired, analyzed, and interpreted the data. Liu drafted the manuscript. Smargiassi, Hatzopoulou, Gamage, Buteau, Torbatian, and Ganji revised the manuscript for clarity, accuracy, and completeness. All authors approved the final version and agreed to be accountable for all aspects of the work.

Funding This research was supported by the Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs.

Availability of data and material The air pollution concentration data used in this study were derived from simulations using the Polair3D chemical transport model and from reference values provided by the Air Quality Benefits Assessment Tool (AQBAT) by Health Canada. Mortality data were obtained from the AQBAT database. All data used are publicly available or available upon reasonable request from the corresponding author.

Code availability The Polair3D model is open source and available through the Polyphemus modeling platform. Custom R scripts used to process data and perform the analysis are available from the corresponding author upon reasonable request.

Declarations

Ethics approval Not applicable.

Consent to participate Not applicable.

Consent for publication Agree.

Conflict of interest The authors declare no competing interests.

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

References

Atkinson, R. (2000). Atmospheric chemistry of VOCs and NOx. *Atmospheric Environment, 34*(12–14), 2063–2101.

Blanchard, C. L., & Tanenbaum, S. J. (2003). Differences between weekday and weekend air pollutant levels in southern California. *Journal of the Air & Waste Management Association, 53*(7), 816–828.

Burns, J., Boogaard, H., Polus, S., Pfadenhauer, L. M., Rohwer, A. C., Van Erp, A. M., Turley, R., & Rehfuess, E. A. (2020). Interventions to reduce ambient air pollution and their effects on health: An abridged Cochrane systematic review. *Environment International, 135*, 105400.

Chatterjee, D., McDuffie, E. E., Smith, S. J., Bindle, L., van Donkelaar, A., Hammer, M. S., ..., Martin, R. V. (2023). Source contributions to fine particulate matter and attributable mortality in India and the surrounding region. *Environmental Science & Technology*, *57*(28), 10263–10275.

Chen, X., Qi, L., Li, S., & Duan, X. (2024). Long-term NO2 exposure and mortality: A comprehensive meta-analysis. *Environmental Pollution, 341*, 122971.

Cox, L. A., Jr. (2017). Do causal concentration–response functions exist? A critical review of associational and causal relations between fine particulate matter and mortality. *Critical Reviews in Toxicology, 47*(7), 609–637.

GBD. (2020). Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet, 396*(10258), 1223–1249.

Gu, Y., Fang, T., & Yim, S. H. L. (2024). Source emission contributions to particulate matter and ozone, and their health impacts in Southeast Asia. *Environment International, 186*, 108578.

Health Canada. (2021). Health impacts of air pollution in Canada: Estimates of premature deaths and nonfatal outcomes. Available from: https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/services/publications/healthy-living/2021-health-effects-indoor-air-pollution/hia-report-eng.pdf. Accessed 27 Nov 2025.

Health Canada (2023). Health impacts of air pollution from transportation, industry and residential sources in Canada. Available from: https://publications.gc.ca/collections/collection_2023/sc-hc/H144-112-2022-eng.pdf. Accessed 27 Nov 2025.

HEI (2022). Systematic review and meta-analysis of selected health effects of long-term exposure to traffic-related air pollution. Available from:https://www.healtheffects.org/publication/systematic-review-and-meta-analysis-selected-health-effects-long-term exposure-traffic. Accessed 27 Nov 2025.

Holman, C. (1999). Sources of air pollution. In *Air pollution and health* (pp. 115–148). Academic Press.

Hou, X., Strickland, M. J., & Liao, K. J. (2015). Contributions of regional air pollutant emissions to ozone and fine particulate matter-related mortalities in eastern US urban areas. *Environmental Research, 137*, 475–484.

Huang, S., Li, H., Wang, M., Qian, Y., Steenland, K., Caudle, W. M., ..., Shi, L. (2021). Long-term exposure to nitrogen dioxide and mortality: A systematic review and meta-analysis. *Science of the Total Environment, 776*, 145968.

Huangfu, P., & Atkinson, R. (2020). Long-term exposure to NO2 and O3 and all-cause and respiratory mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environment International, 144*, 105998.

Johnson, S., Haney, J., Cairone, L., Huskey, C., & Kheirbek, I. (2020). Assessing air quality and public health benefits of New York City's climate action plans. *Environmental Science & Technology, 54*(16), 9804–9813.

Lee, K. K., Bing, R., Kiang, J., Bashir, S., Spath, N., Stelzle, D., ... & Shah, A. S. (2020). Adverse health effects associated with household air pollution: A systematic review, meta-analysis, and burden estimation study. *The Lancet global health*, *8*(11), e1427-e1434.

Liu, K., Wang, K., Jia, S., Liu, Y., Liu, S., Yin, Z., & Zhang, X. (2024). Air quality and health benefits for different heating decarbonization pathways in China. *Science of the Total Environment, 919*, 170976.

Mallet, V., Quélo, D., Sportisse, B., Ahmed de Biasi, M., Debry, E., Korsakissok, I., ..., Foudhil, H. (2007). The air quality modeling system Polyphemus. *Atmospheric chemistry and physics*, *7*(20), 5479–5487.

Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution: A review. *Frontiers in Public Health, 8*, Article 14.

Relvas, H., Lopes, D., Ferreira, J., Silva, A., Rafael, S., Lopes, M., Almeida, S. M., Martins, V., Diapouli, E., Korhonen, A., Hänninen, O., Lazaridis, M., & Miranda, A. I. (2022). Scenario analysis of strategies to control air pollution. *Urban Climate, 44*, Article 101201.

Silva, R. A., Adelman, Z., Fry, M. M., & West, J. J. (2016). The impact of individual anthropogenic emissions sectors on the global burden of human mortality due to ambient air pollution. *Environmental Health Perspectives, 124*(11), 1776–1784.

Statistics Canada. (2016). Census profile, 2016 Census. Available from: https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/index-eng.cfm?MM=1. Accessed 5 Nov 2024.

Statistics Canada. (2024). The Daily- New motor vehicle registrations, third quarter 2024. Available from: https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/241212/dq241212c-eng.htm?utm_source=chatgpt.com. Accessed 27 Feb 2024.

Timmers, V. R., & Achten, P. A. (2016). Non-exhaust PM emissions from electric vehicles. *Atmospheric Environment, 134*, 10–17.

Upadhyay, A., Dey, S., Chowdhury, S., & Goyal, P. (2018). Expected health benefits from mitigation of emissions from major anthropogenic PM2. 5 sources in India: Statistics at state level. *Environmental Pollution, 242*, 1817–1826.

Wang, P., Zhang, R., Sun, S., Gao, M., Zheng, B., Zhang, D., ..., Zhang, H. (2023). Aggravated air pollution and health burden due to traffic congestion in urban China. *Atmospheric chemistry and physics*, *23*(5), 2983–2996.

Wu, S., Lee, H. J., Anderson, A., Liu, S., Kuwayama, T., Seinfeld, J. H., & Kleeman, M. J. (2022). Direct measurements of ozone response to emissions perturbations in California. *Atmospheric Chemistry and Physics, 22*(7), 4929–4949.

Yamanouchi, S., Gamage, S. M., Torbatian, S., Zalzal, J., Minet, L., Smargiassi, A., & Hatzopoulou, M. (2024). Validation and analysis of the Polair3D v1. 11 chemical transport model over Quebec. *Geoscientific Model Development, 17*(9), 3579–3597.

Zheng, H., Li, S., Jiang, Y., Dong, Z., Yin, D., Zhao, B., & Hao, J. (2024). Unpacking the factors contributing to changes in PM2.5-associated mortality in China from 2013 to 2019. *Environment International,184*, 108470.

Zhou, Y., Fu, J. S., Zhuang, G., & Levy, J. I. (2010). Risk-based prioritization among air pollution control strategies in the Yangtze River Delta, China. *Environmental Health Perspectives, 118*(9), 1204–1210.

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

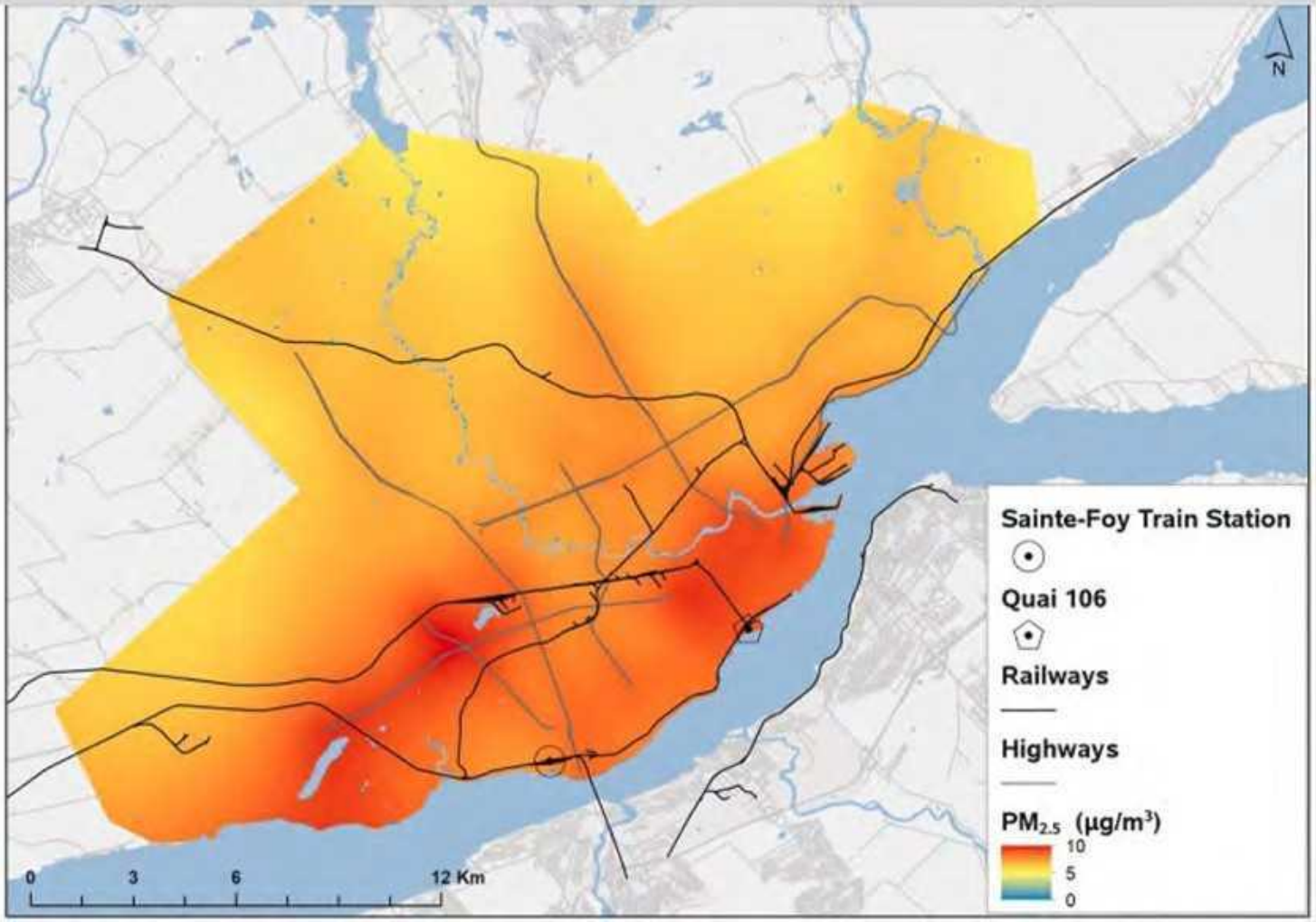
QUALITÉ DE L'AIR À QUÉBEC
Impacts sur la santé des poêles et foyers au bois

Philippe Robert, M.D., M.Sc., FRCPC,
Directeur de santé publique de la Capitale-Nationale
21 janvier 2026

Centre intégré
universitaire de santé
et de services sociaux
de la Capitale-Nationale
Québec

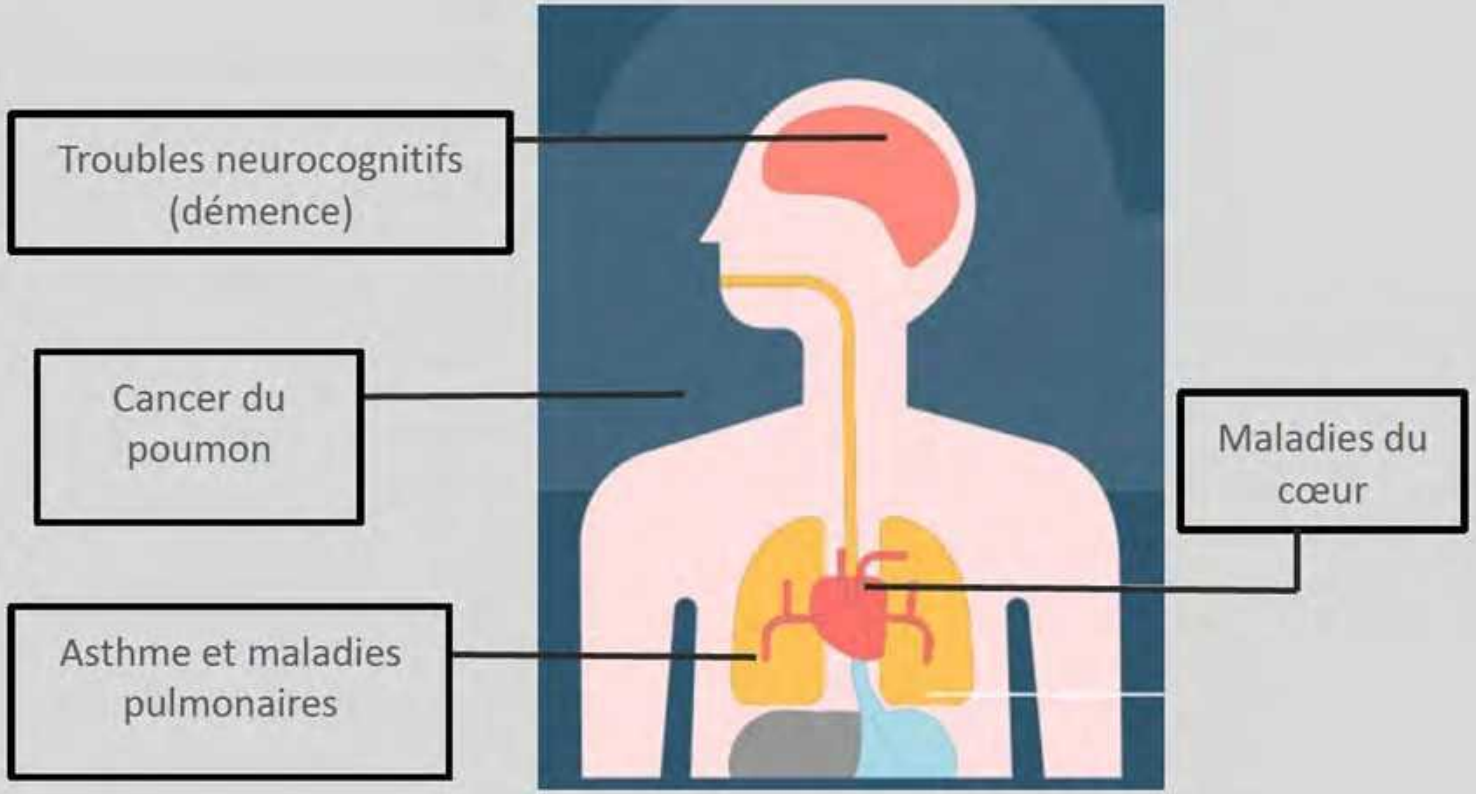
La pollution de l'air touche toute l'agglomération de Québec, particulièrement le centre et l'ouest

Concentration annuelle moyenne de particules fines à Québec, 2019-2020



Clark et al. 2024. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124353
Produit dans le cadre du projet *Mon environnement, ma santé*.

Impacts sur la santé des particules fines

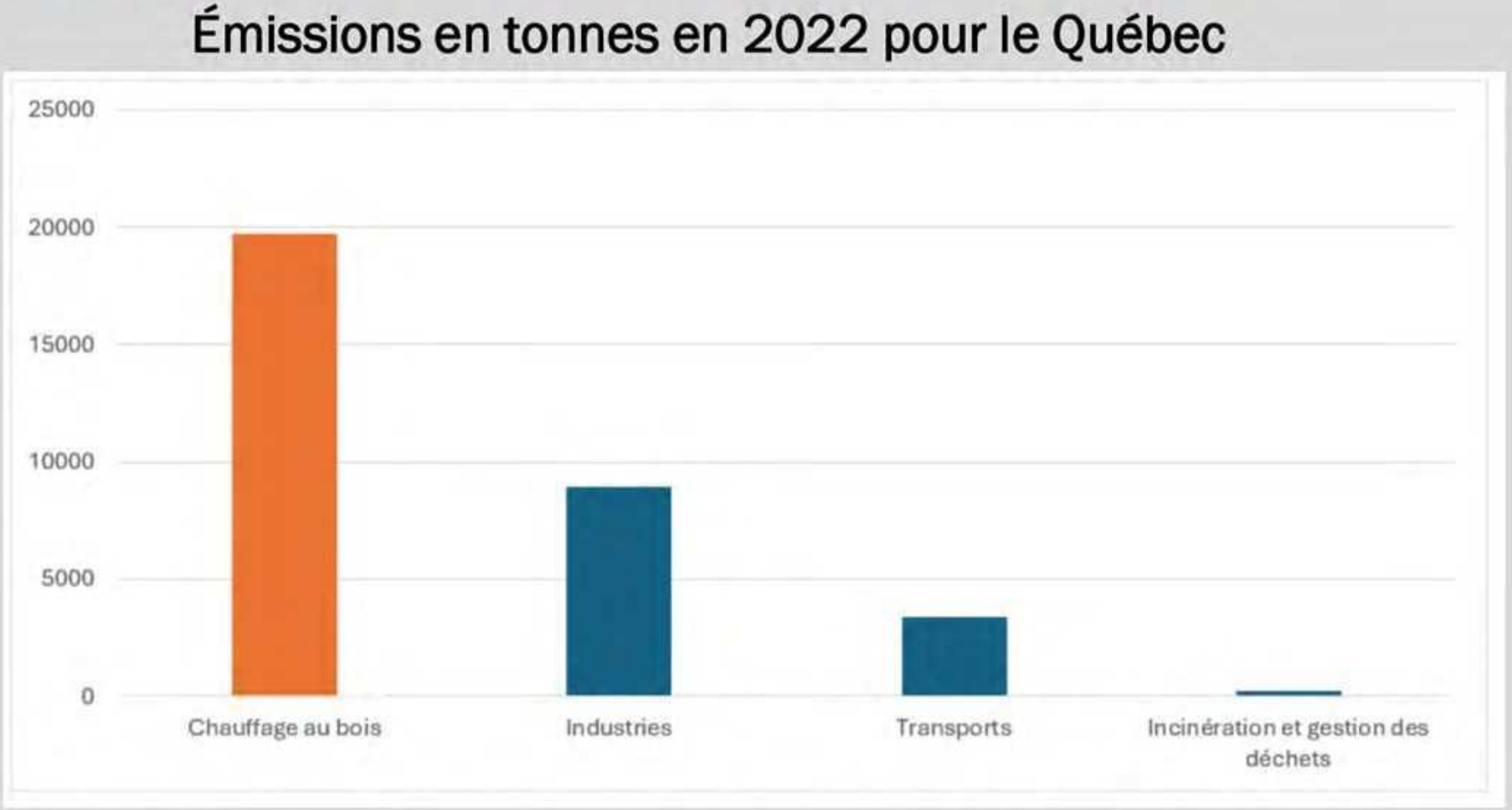


Direction de santé publique de Montréal, 2023. https://ccsmtlpro.ca/sites/mtlpro/files/media/document/DRSP_Pub_2023_QualiteAirMTL_FR.pdf

La combustion résidentielle du bois est une source importante de particules fines.

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Au Québec, les poêles et foyers émettent plus de particules fines que les industries et les transports.

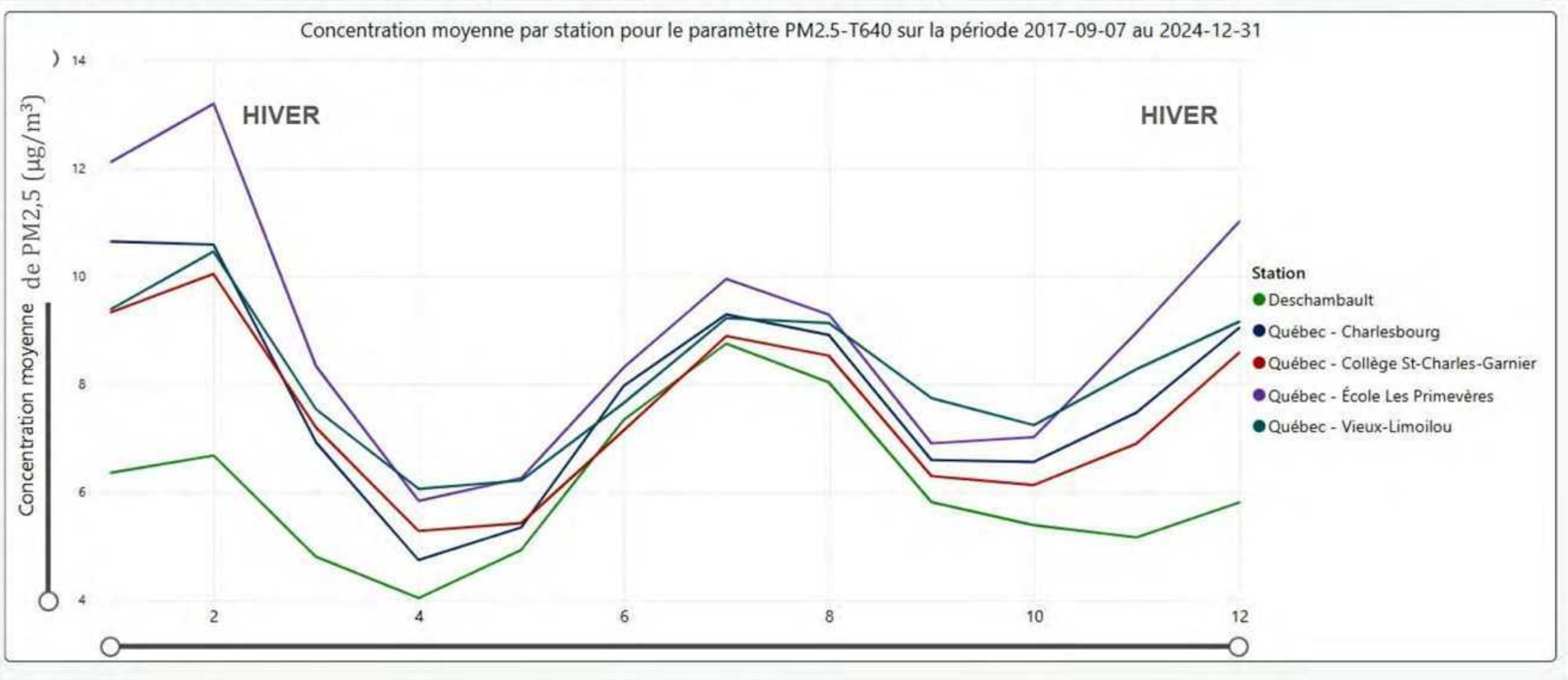


Source : Graphique produit à partir des données de l'Inventaire québécois des émissions des principaux contaminants atmosphériques du ministère de l'Environnement, de la Lutte aux changements climatiques, de la Faune et des Parcs.

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nat

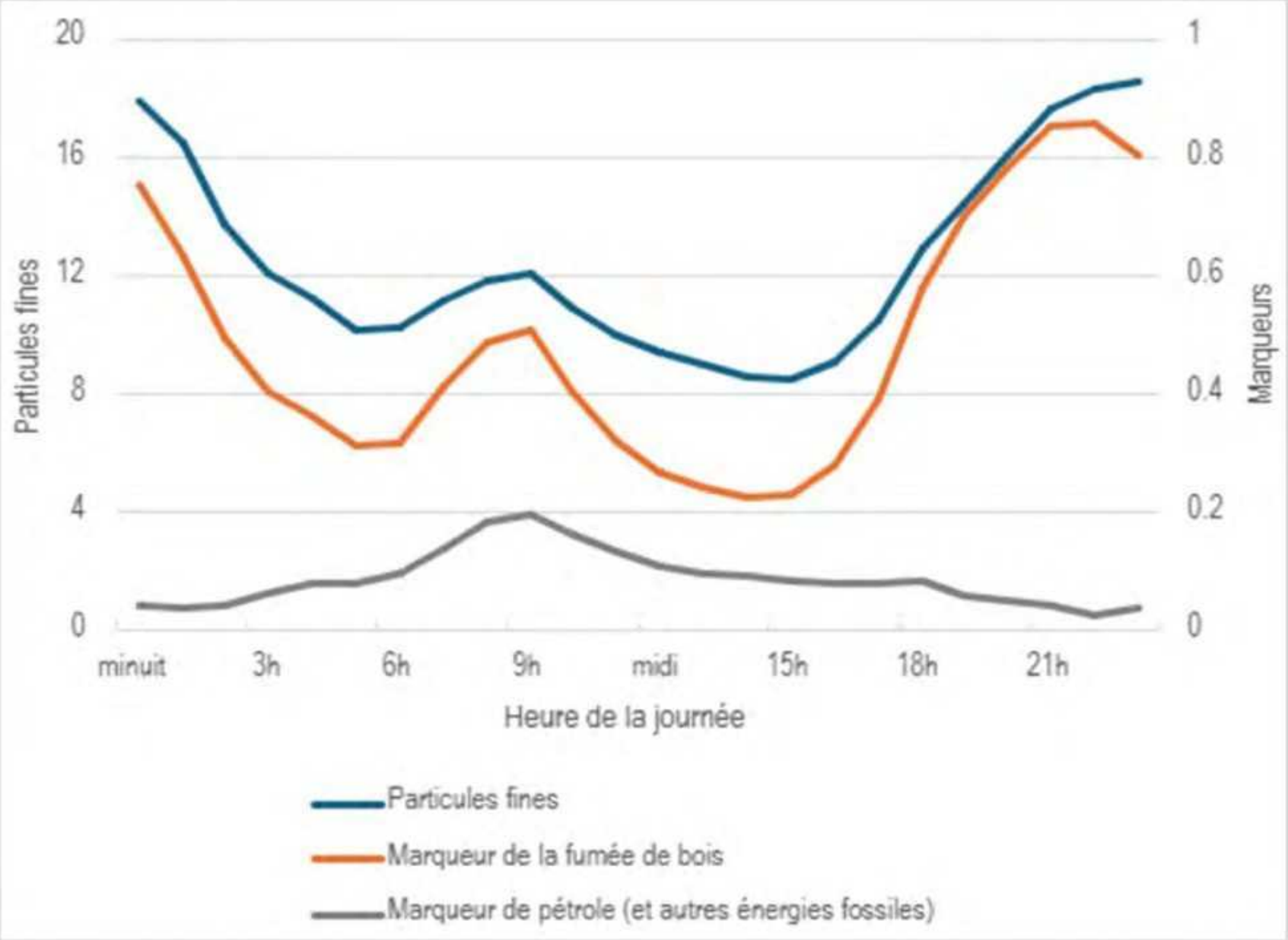
Dans la région, le niveau de particules fines augmente en hiver

Concentrations mensuelles moyennes de particules fines à Québec (2017-2024)



Analyse de la DSPublique, à partir des données du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec (RSQAQ) du MELCCFP

Le niveau de particules fines suit le niveau d'un marqueur de combustion de bois, à la station Primevères.

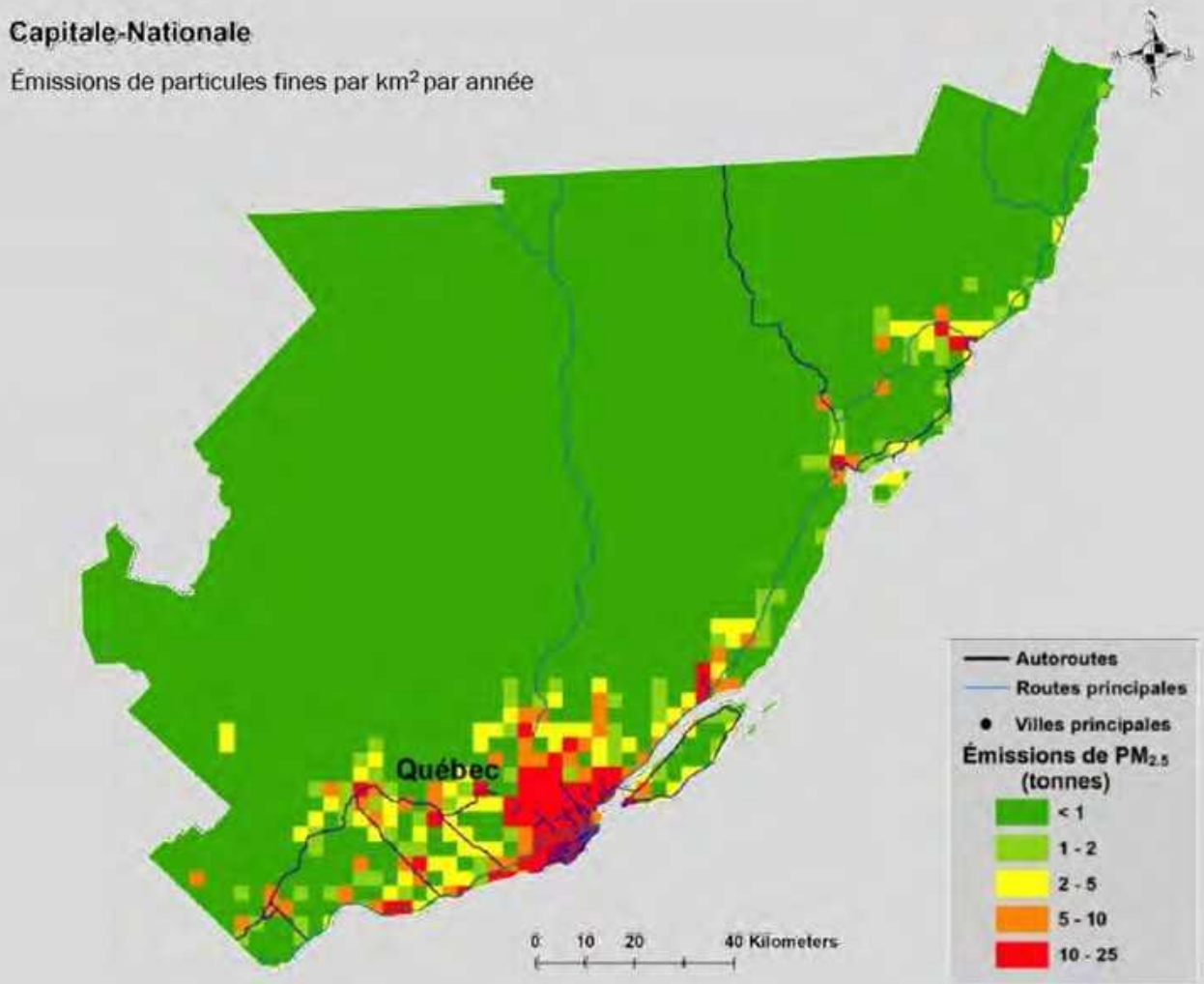


Concentrations moyennes (en µg/m3) de particules fines, de carbone noir spécifique à la combustion de biomasse (marqueur de la fumée de bois) et de carbone noir spécifique à la combustion d'énergies fossiles en 2019-2021 à la station de l'école Primevères
Source : Graphique généré à partir de données du MELCCFP

Les poêles et foyers au bois émettent environ 2000 tonnes de particules fines par année dans la région.

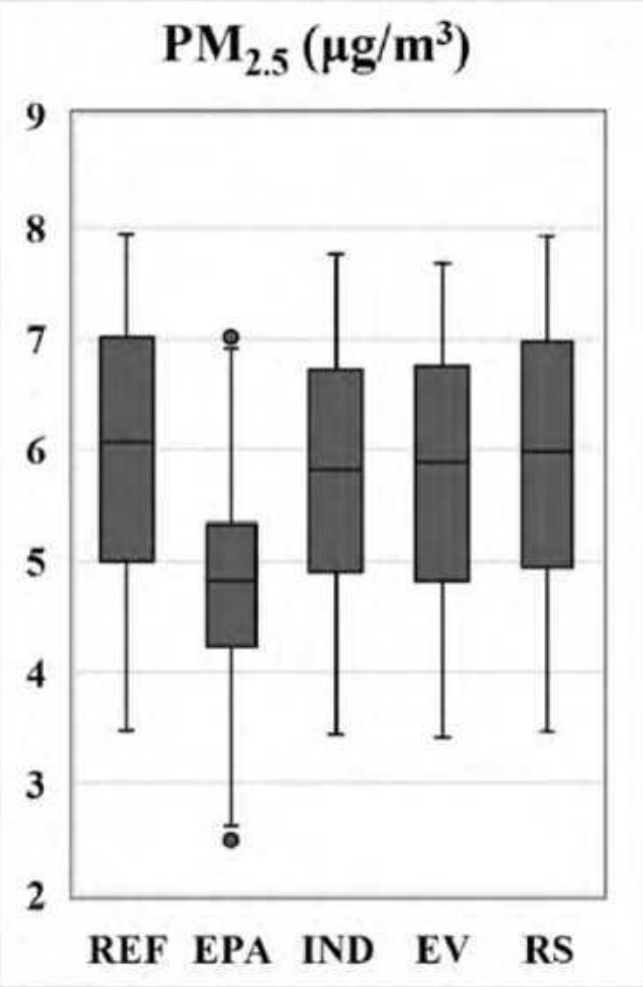
Estimé à partir de données :

- > 500 000 résidences vendues sur Centris au Québec : présence de poêles ou foyers
- Sondage de > 28 000 personnes : certification, fréquence d'utilisation, quantité de bois brulé



Zalzal et al., 2024. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174226
Figure : communication personnelle d'Audrey Smargiassi.

Comparaison de 4 scénarios pour réduire les émissions de particules fines dans le sud du Québec



Le scénario le plus efficace est de remplacer les appareils par des poêles certifiés EPA (- 20% de particules fines).

Scénarios

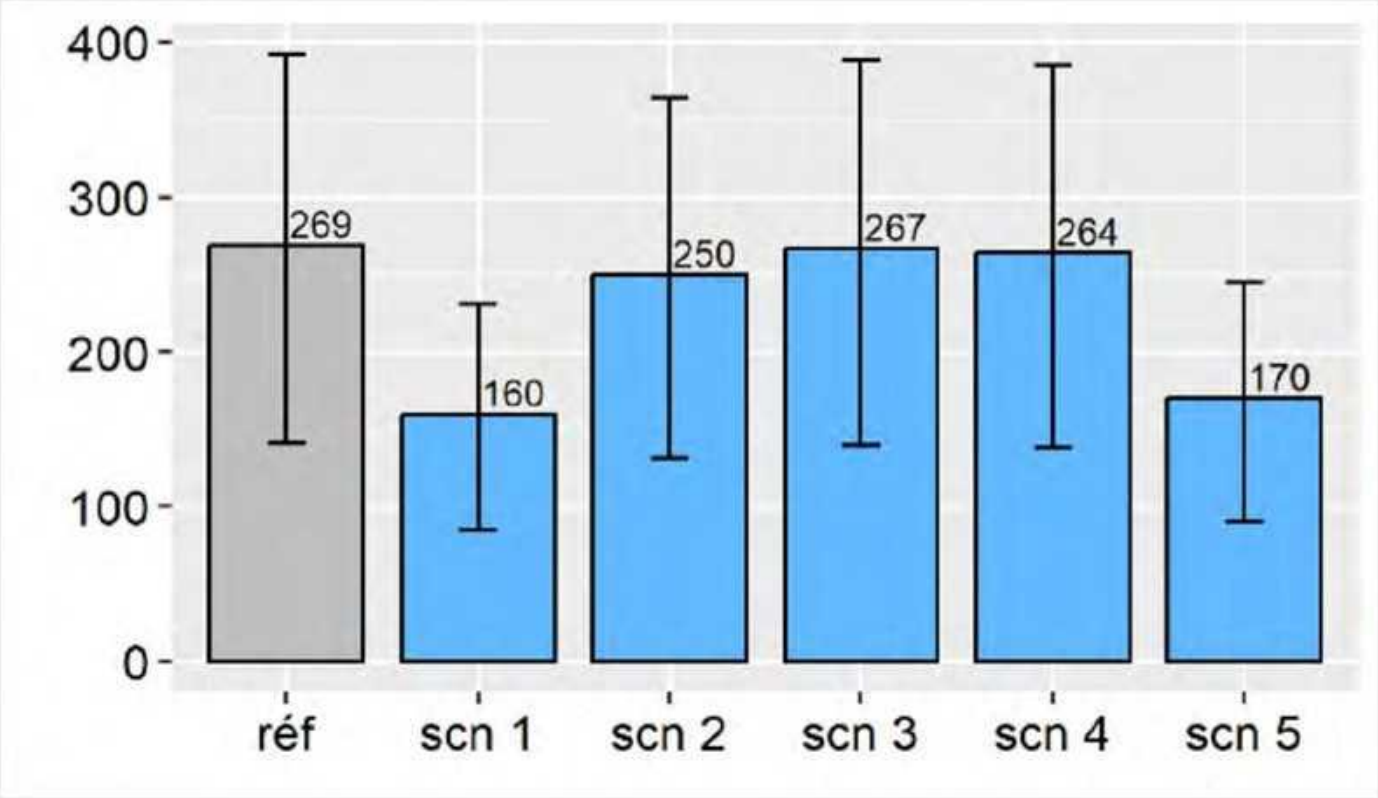
0. Sans intervention
1. Remplacement de tous les poêle et foyers par appareils certifiés EPA
2. Aucune émission industrielle
3. Électrification des véhicules routiers
4. Aucune émission de raffinerie et fonderie

Lui et al. 2025: Clearing the air – Which pollution source matters most for health? https://doi.org/10.17269/s41997-025-01142-1

La pollution issue des poêles et foyers au bois a un impact significatif sur la santé de toute la population.

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Impacts sur la santé estimés par l'INSPQ dans l'agglomération de Québec



Nombre de décès prématurés attribuables à l'exposition chronique aux particules fines, division de recensement de Québec

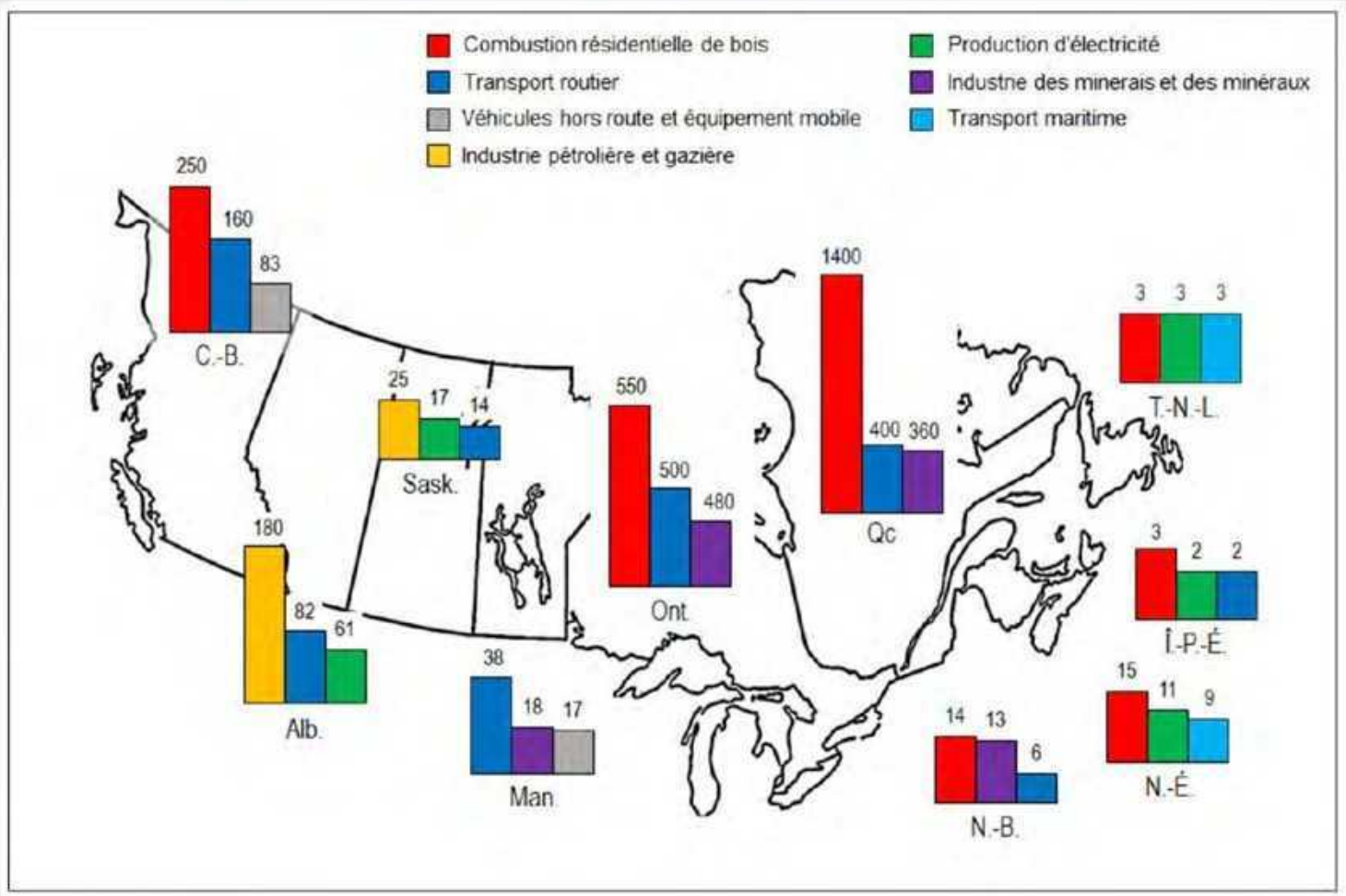
Scénarios

1. **Tous les appareils de combustion du bois de la province sont certifiés EPA**
2. Aucune émission associée à l'agriculture
3. Aucune émission industrielle
4. Aucune émission de véhicules hors route
5. Aucune combustion du bois dans les régions urbaines de la province

Smargiassi et al. 2023. Projets de recherche dans le cadre du portrait des sources de contaminants atmosphériques et sonores : impacts sanitaires des scénarios futurs. INSPQ.

Impacts sur la santé estimés par Santé Canada

Nombre de **décès prématurés** attribuables aux émissions de polluants de l'air de trois secteurs modélisés les plus importants par province (2015)



Santé Canada, 2023. https://publications.gc.ca/collections/collection_2023/sc-hc/H144-112-2022-fra.pdf

Autres considérations

- Plus de 74 % des Québécois·es sont préoccupés par la qualité de l'air en raison du smog urbain et de la fumée des feux de forêt.*
- Environ 73 % des citoyens de Québec seraient d'accord à ce que la Ville interdise l'utilisation de poêles à bois certifiés (19 % contre, 8 % ne sait pas)**
- Toute la population est exposée à la pollution issue du chauffage au bois, involontairement pour près de 85 % des ménages qui ne l'utilisent pas**
- 11 % des citoyens se disent souvent incommodés par la fumée du chauffage au bois l'hiver**
- Possibilité de conserver un appareil pour les pannes de courant

*Association pour la santé publique du Québec
*Sondage Léger, 2020, auprès de 501 citoyens, commandé par la Ville de Québec

MESSAGES CLÉS

- Toute diminution des concentrations ambiantes de particules fines aura des bénéfices sur la santé de la population à long terme.
- Diminuer l'exposition chronique et aigue hivernale aux particules fines contribue à améliorer la santé de la population.
- La combustion résidentielle du bois est une source importante de pollution de l'air au Québec et à Québec.

Pour en savoir plus :

Poêles et foyers au bois : impacts sur la santé et alternatives | CIUSSSCN

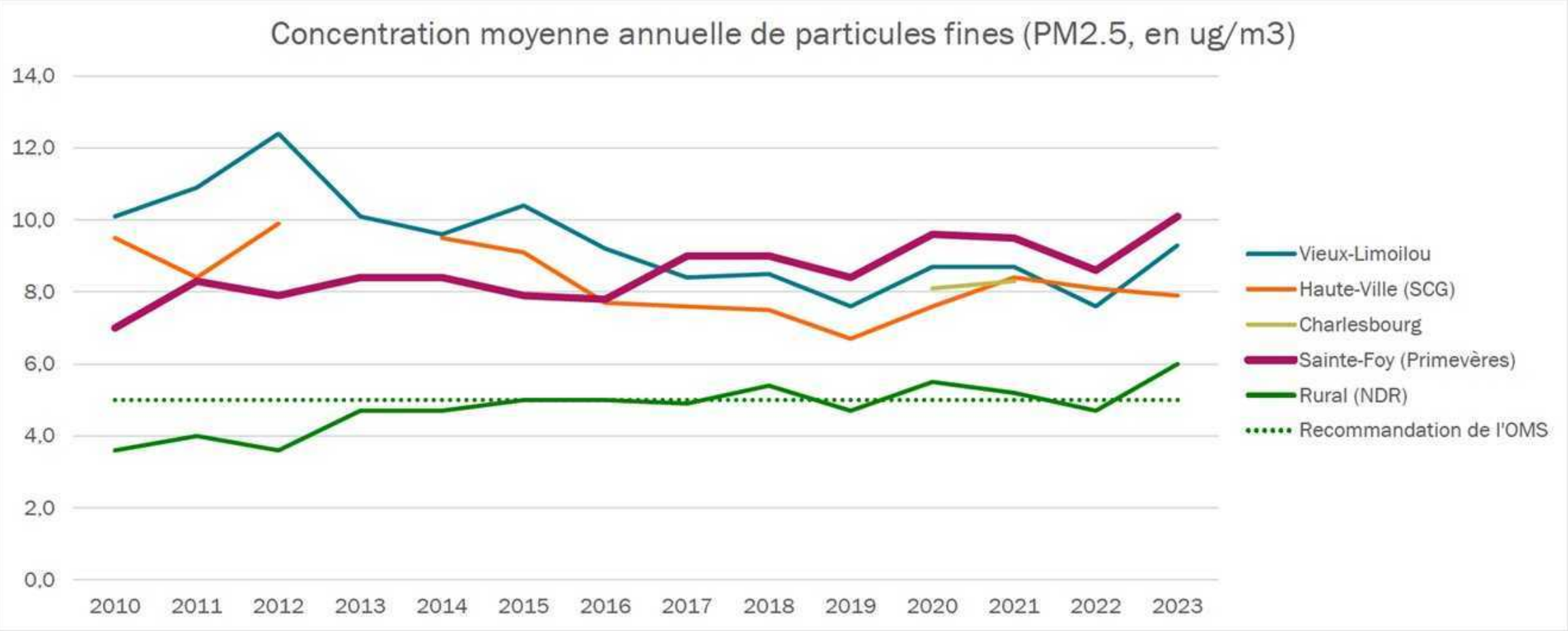
Les feux de bois, une cause majeure de pollution de l'air | Observatoire de la prévention de l'Institut de Cardiologie de Montréal

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Matériel complémentaire

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

La ligne directrice de l'OMS est dépassée à toutes les stations de Québec et la situation se dégrade dans l'ouest



Extraction de l'Infocentre de santé publique, à partir des données du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec

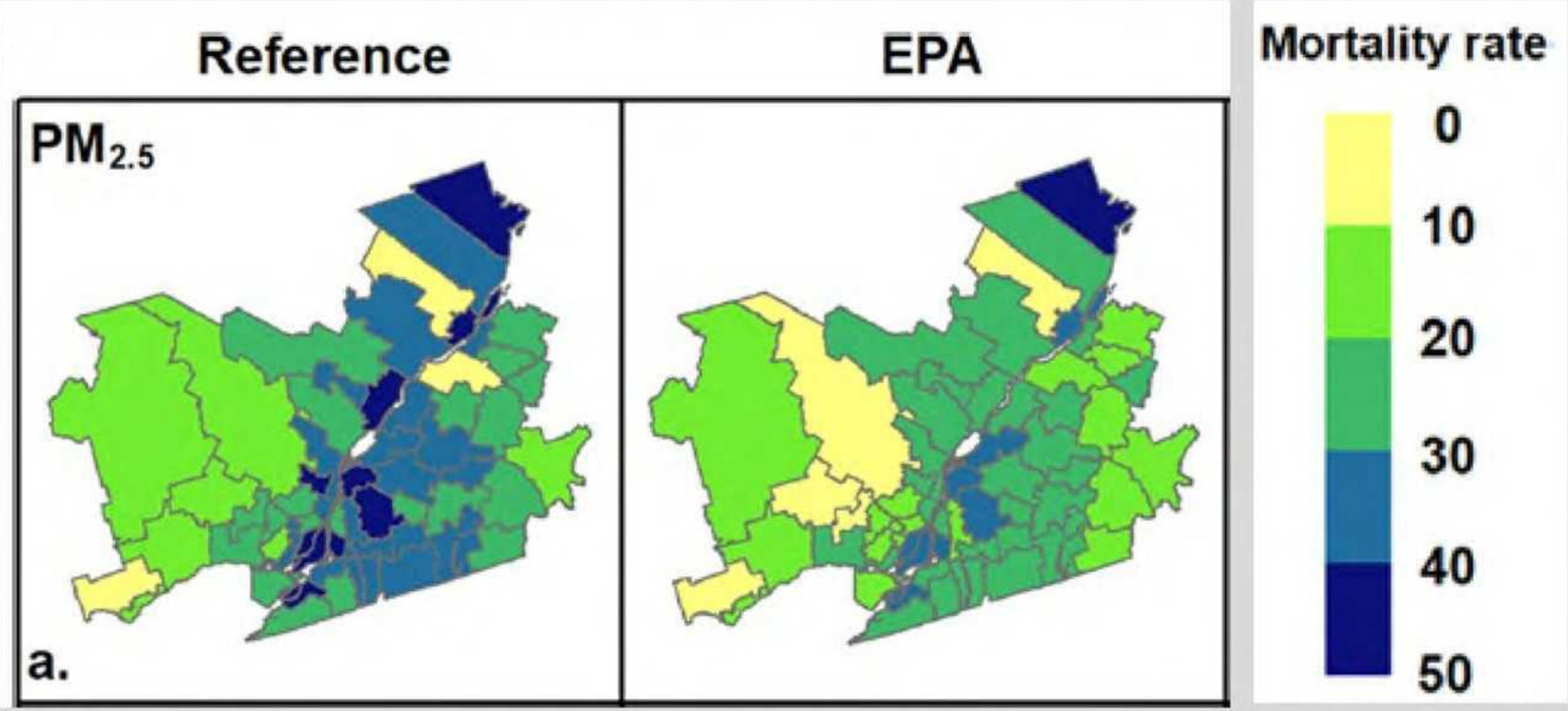
Seuils permettant de limiter l'occurrence d'épisodes pouvant occasionner des effets aigus sur la population

Polluant	Durée	Organismes					
		Critères santé				Critères de gestion de la qualité de l'air	
		Ligne directrice (OMS, 2021)	Cible intermédiaire 4 (OMS, 2021)	Cible intermédiaire 3 (OMS, 2021)	CCME et NCQAA (2020)	US NAAQS (US EPA, 1990)	ECCC et MELCCFP
$PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)	24 h	15*	25*	37,5*	27**	35**	35***

- Seuils basés sur les effets sanitaires des particules fines en considération des lignes directrices de l'OMS
- Objectif : limiter le nombre de journée de fortes concentrations de particules fines durant l'hiver sur le territoire de la ville de Québec (avertissement de smog hivernal = 35 $\mu g/m^3$ en moyenne des 3 dernières heures)
- À court terme, un seuil de 25 $\mu g/m^3$ en moyenne par 24 heures pourrait être utilisé. À plus long terme, la Ville pourrait tendre vers le 15 $\mu g/m^3$ en moyenne par 24 heures
- Ces seuils représentent les concentrations que l'on veut éviter; il ne s'agit donc pas de seuils d'intervention pour déclencher l'ordonnance

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Impacts estimés par des chercheurs universitaires



Lui et al. 2025: Clearing the air – Which pollution source matters most for health? https://doi.org/10.17269/s41997-025-01142-1

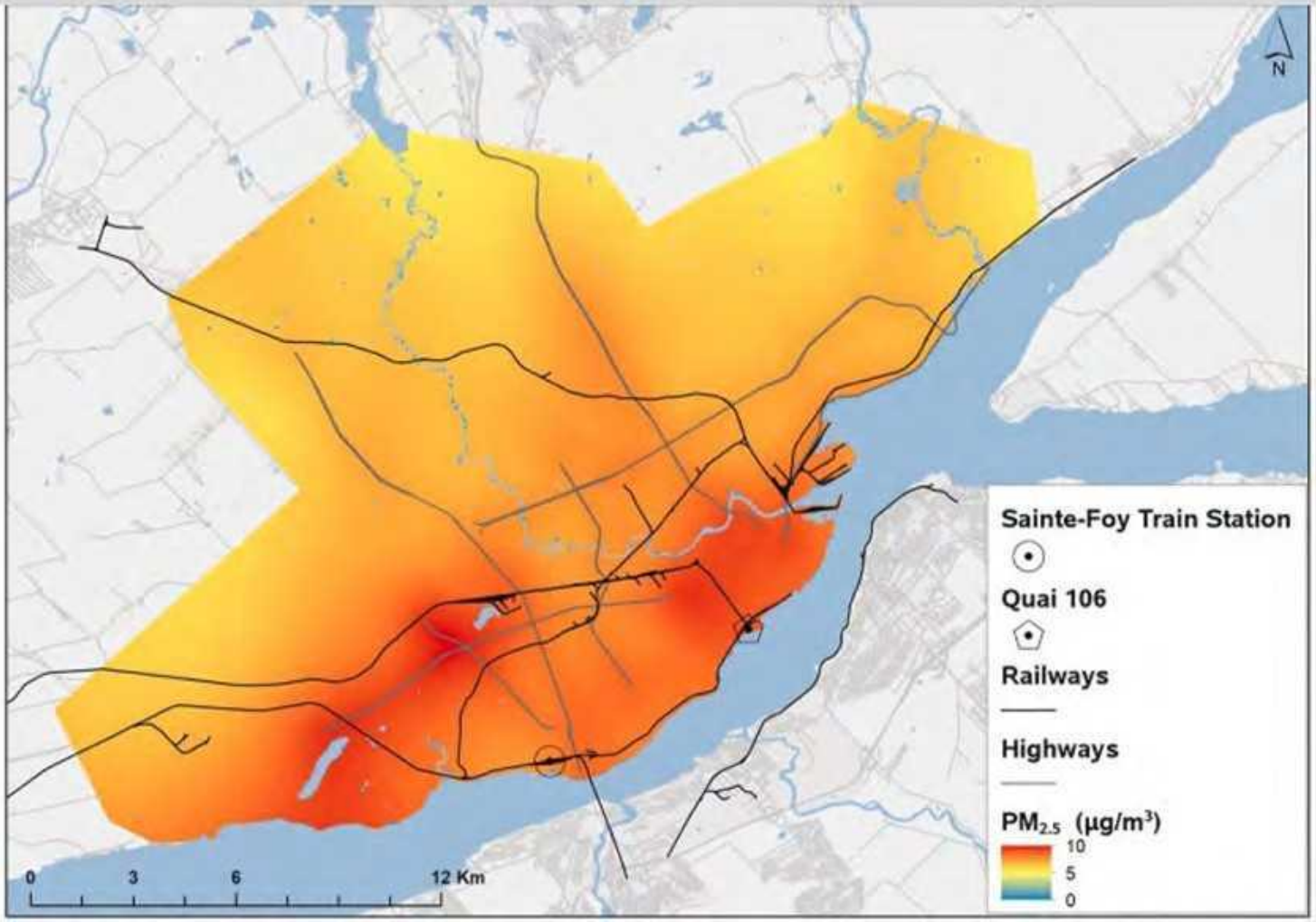
QUALITÉ DE L'AIR À QUÉBEC
Impacts sur la santé des poêles et foyers au bois

Philippe Robert, M.D., M.Sc., FRCPC,
Directeur de santé publique de la Capitale-Nationale
21 janvier 2026

Centre intégré
universitaire de santé
et de services sociaux
de la Capitale-Nationale
Québec

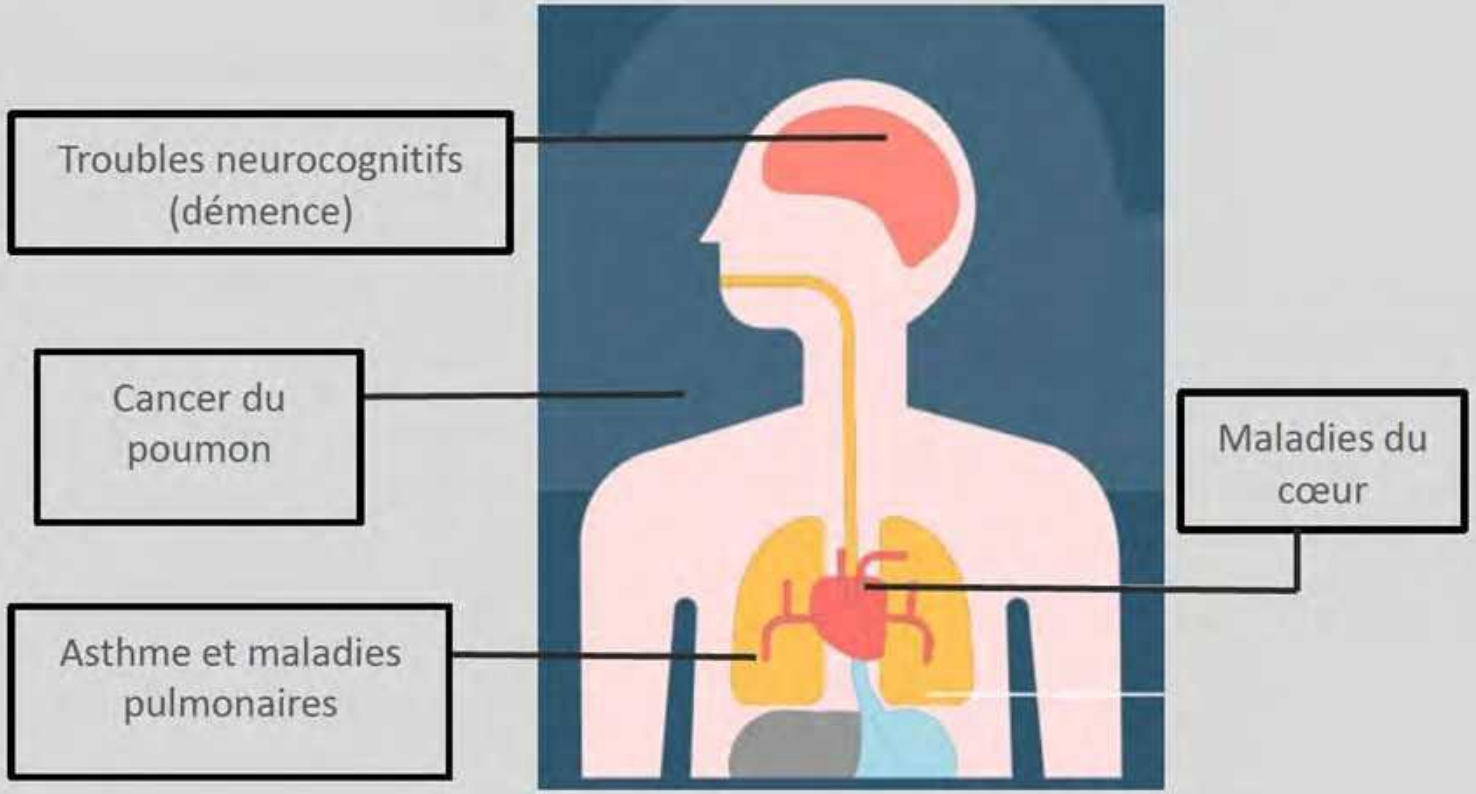
La pollution de l'air touche toute l'agglomération de Québec, particulièrement le centre et l'ouest

Concentration annuelle moyenne de particules fines à Québec, 2019-2020



Clark et al. 2024. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124353
Produit dans le cadre du projet *Mon environnement, ma santé*.

Impacts sur la santé des particules fines

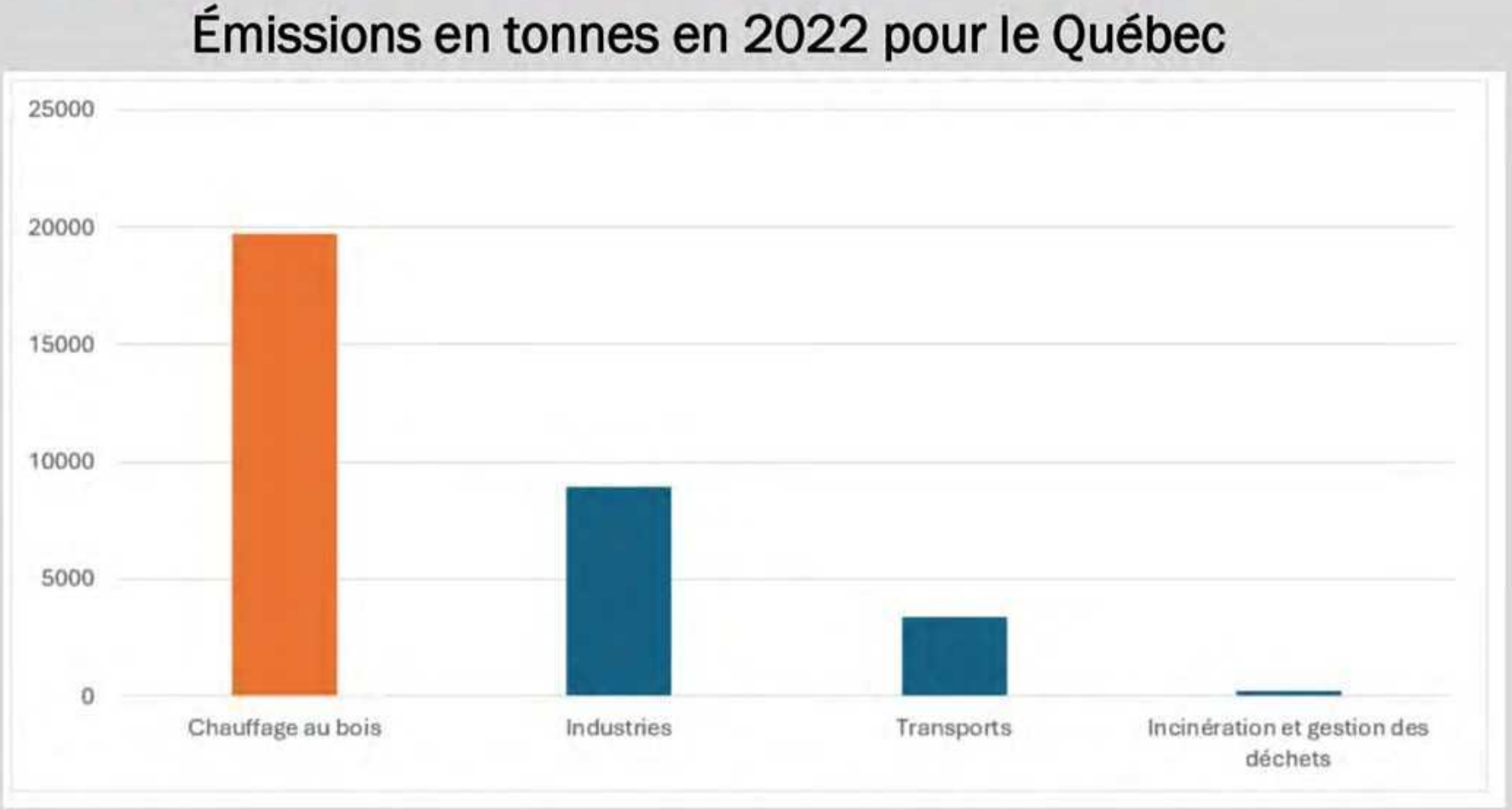


Direction de santé publique de Montréal, 2023. https://ccsmtlpro.ca/sites/mtlpro/files/media/document/DRSP_Pub_2023_QualiteAirMTL_FR.pdf

La combustion résidentielle du bois est une source importante de particules fines.

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Au Québec, les poêles et foyers émettent plus de particules fines que les industries et les transports.

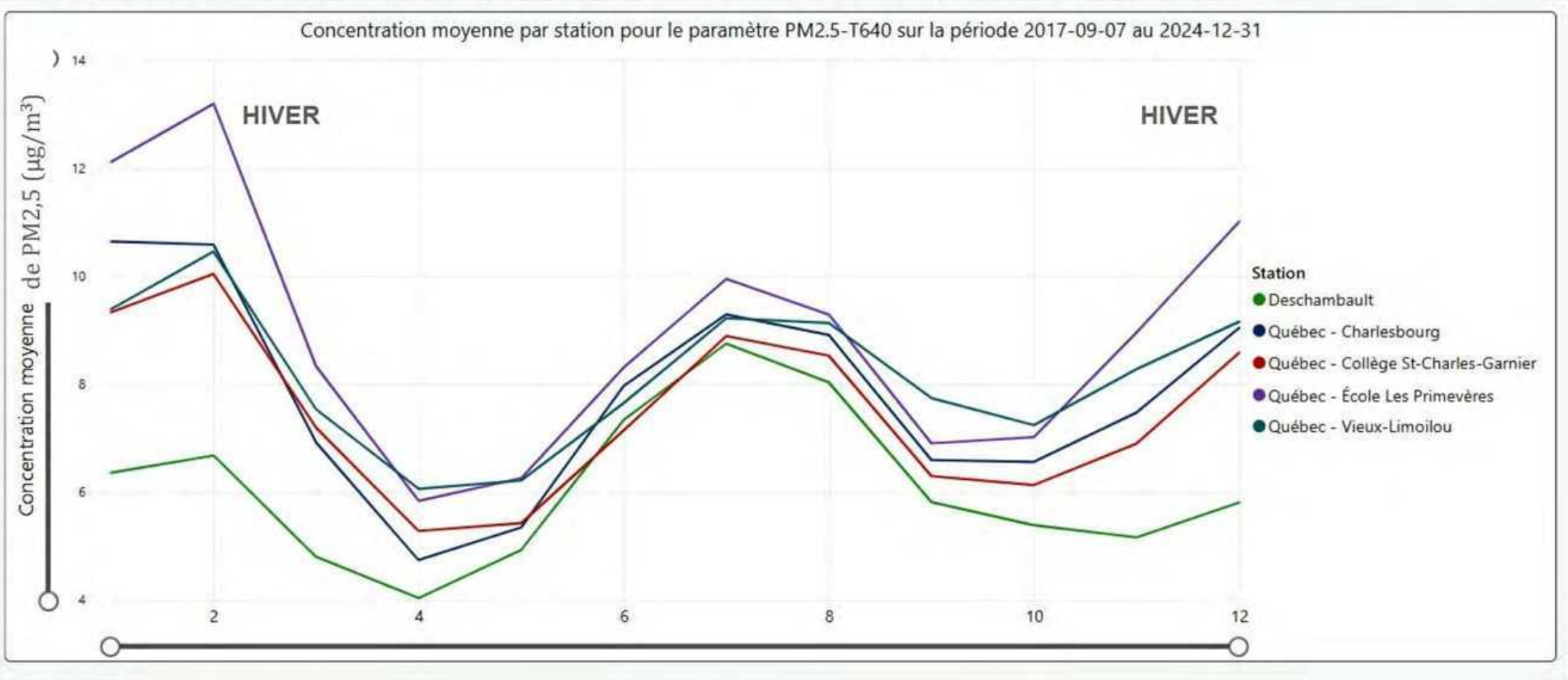


Source : Graphique produit à partir des données de l'Inventaire québécois des émissions des principaux contaminants atmosphériques du ministère de l'Environnement, de la Lutte aux changements climatiques, de la Faune et des Parcs.

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nat

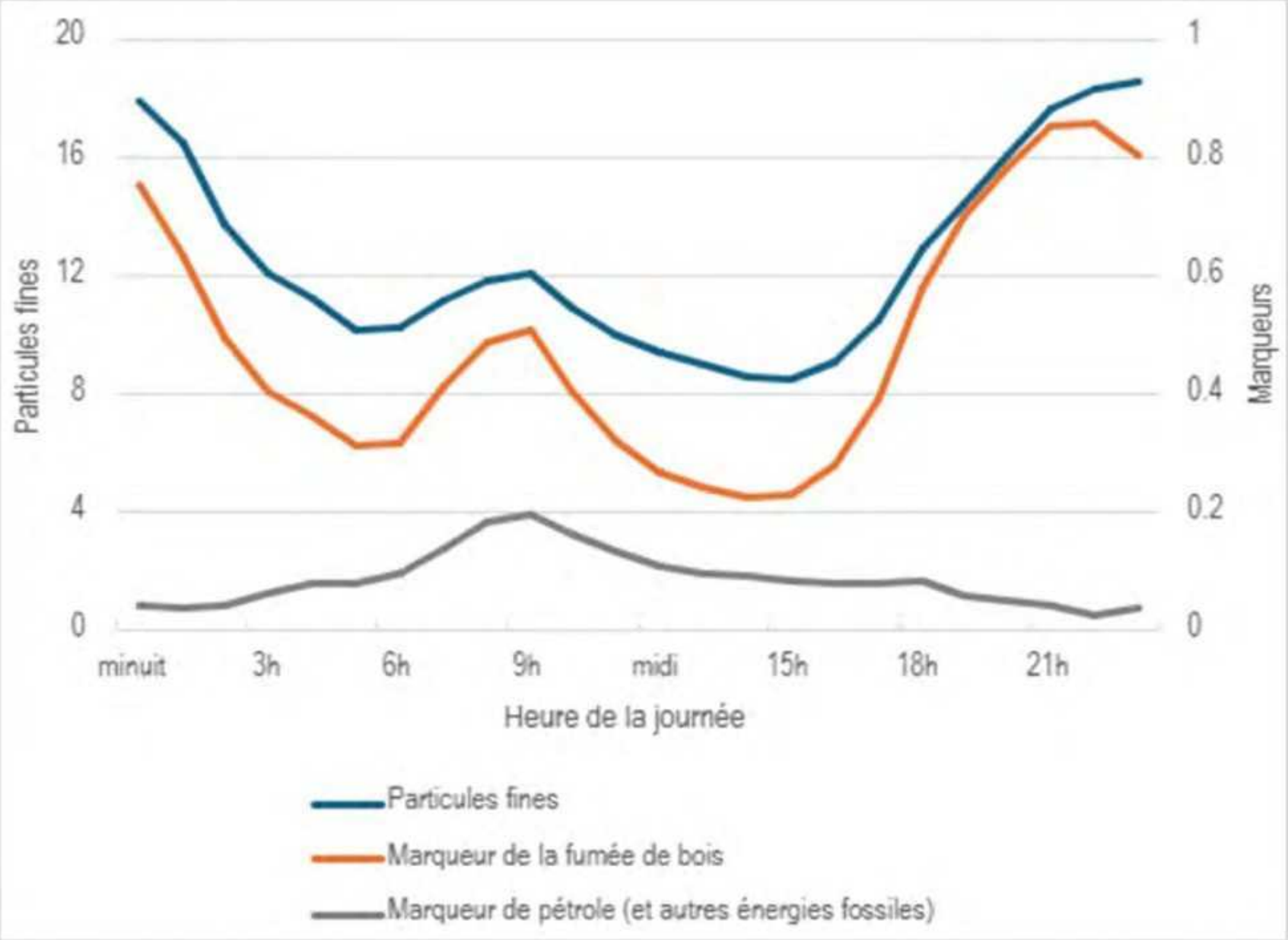
Dans la région, le niveau de particules fines augmente en hiver

Concentrations mensuelles moyennes de particules fines à Québec (2017-2024)



Analyse de la DSPublique, à partir des données du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec (RSQAQ) du MELCCFP

Le niveau de particules fines suit le niveau d'un marqueur de combustion de bois, à la station Primevères.

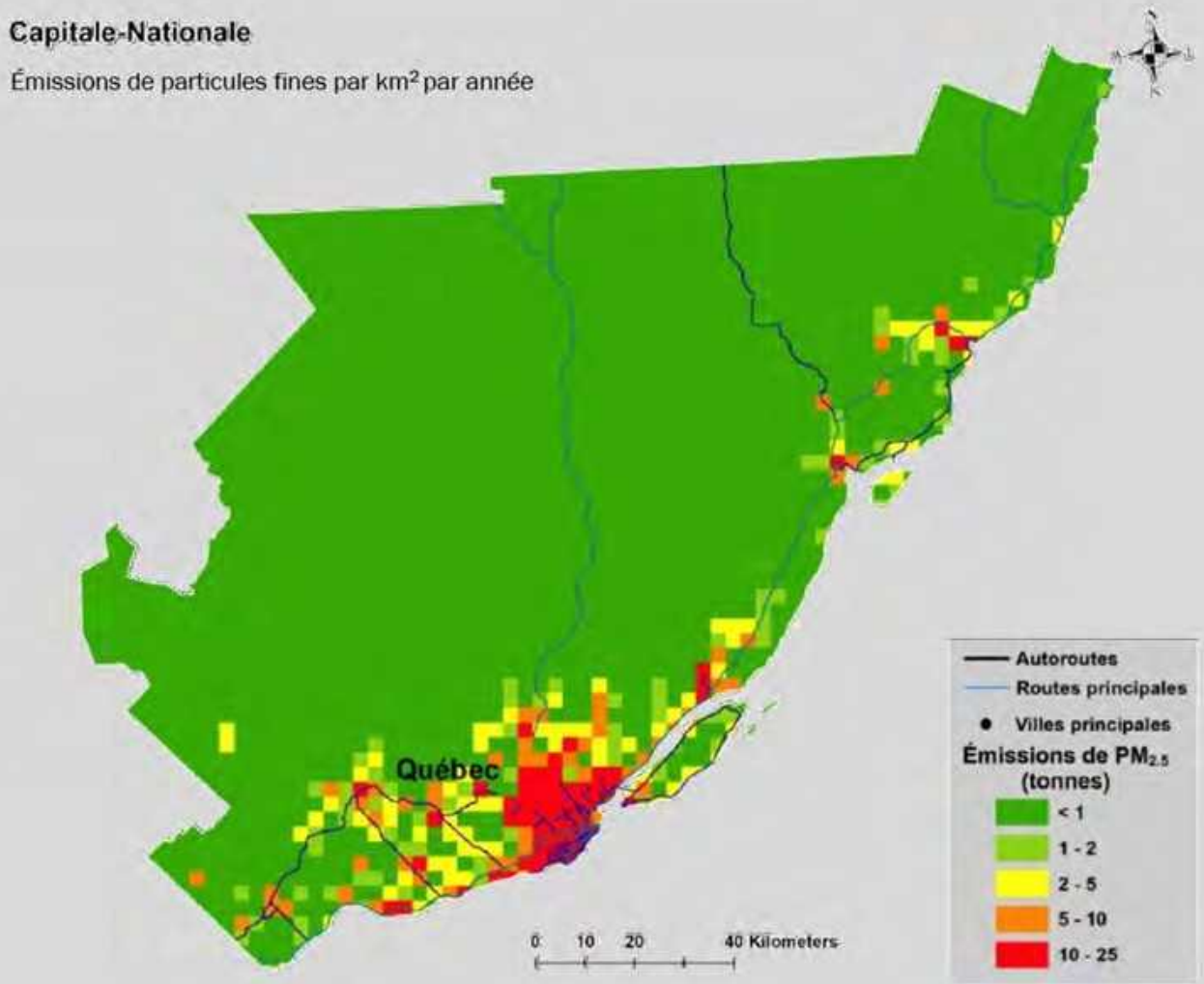


Concentrations moyennes (en µg/m3) de particules fines, de carbone noir spécifique à la combustion de biomasse (marqueur de la fumée de bois) et de carbone noir spécifique à la combustion d'énergies fossiles en 2019-2021 à la station de l'école Primevères
Source : Graphique généré à partir de données du MELCCFP

Les poêles et foyers au bois émettent environ 2000 tonnes de particules fines par année dans la région.

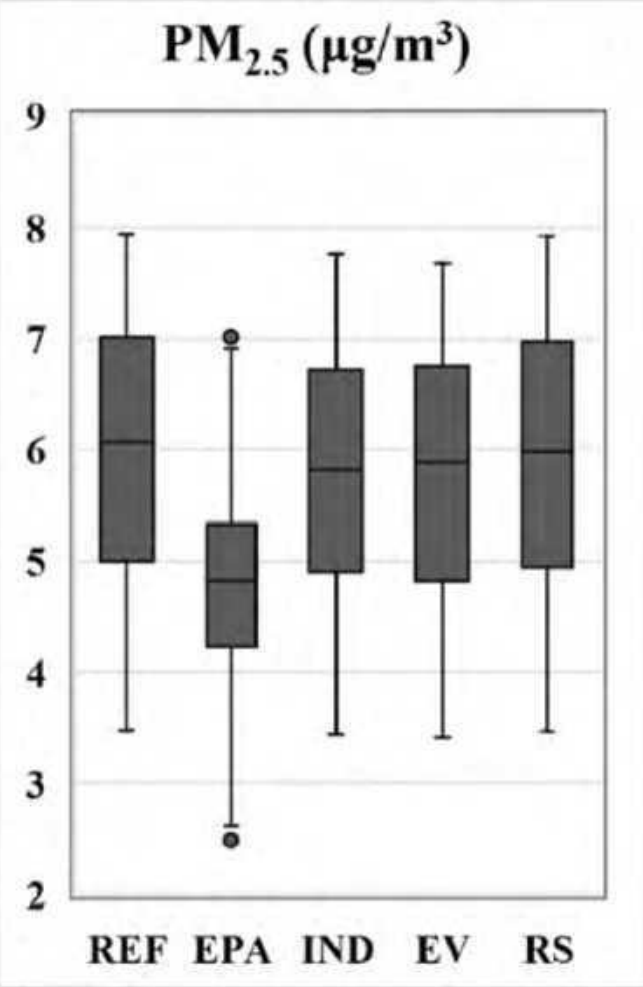
Estimé à partir de données :

- > 500 000 résidences vendues sur Centris au Québec : présence de poêles ou foyers
- Sondage de > 28 000 personnes : certification, fréquence d'utilisation, quantité de bois brulé



Zalzal et al., 2024. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174226
Figure : communication personnelle d'Audrey Smargiassi.

Comparaison de 4 scénarios pour réduire les émissions de particules fines dans le sud du Québec



Le scénario le plus efficace est de remplacer les appareils par des poêles certifiés EPA (- 20% de particules fines).

Scénarios

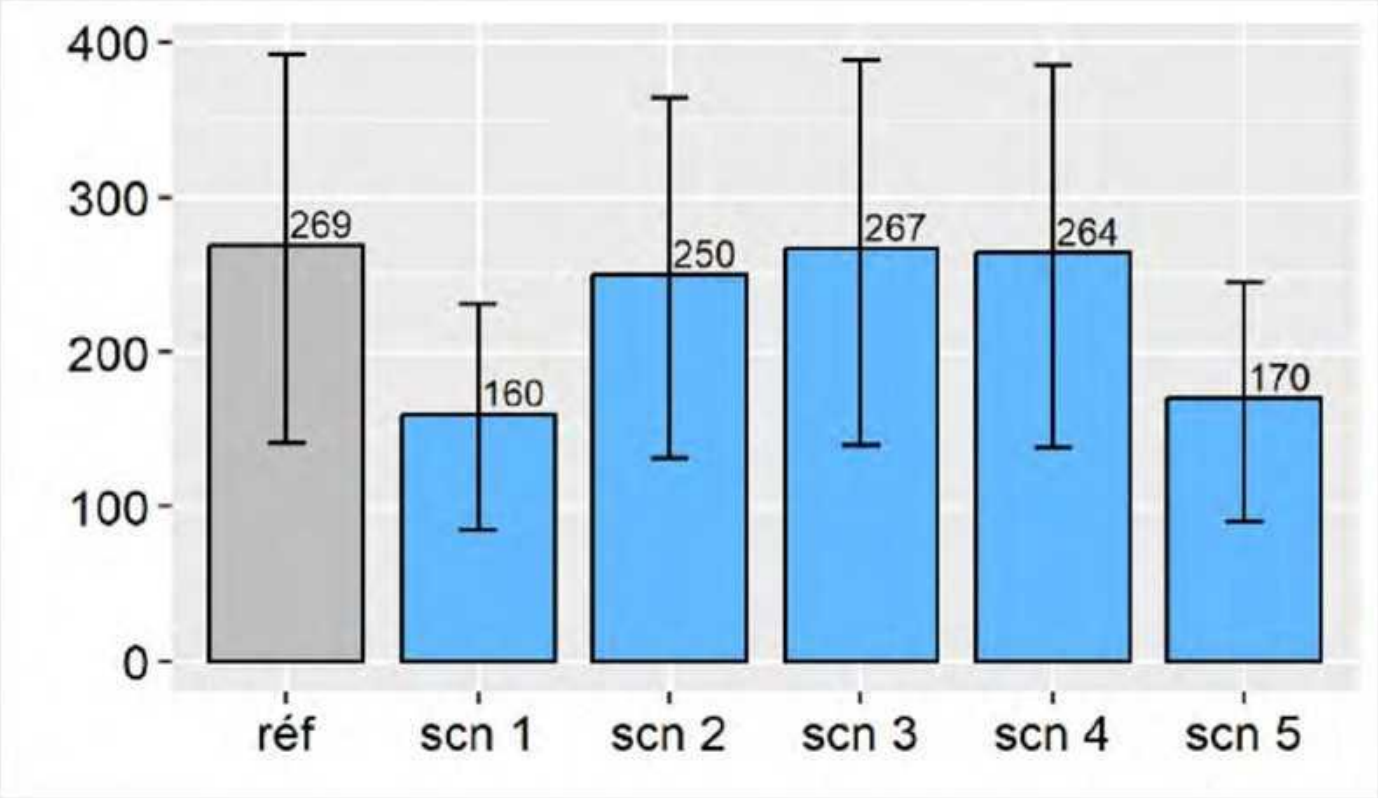
0. Sans intervention
1. Remplacement de tous les poêle et foyers par appareils certifiés EPA
2. Aucune émission industrielle
3. Électrification des véhicules routiers
4. Aucune émission de raffinerie et fonderie

Lui et al. 2025: Clearing the air – Which pollution source matters most for health? https://doi.org/10.17269/s41997-025-01142-1

La pollution issue des poêles et foyers au bois a un impact significatif sur la santé de toute la population.

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Impacts sur la santé estimés par l'INSPQ dans l'agglomération de Québec



Nombre de décès prématurés attribuables à l'exposition chronique aux particules fines, division de recensement de Québec

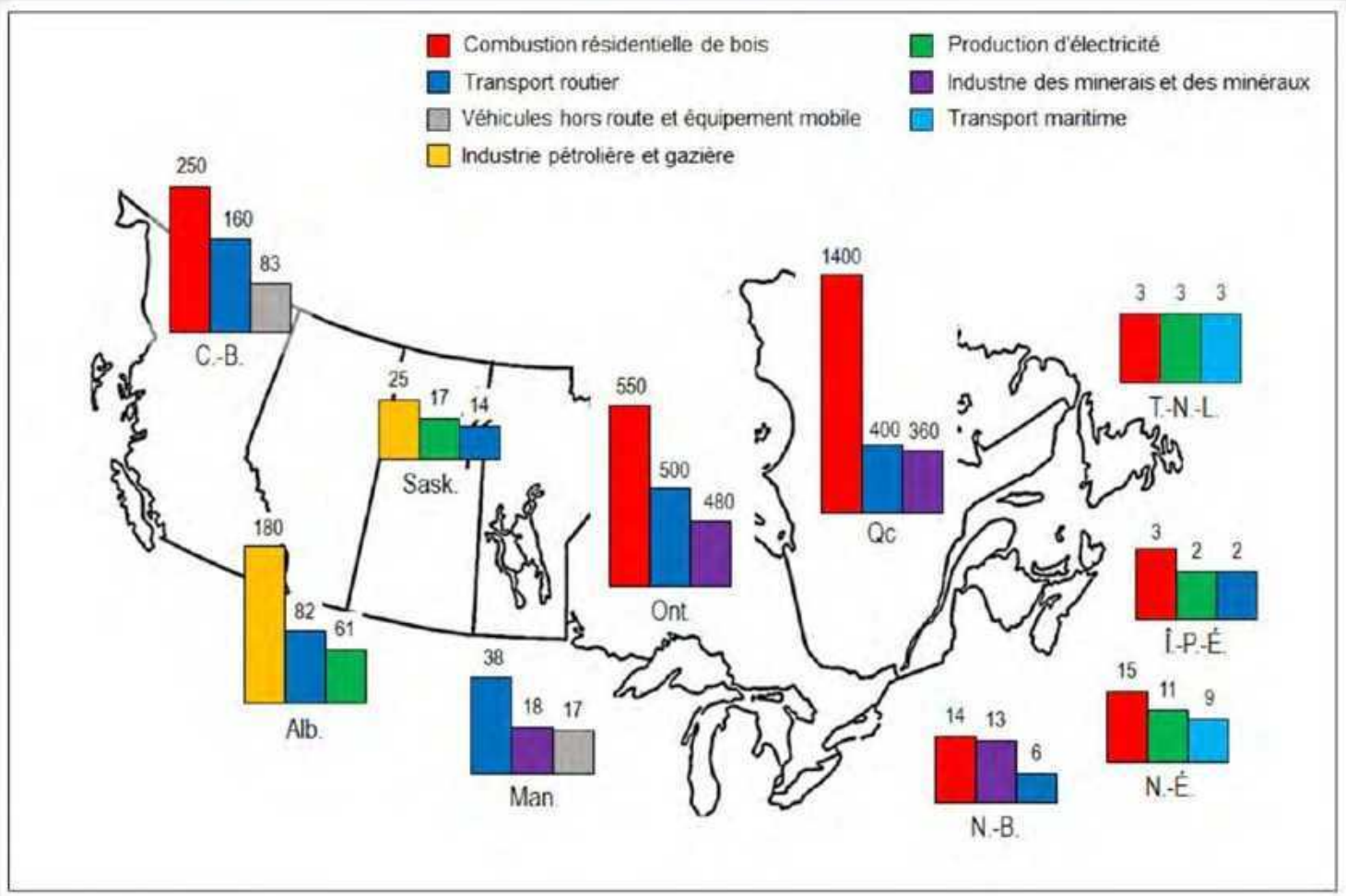
Scénarios

1. **Tous les appareils de combustion du bois de la province sont certifiés EPA**
2. Aucune émission associée à l'agriculture
3. Aucune émission industrielle
4. Aucune émission de véhicules hors route
5. Aucune combustion du bois dans les régions urbaines de la province

Smargiassi et al. 2023. Projets de recherche dans le cadre du portrait des sources de contaminants atmosphériques et sonores : impacts sanitaires des scénarios futurs. INSPQ.

Impacts sur la santé estimés par Santé Canada

Nombre de **décès prématurés** attribuables aux émissions de polluants de l'air de trois secteurs modélisés les plus importants par province (2015)



Santé Canada, 2023. https://publications.gc.ca/collections/collection_2023/sc-hc/H144-112-2022-fra.pdf

Autres considérations

- Plus de 74 % des Québécois·es sont préoccupés par la qualité de l'air en raison du smog urbain et de la fumée des feux de forêt.*
- Environ 73 % des citoyens de Québec seraient d'accord à ce que la Ville interdise l'utilisation de poêles à bois certifiés (19 % contre, 8 % ne sait pas)**
- Toute la population est exposée à la pollution issue du chauffage au bois, involontairement pour près de 85 % des ménages qui ne l'utilisent pas**
- 11 % des citoyens se disent souvent incommodés par la fumée du chauffage au bois l'hiver**
- Possibilité de conserver un appareil pour les pannes de courant

*Association pour la santé publique du Québec
*Sondage Léger, 2020, auprès de 501 citoyens, commandé par la Ville de Québec

MESSAGES CLÉS

- Toute diminution des concentrations ambiantes de particules fines aura des bénéfices sur la santé de la population à long terme.
- Diminuer l'exposition chronique et aigue hivernale aux particules fines contribue à améliorer la santé de la population.
- La combustion résidentielle du bois est une source importante de pollution de l'air au Québec et à Québec.

Pour en savoir plus :

Poêles et foyers au bois : impacts sur la santé et alternatives | CIUSSSCN

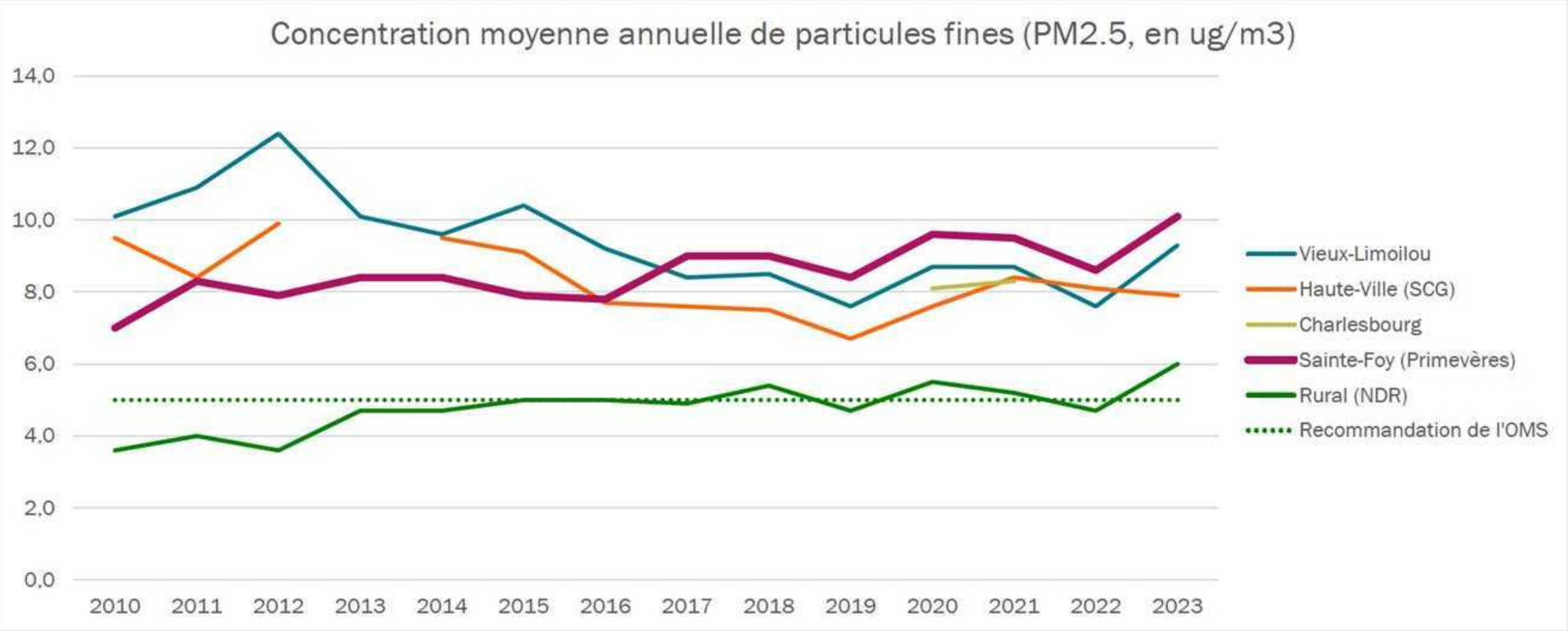
Les feux de bois, une cause majeure de pollution de l'air | Observatoire de la prévention de l'Institut de Cardiologie de Montréal

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Matériel complémentaire

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

La ligne directrice de l'OMS est dépassée à toutes les stations de Québec et la situation se dégrade dans l'ouest



Extraction de l'Infocentre de santé publique, à partir des données du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec

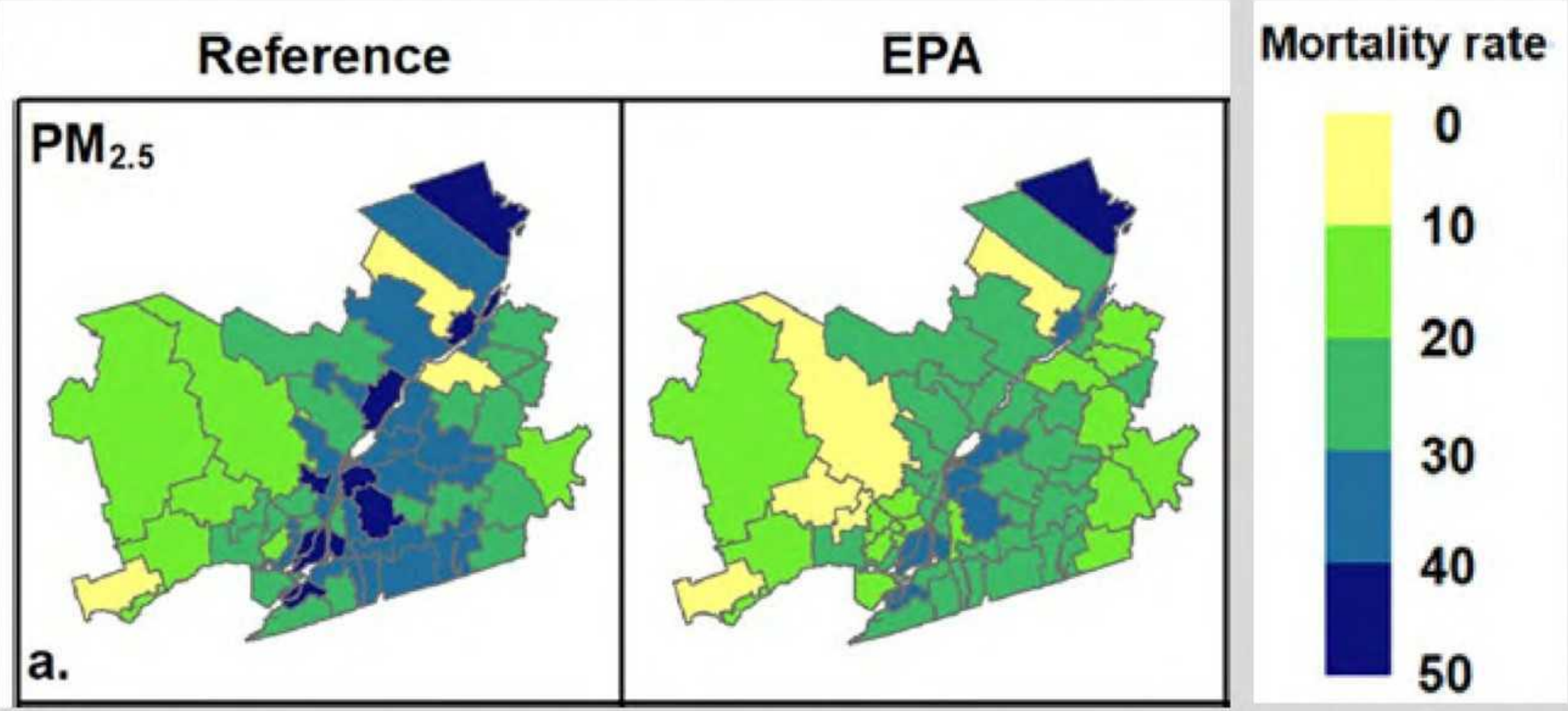
Seuils permettant de limiter l'occurrence d'épisodes pouvant occasionner des effets aigus sur la population

Polluant	Durée	Organismes					
		Critères santé				Critères de gestion de la qualité de l'air	
		Ligne directrice (OMS, 2021)	Cible intermédiaire 4 (OMS, 2021)	Cible intermédiaire 3 (OMS, 2021)	CCME et NCQAA (2020)	US NAAQS (US EPA, 1990)	ECCC et MELCCFP
$PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)	24 h	15*	25*	37,5*	27**	35**	35***

- Seuils basés sur les effets sanitaires des particules fines en considération des lignes directrices de l'OMS
- Objectif : limiter le nombre de journée de fortes concentrations de particules fines durant l'hiver sur le territoire de la ville de Québec (avertissement de smog hivernal = 35 $\mu g/m^3$ en moyenne des 3 dernières heures)
- À court terme, un seuil de 25 $\mu g/m^3$ en moyenne par 24 heures pourrait être utilisé. À plus long terme, la Ville pourrait tendre vers le 15 $\mu g/m^3$ en moyenne par 24 heures
- Ces seuils représentent les concentrations que l'on veut éviter; il ne s'agit donc pas de seuils d'intervention pour déclencher l'ordonnance

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Impacts estimés par des chercheurs universitaires



Lui et al. 2025: Clearing the air – Which pollution source matters most for health? https://doi.org/10.17269/s41997-025-01142-1

IMPACTS SANITAIRES DE LA COMBUSTION RÉSIDENTIELLE DU BOIS

Philippe Robert, M.D., M.Sc., FRCPC,
Directeur de santé publique de la Capitale-Nationale (par intérim)
21 janvier 2026

Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale
Québec

LA COMBUSTION RÉSIDENTIELLE DU BOIS EST UNE SOURCE IMPORTANTE DE PARTICULES FINES.

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Contaminants de l'air issus de la combustion du bois

- Particules fines ($PM_{2,5}$)
- Composés organiques volatils (COV)
- Hydrocarbures aromatiques polycycliques
- Etc.

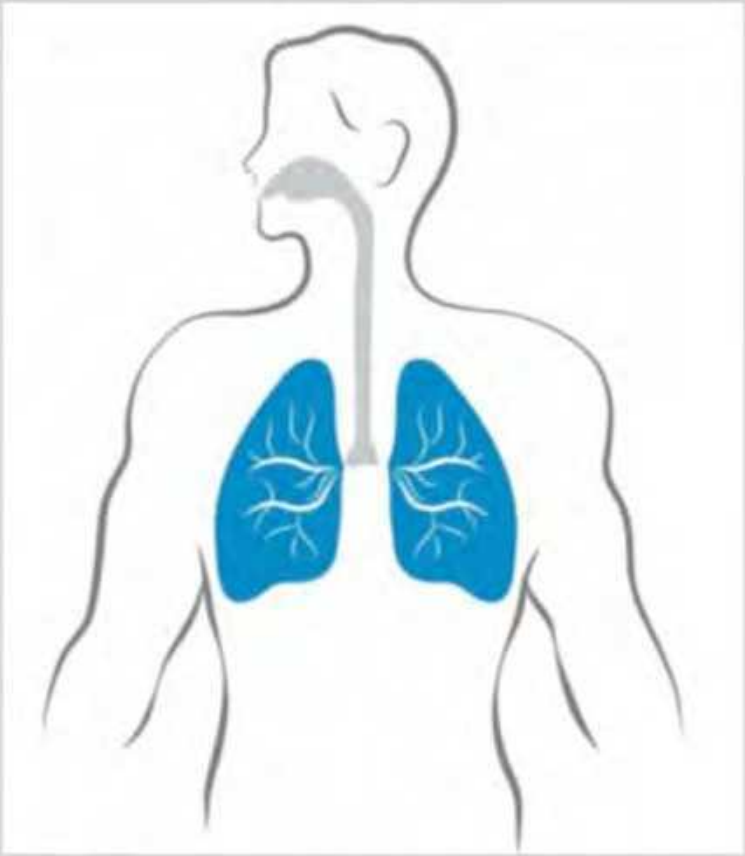
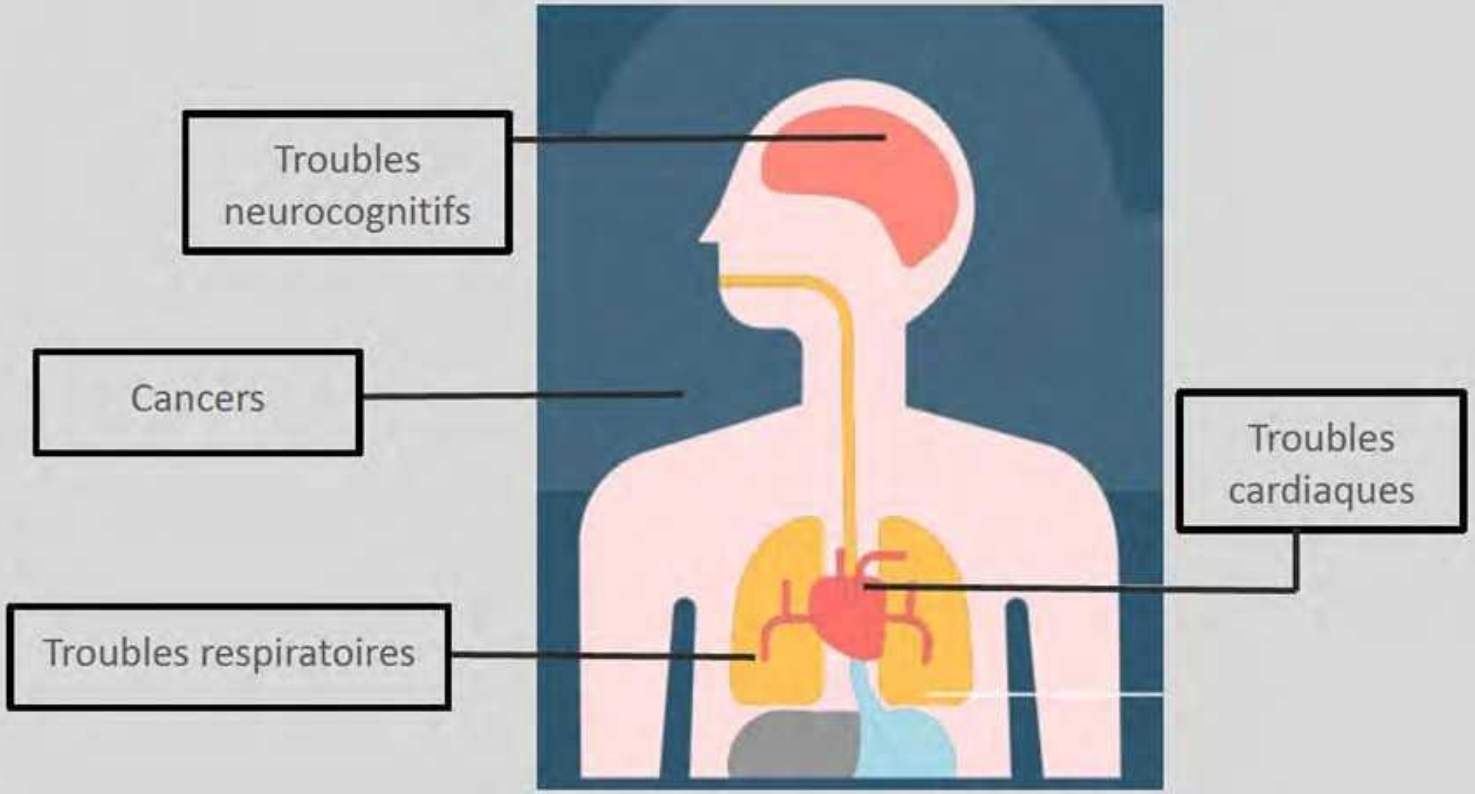


Image adaptée de : https://www.encyclopedie-environnement.org/sante/particules-air-effets-sante/

Impacts sur la santé des particules fines



Direction de santé publique de Montréal, 2023. https://ccsmtlpro.ca/sites/mtlpro/files/media/document/DRSP_Pub_2023_QualiteAirMTLFR.pdf

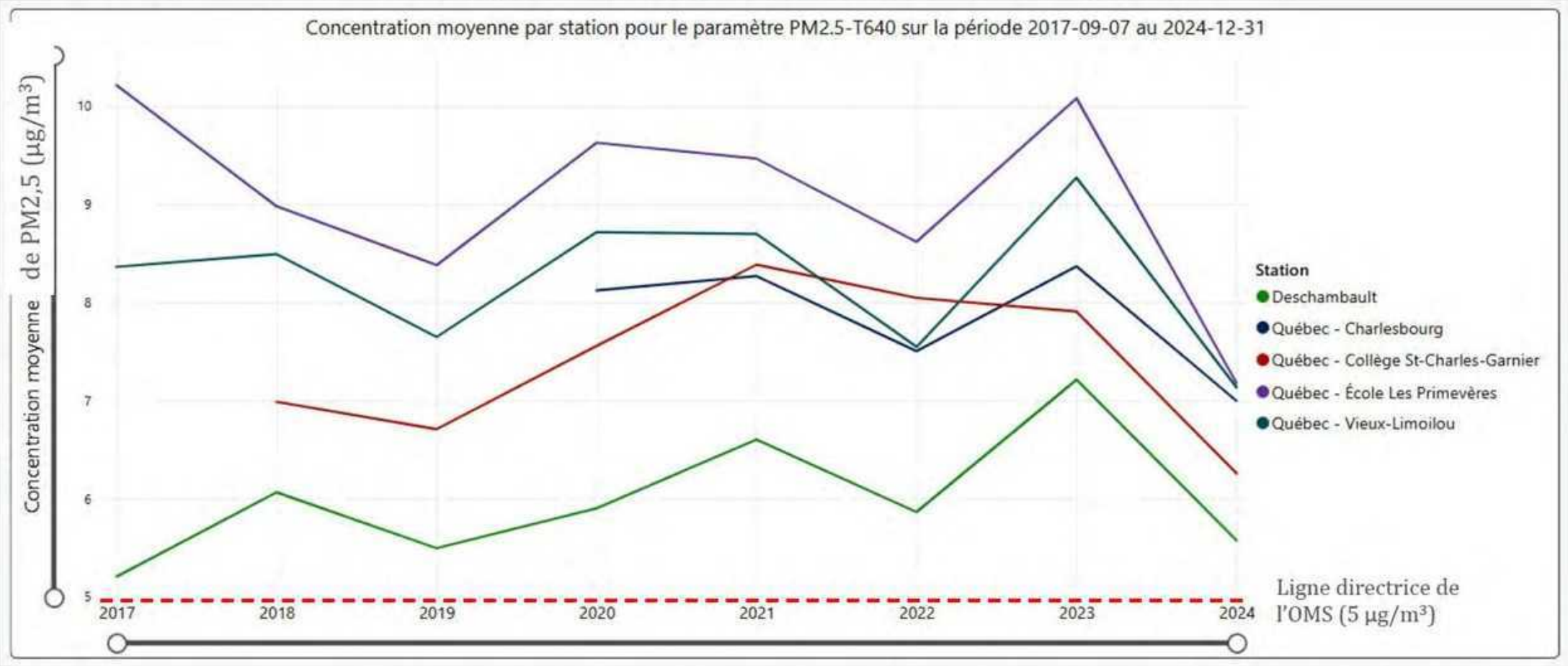
Impacts sanitaires estimés pour la Capitale-Nationale

- Centaine de **décès prématurés** par année attribuables aux particules fines issues de la combustion du bois
- Dizaine de **millions de $** par année dues aux symptômes attribuables aux particules fines issues de la combustion du bois
- Cette pollution entraîne les plus importants impacts à la santé au Québec et à Québec, **davantage que les autres sources** de pollution de l'air

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

La ligne directrice de l'OMS est encore dépassée à toutes les stations de Québec

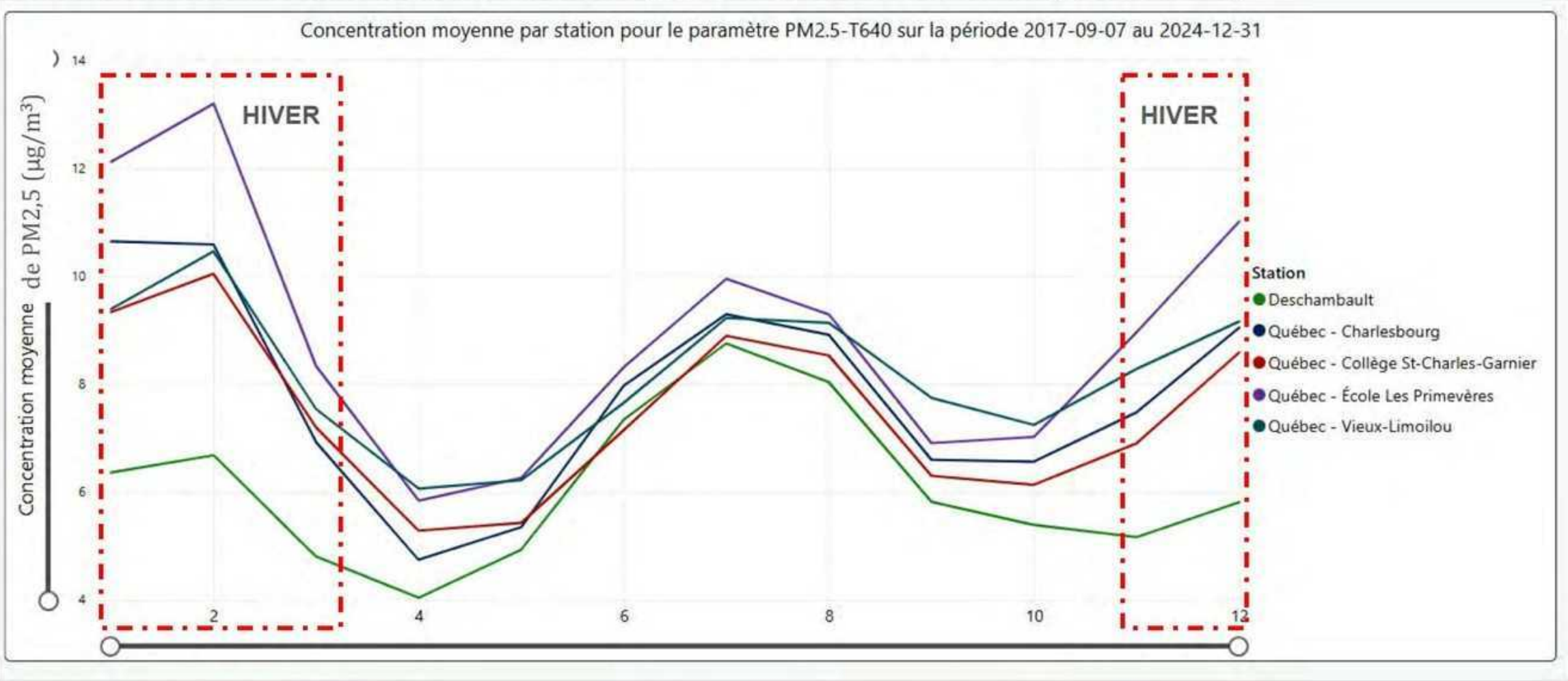
Concentrations annuelles moyennes de particules fines à Québec (2017-2024)



Extraction du PowerBi de la DSPublique. Données sources du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec (RSQAQ) du MELCCFP

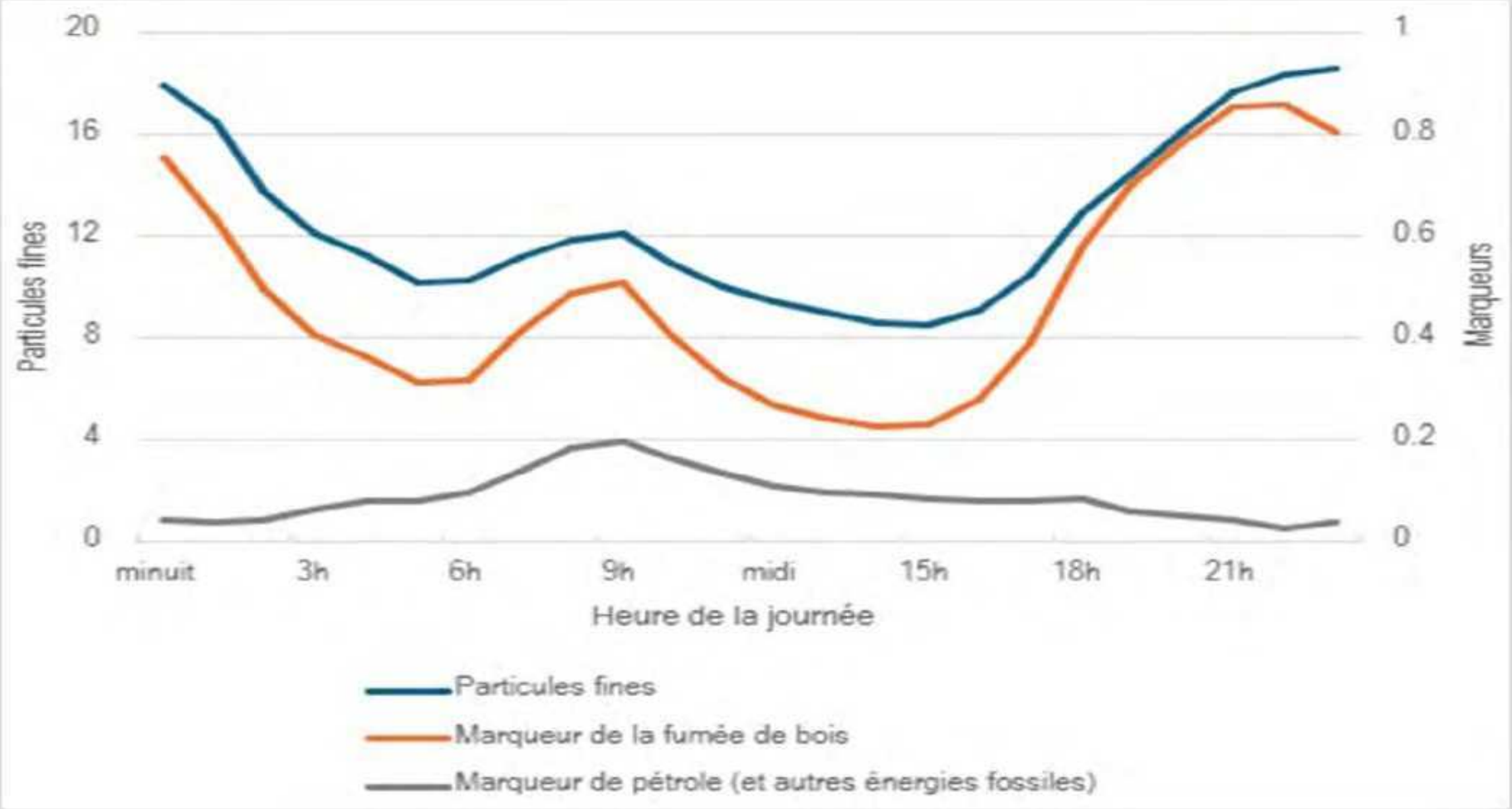
Davantage de particules fines en hiver

Concentrations mensuelles moyennes de particules fines à Québec (2017-2024)



Extraction du PowerBi de la DSPublique. Données sources du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec (RSQAQ) du MELCCFP

Concentrations hivernales de particules fines et de marqueurs de pollution à la station École Les Primevères

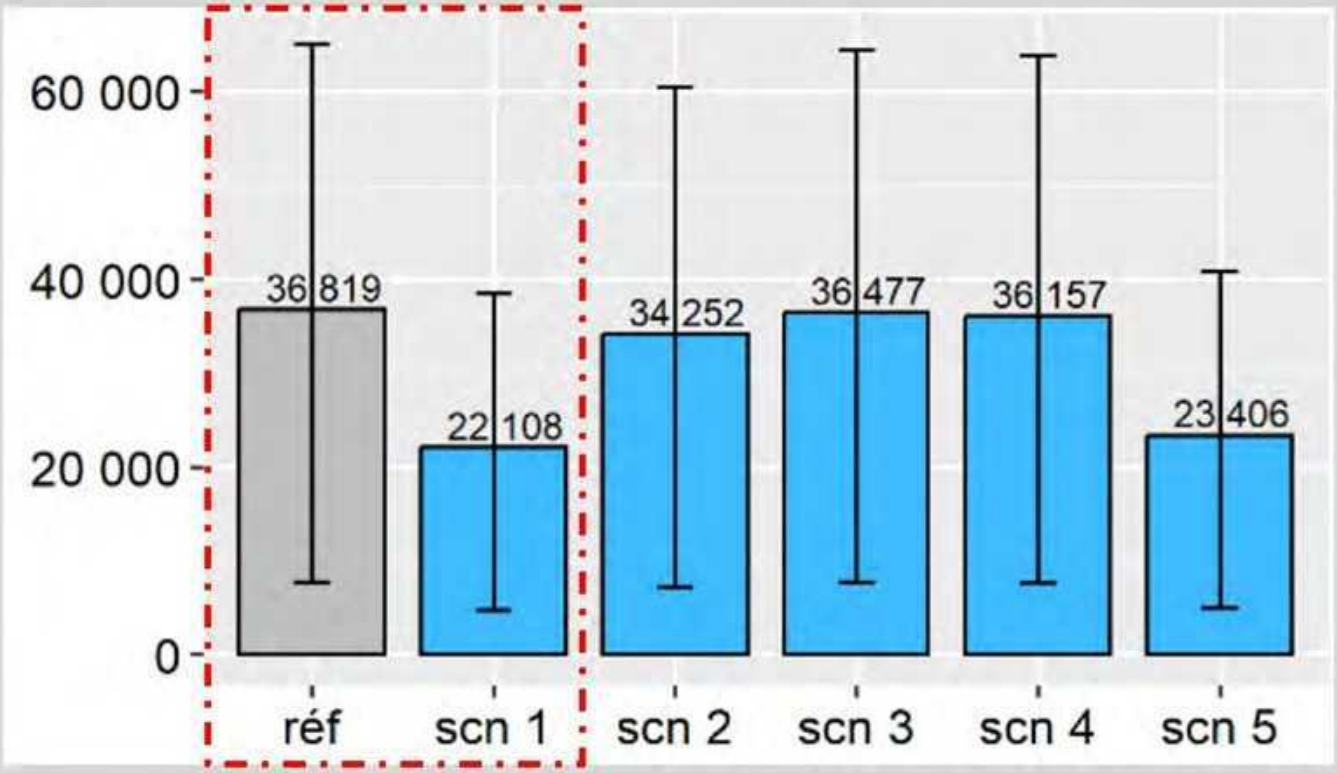


Source : Graphique généré à partir de données du MELCCFP. https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/ambiant/variations-spatiotemporelles-particules-fines-quebec-2010-2018.pdf

**Malgré les incertitudes sur le nombre absolu de cas,
la combustion du bois a des impacts non négligeables sur la santé.**

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Impacts sanitaires estimés par l'INSPQ dans l'agglomération de Québec



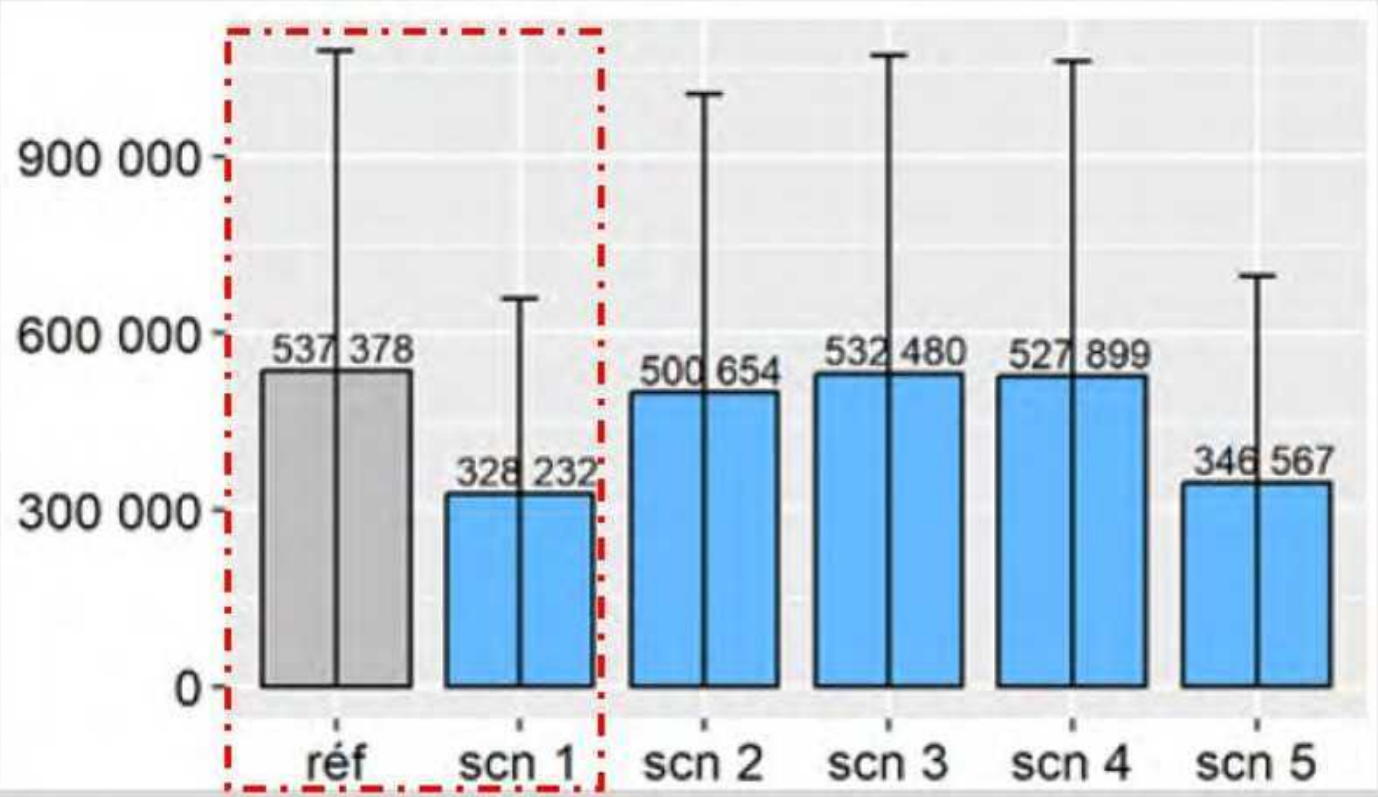
Nombre de journées de **symptômes d'asthme**, attribuables à l'exposition chronique aux particules fines, par année, division de recensement de Québec

Scénarios

1. **Tous les appareils de combustion du bois de la province sont certifiés EPA**
2. Aucune émission associée à l'agriculture
3. Aucune émission industrielle
4. Aucune émission de véhicules hors route
5. Aucune combustion du bois dans les régions urbaines de la province

Smargiassi et al. 2023. Projets de recherche dans le cadre du portrait des sources de contaminants atmosphériques et sonores : impacts sanitaires des scénarios futurs. INSPQ.

Impacts sanitaires estimés par l'INSPQ dans l'agglomération de Québec



Nombre de jours annuels avec **symptômes respiratoires aigus**, attribuables à l'exposition chronique aux particules fines, division de recensement de Québec

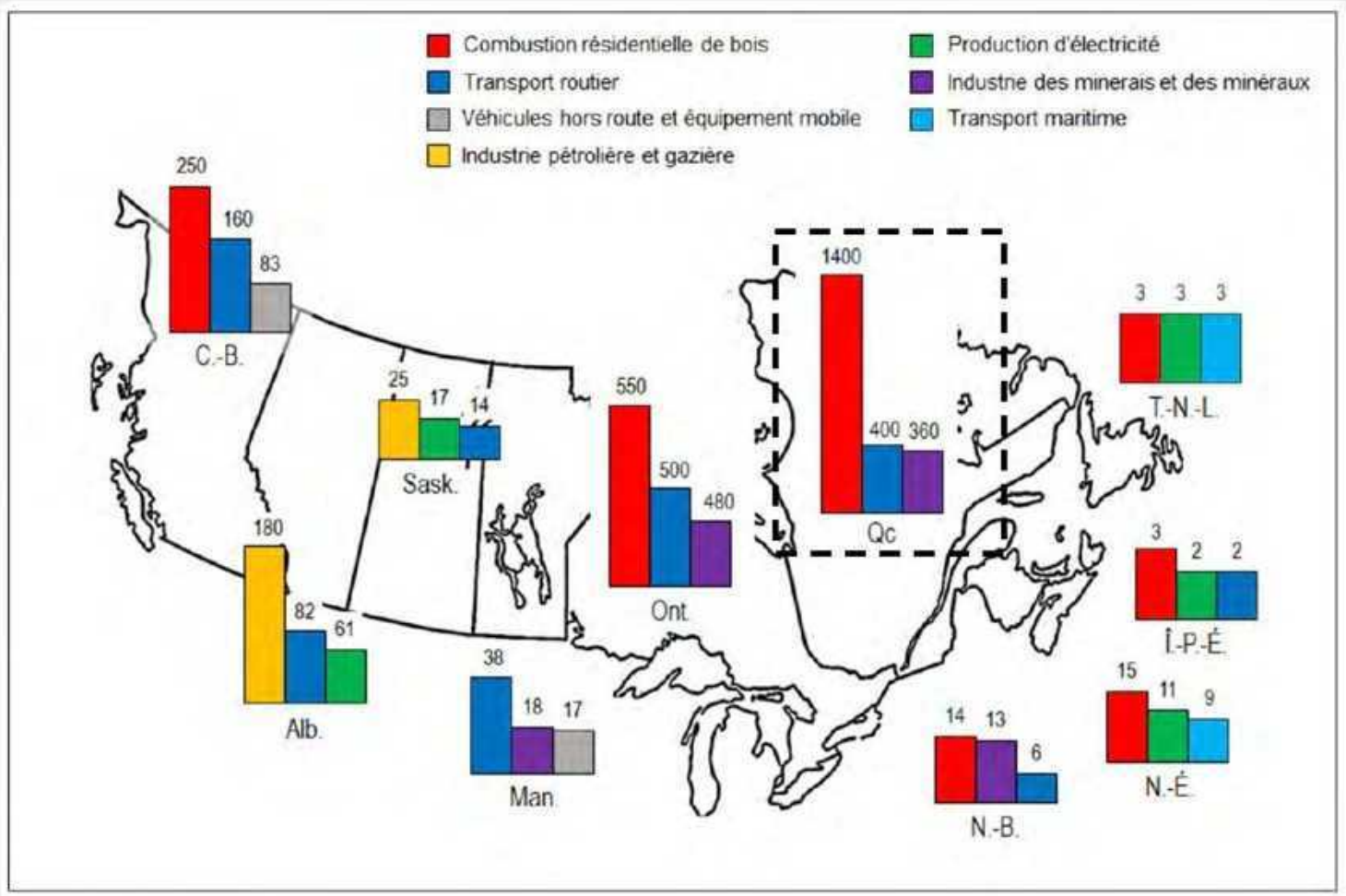
Scénarios

1. Tous les appareils de combustion du bois de la province sont certifiés EPA
2. Aucune émission associée à l'agriculture
3. Aucune émission industrielle
4. Aucune émission de véhicules hors route
5. Aucune combustion du bois dans les régions urbaines de la province

Smargiassi et al. 2023. Projets de recherche dans le cadre du portrait des sources de contaminants atmosphériques et sonores : impacts sanitaires des scénarios futurs. INSPQ.

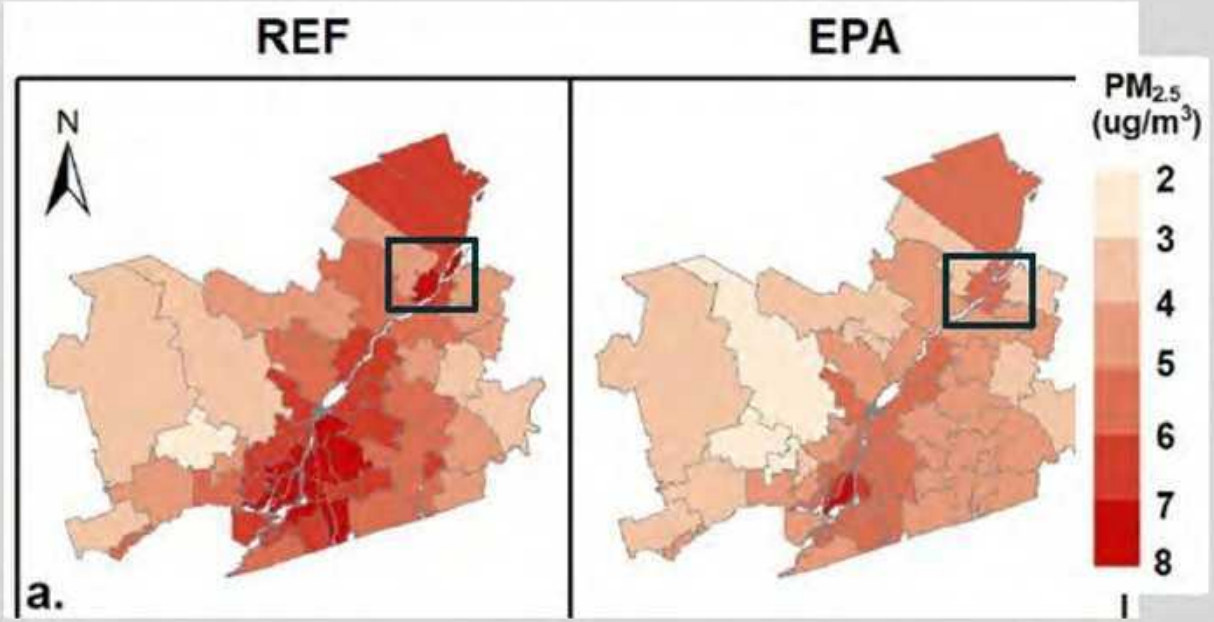
Impacts sanitaires estimés par Santé Canada

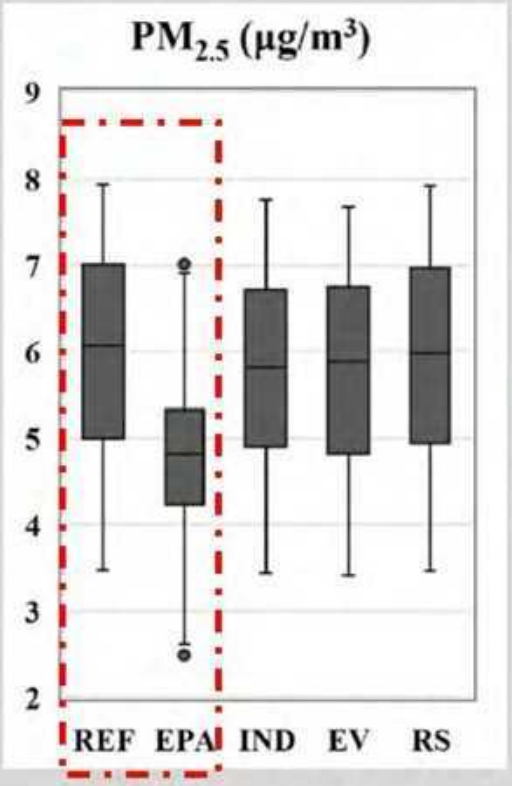
Nombre de **décès prématurés** attribuables aux émissions de polluants de l'air de trois secteurs modélisés les plus importants par province (2015)



Santé Canada, 2023. https://publications.gc.ca/collections/collection_2023/sc-hc/H144-112-2022-fra.pdf

Impacts du remplacement des appareils de combustion résidentielle du bois pour des appareils rencontrant la certification EPA





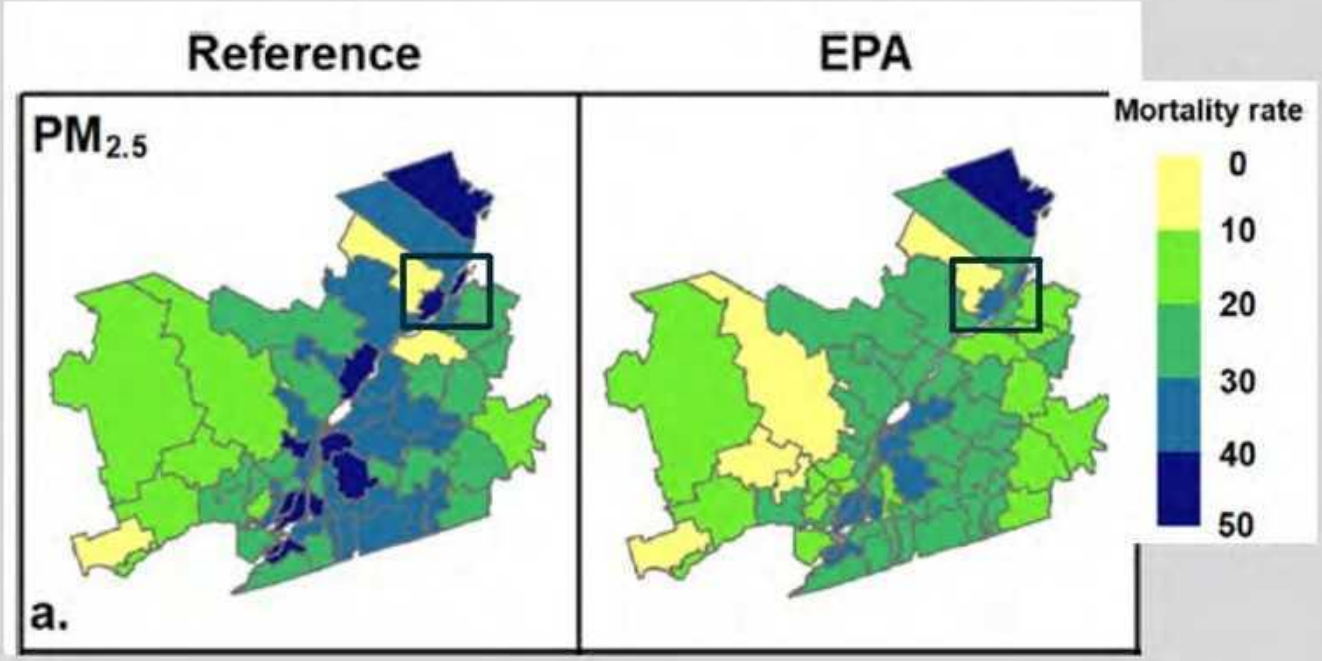
Diminution de 20 % de la concentration moyenne annuelle de particules fines pour les 62 divisions de recensement du sud du Québec

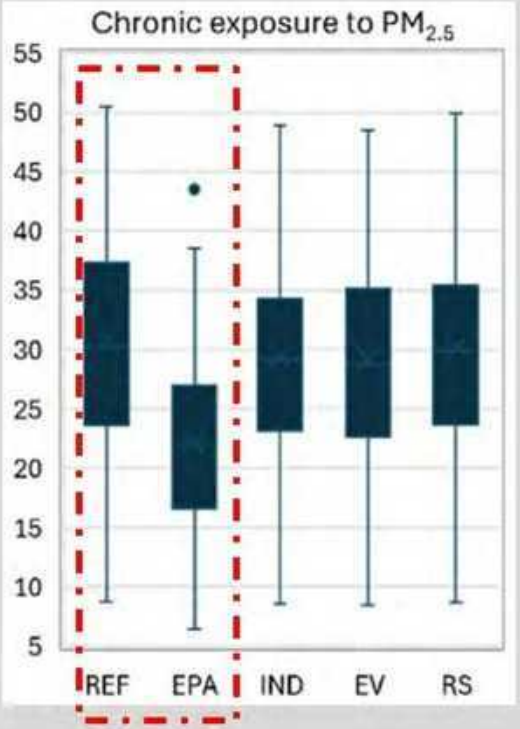
Scénarios

1. Appareils certifiés EPA seulement
2. Aucune émission industrielle
3. Électrification des véhicules routiers
4. Aucune émission de raffinerie et fonderie

Lui et al. 2025: Clearing the air – Which pollution source matters most for health? https://doi.org/10.17269/s41997-025-01142-1

Impacts du remplacement des appareils de combustion résidentielle du bois pour des appareils rencontrant la certification EPA





Diminution de 28,2 % du taux de mortalité par l'exposition chronique aux particules fines pour les 62 divisions de recensement du sud du Québec

Scénarios

1. Appareils certifiés EPA seulement
2. Aucune émission industrielle
3. Électrification des véhicules routiers
4. Aucune émission de raffinerie et fonderie

Lui et al. 2025: Clearing the air – Which pollution source matters most for health? https://doi.org/10.17269/s41997-025-01142-1

Recommandation de la DSPublique concernant le critère d'application de l'ordonnance de la Ville de Québec sur l'interdiction d'utiliser les appareils à combustion solide.

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Position de la DSPublique concernant l'ordonnance

- Cette recommandation n'a pas pour objectif d'avaliser l'ordonnance

- Une interdiction pourrait permettre de diminuer les émissions de particules fines et de réduire les épisodes hivernaux de très mauvaise qualité de l'air. Toutes actions visant à réduire les particules fines sont bénéfiques pour la santé. L'ordonnance est une action parmi d'autres.

- L'efficacité, la faisabilité et l'acceptabilité de l'ordonnance devraient être considérées

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Seuils permettant de limiter l'occurrence d'épisodes pouvant occasionner des effets aigus sur la population

Polluant	Durée	Organismes					
		Critères santé				Critères de gestion de la qualité de l'air	
		Ligne directrice (OMS, 2021)	Cible intermédiaire 4 (OMS, 2021)	Cible intermédiaire 3 (OMS, 2021)	CCME et NCQAA (2020)	US NAAQS (US EPA, 1990)	ECCC et MELCCFP
$PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)	24 h	15*	25*	37,5*	27**	35**	35***

- Seuils basés sur les effets sanitaires des particules fines en considération des lignes directrices de l'OMS
- Objectif : limiter le nombre de journée de fortes concentrations de particules fines durant l'hiver sur le territoire de la ville de Québec (avertissement de smog hivernal = 35 $\mu g/m^3$ en moyenne des 3 dernières heures)
- À court terme, un seuil de 25 $\mu g/m^3$ en moyenne par 24 heures pourrait être utilisé. À plus long terme, la Ville pourrait tendre vers le 15 $\mu g/m^3$ en moyenne par 24 heures
- Ces seuils représentent les concentrations que l'on veut éviter; il ne s'agit donc pas de seuils d'intervention pour déclencher l'ordonnance

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

MESSAGES CLÉS

- Toute diminution des concentrations ambiantes de particules fines aura des bénéfices sur la santé de la population à long terme.
- Diminuer l'exposition chronique et aigue hivernale aux particules fines contribue à améliorer la santé de la population.
- La combustion résidentielle du bois est une source importante de pollution de l'air au Québec et à Québec.

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Ancien contenu:

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Recommandations

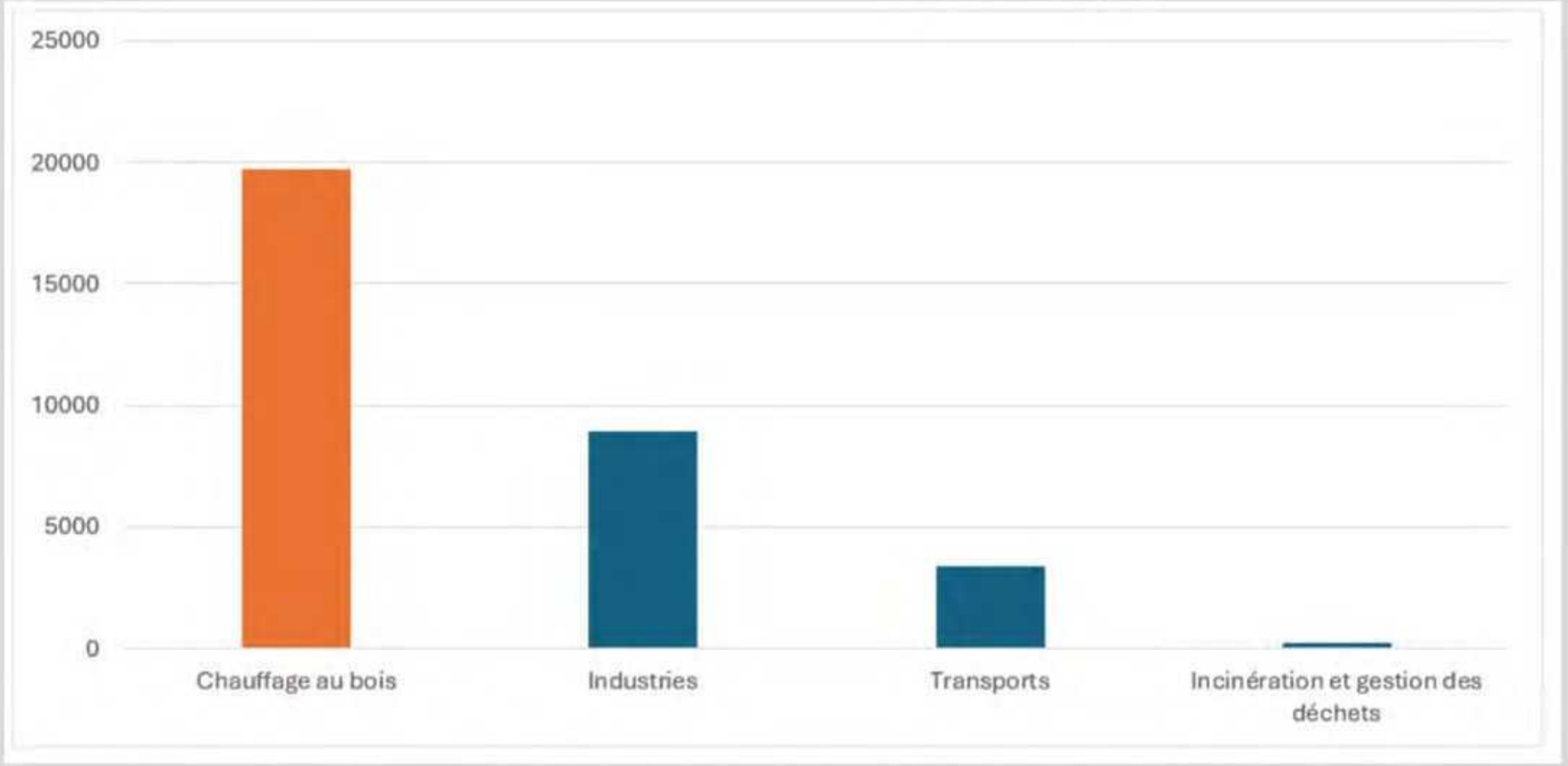
Recommandations du comité conseil du projet *Mon environnement, ma santé* :

- Adopter une réglementation bonifiée sur le chauffage au bois dans les municipalités de la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ).
- Encourager le choix de modes de chauffage plus propres et accélérer le rythme de remplacement des poêles à bois dans l'agglomération de Québec.
- Amender la réglementation de la Ville de Québec pour exiger que les nouveaux foyers d'ambiance installés (ou remplacés) respectent la norme d'émission la plus stricte.
- Adopter une réglementation équivalente à celle de la Ville de Québec dans l'ensemble des municipalités de la CMQ.

Projet Mon environnement, ma santé : https://www.ciusss-capitalenationale.gouv.qc.ca/sites/d8/files/docs/SantePublique/Recommandations-2023.pdf

Émissions de particules fines produites par la combustion résidentielle du bois

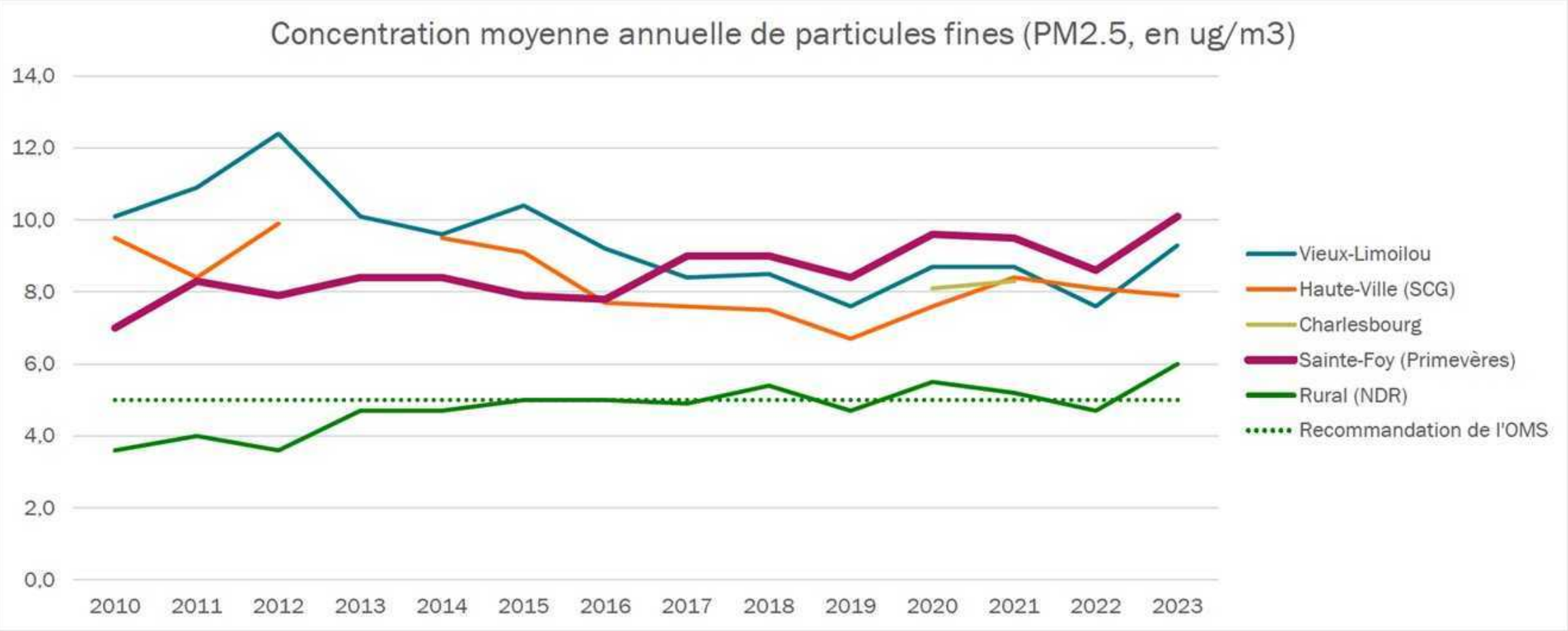
Au Québec, la combustion résidentielle du bois génère plus de particules fines que l'ensemble des autres sources combinées



Source : Graphique produit à partir des données de l'Inventaire québécois des émissions des principaux contaminants atmosphériques du ministère de l'Environnement, de la Lutte aux changements climatiques, de la Faune et des Parcs.

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nat

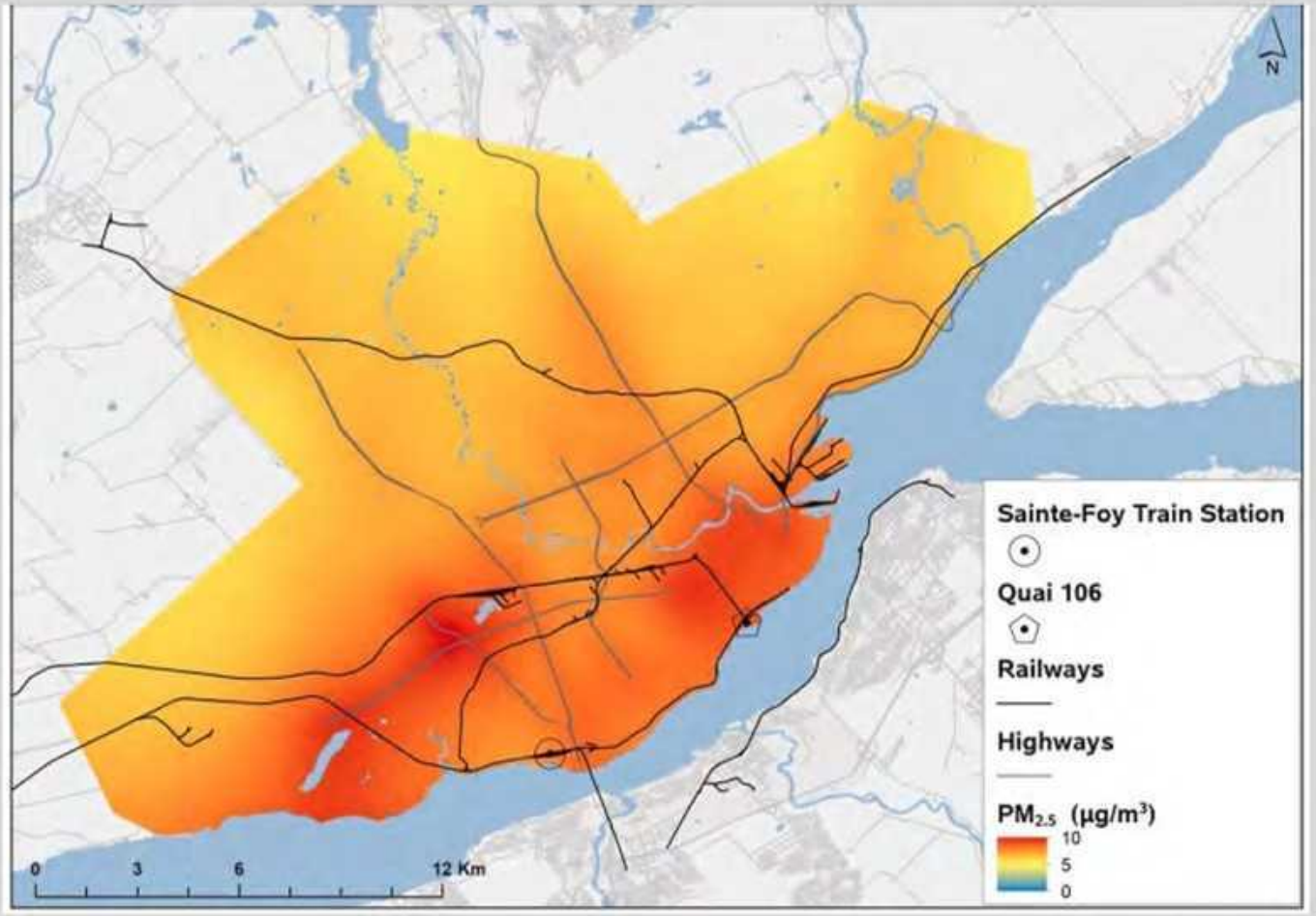
La ligne directrice de l'OMS est dépassée à toutes les stations de Québec et la situation se dégrade dans l'ouest



Extraction de l'Infocentre de santé publique, à partir des données du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec

La station Primevères représente plus largement la situation de quartiers résidentiels où le chauffage au bois est répandu

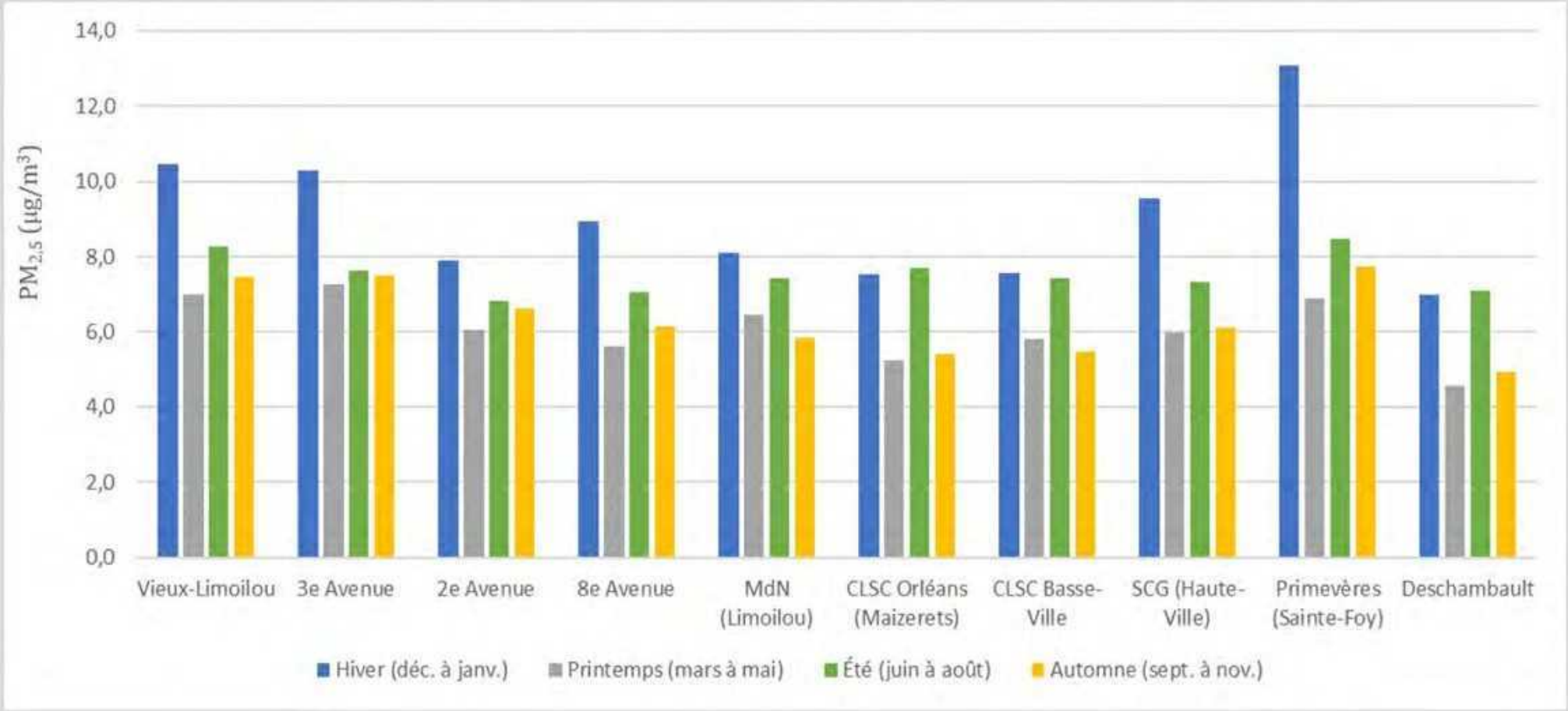
Concentration annuelle moyenne de particules fines à Québec, 2019-2020



Clark et al. 2024. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124353
Produit dans le cadre du projet *Mon environnement, ma santé*.

Davantage de particules fines en hiver

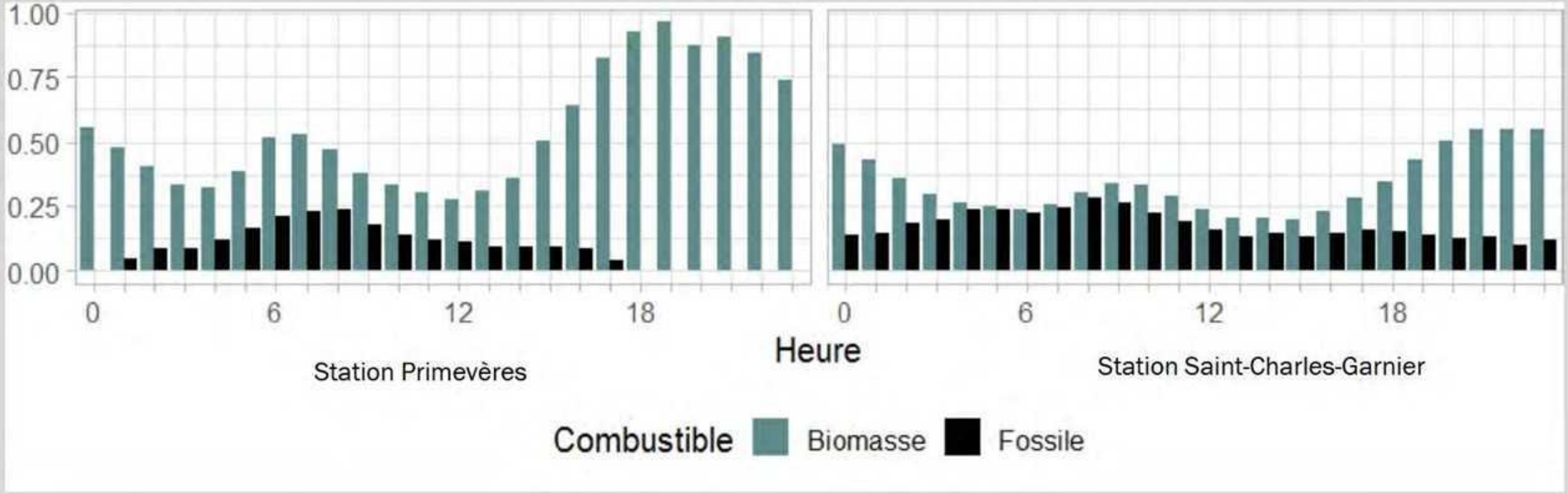
Concentration annuelle moyenne de particules fines à Québec, 2015-2020



Projet *Mon environnement, ma santé* : https://www.ciusss-capitalenationale.gouv.qc.ca/sites/d8/files/docs/SantePublique/RAP_MEMS_Portrait-Particules_2023.pdf

L'analyse du carbone noir, un marqueur, montre qu'il provient davantage de la combustion du bois

Concentration de carbone noir selon sa provenance et l'heure de la journée, en hiver, 2018-2019



Extrait de la figure 9 de Busque, 2022 : https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/rapports-qualite-air/quebec-variations-spatiotemporelles-particules-fines-2010-2018.pdf

Les émissions de la combustion résidentielle de bois sont élevées : environ 2000 tonnes par année dans la région de la Capitale-Nationale.

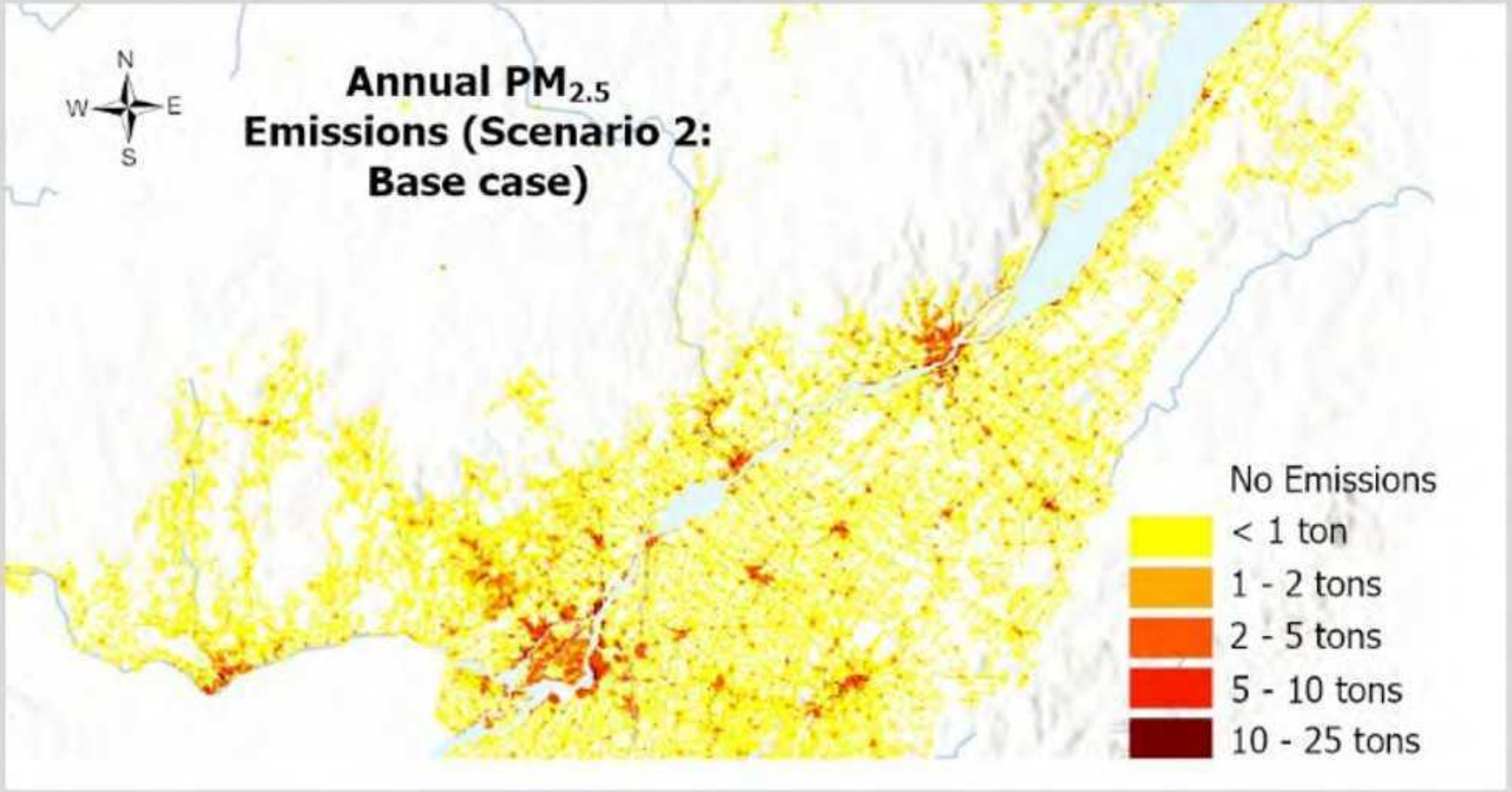
© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Émissions de particules fines par la combustion résidentielle de bois

Émissions de particules fines par km² par année

Estimé à partir de données :

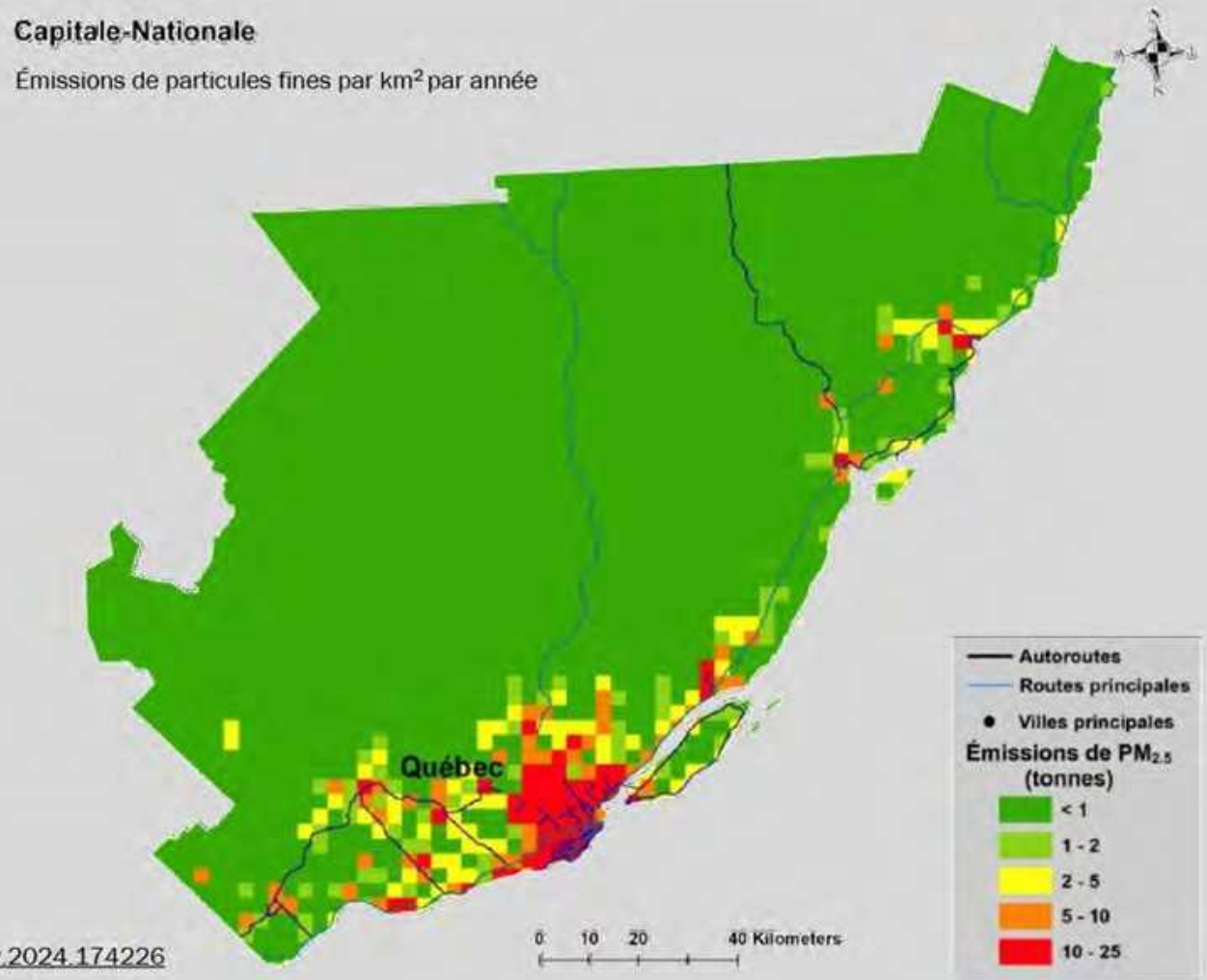
- > 500 000 résidences vendues sur Centris au Québec : présence de poêles ou foyers
- Sondage de > 28 000 personnes : certification, fréquence d'utilisation, quantité de bois brulé



Zalzal et al., 2024. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174226

Émissions de particules fines par la combustion résidentielle de bois, dans la Capitale-Nationale

- Environ 1100 tonnes par année émises par les poêles à bois
- Environ 800 tonnes par année émises par les poêles encastrés et foyers



Approximation à partir des figures S8 et S20 de Zalzal et al., 2024. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174226
Figure : communication personnelle d'Audrey Smargiassi.

Impacts potentiels du remplacement des appareils non certifiés

Diminution de 42 % des émissions de particules fines dans la Capitale-Nationale en remplaçant les appareils non certifiés par des appareils certifiés

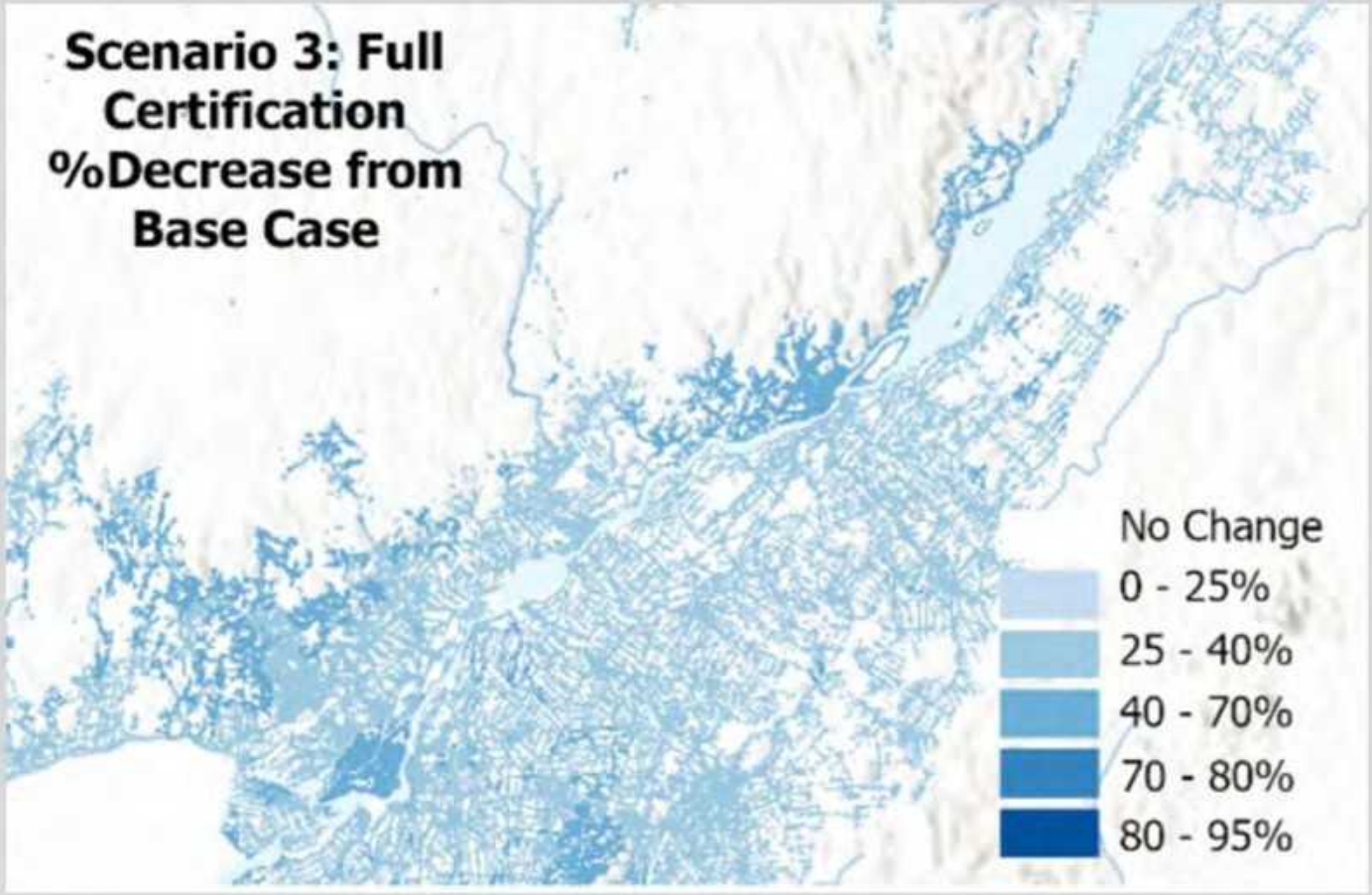
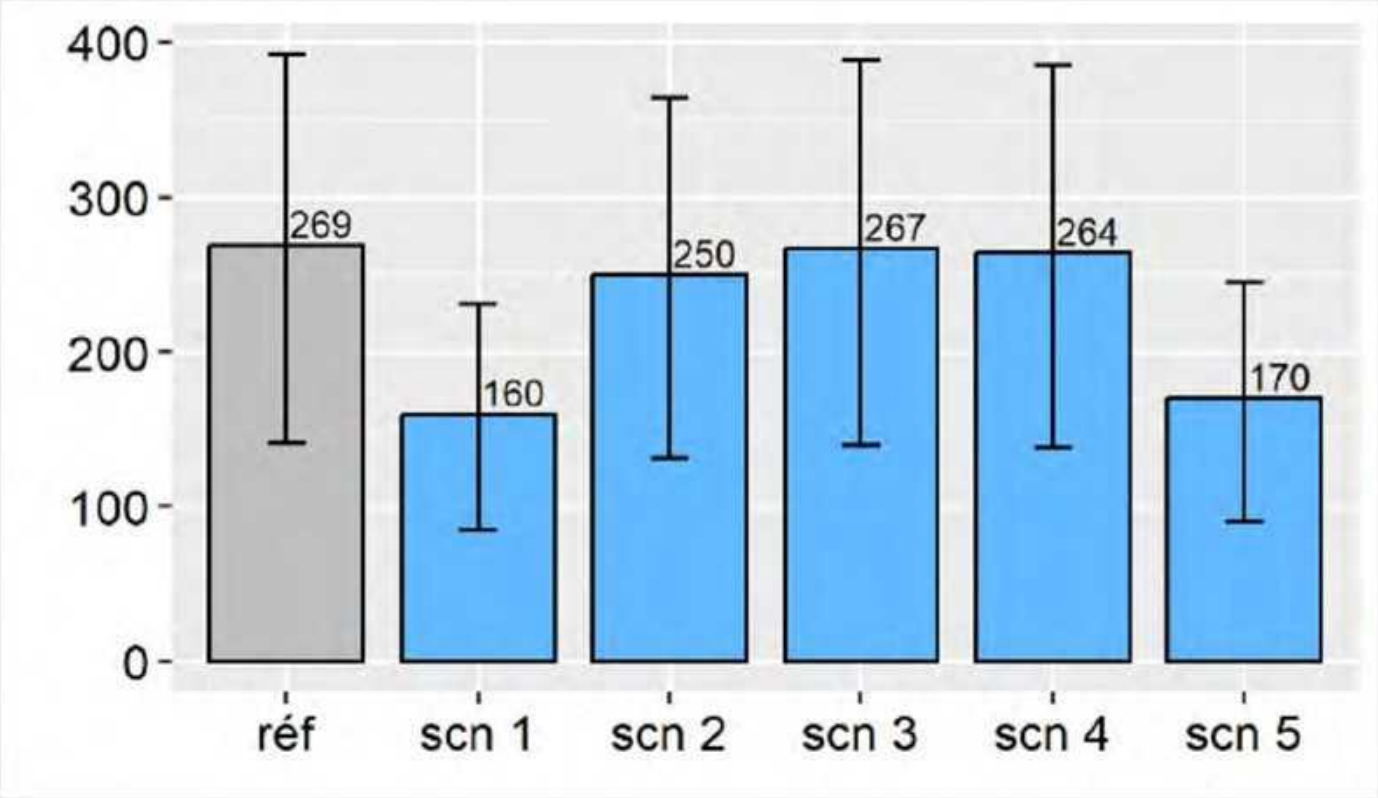


Tableau S11 et figure 5 de Zalzal et al., 2024. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174226

Impacts sanitaires estimés par l'INSPQ dans l'agglomération de Québec



Nombre de décès prématurés attribuables à l'exposition chronique aux particules fines, division de recensement de Québec

Scénarios

1. **Tous les appareils de combustion du bois de la province sont certifiés EPA**
2. Aucune émission associée à l'agriculture
3. Aucune émission industrielle
4. Aucune émission de véhicules hors route
5. Aucune combustion du bois dans les régions urbaines de la province

Smargiassi et al. 2023. Projets de recherche dans le cadre du portrait des sources de contaminants atmosphériques et sonores : impacts sanitaires des scénarios futurs. INSPQ.

Autres considérations

- Environ 73 % des citoyens seraient d'accord à ce que la Ville interdise l'utilisation de poêles à bois certifiés (19 % contre, 8 % ne sait pas)*
- Toute la population est exposée à la pollution issue du chauffage au bois, involontairement pour près de 85 % des ménages qui ne l'utilisent pas*
- 11 % des citoyens se disent souvent incommodés par la fumée du chauffage au bois l'hiver*
- Possibilité de conserver un appareil pour les pannes de courant
- Coût sanitaire de la pollution issue du chauffage au bois : 479 000 $ US par tonne de particules fines selon l'US EPA (serait probablement moins élevé au Canada, mais demeure considérable)**

*Sondage Léger, 2020, auprès de 501 citoyens, commandé par la Ville de Québec
**Santé Canada, 2023, https://publications.gc.ca/collections/collection_2023/sc-hc/H144-112-2022-fra.pdf

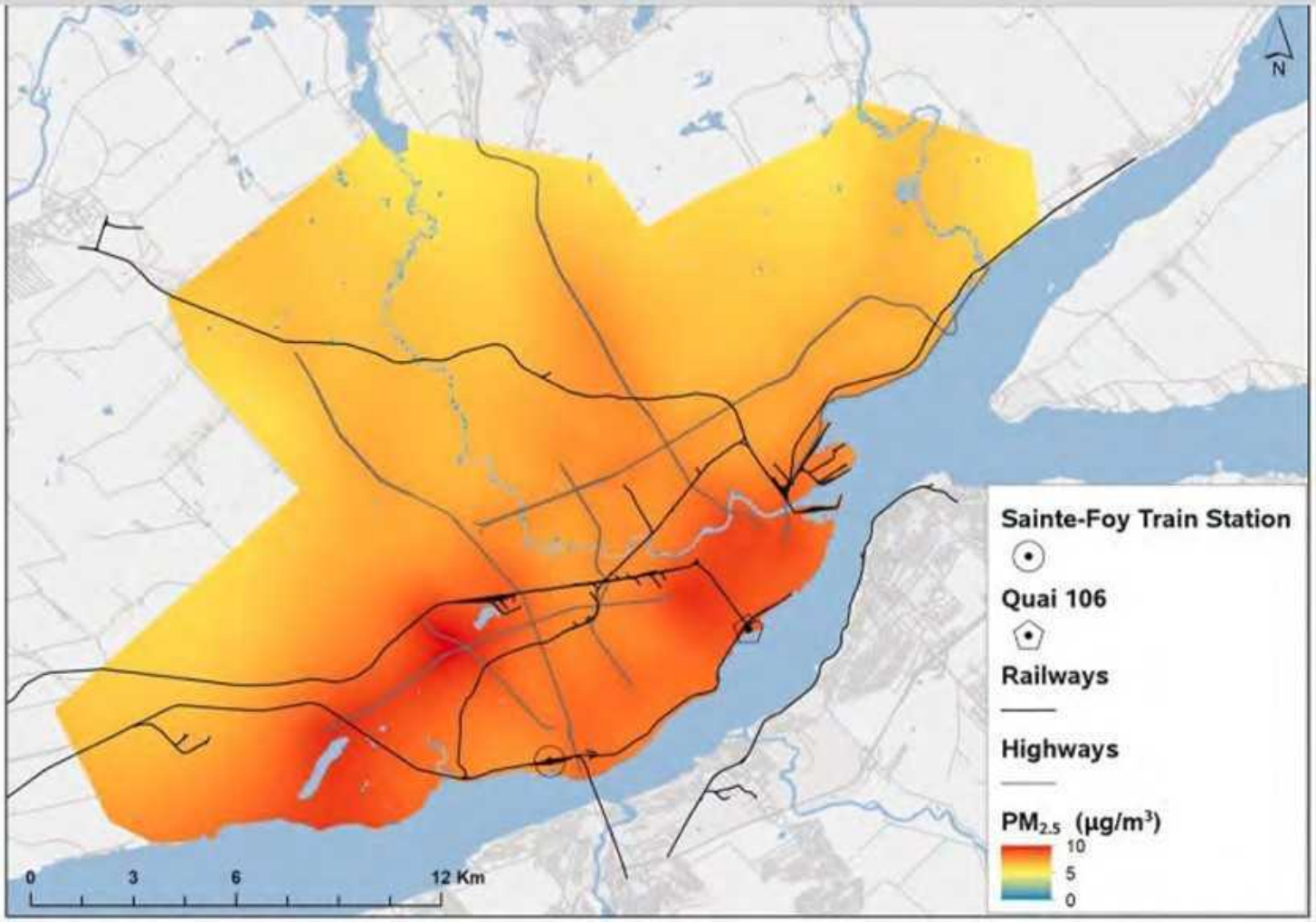
QUALITÉ DE L'AIR À QUÉBEC
Impacts sur la santé des poêles et foyers au bois

Philippe Robert, M.D., M.Sc., FRCPC,
Directeur de santé publique de la Capitale-Nationale
21 janvier 2026

Centre intégré
universitaire de santé
et de services sociaux
de la Capitale-Nationale
Québec

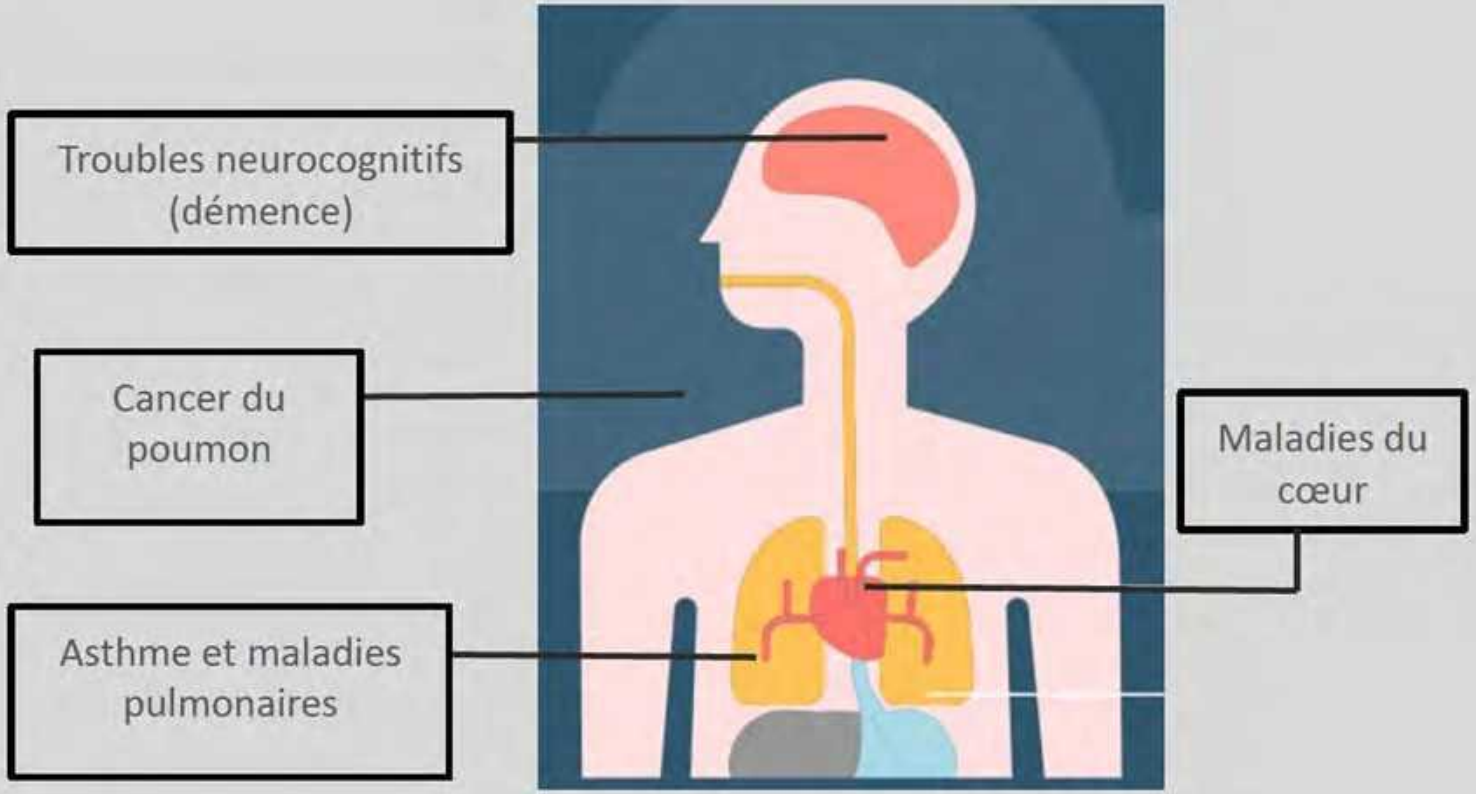
La pollution de l'air touche toute l'agglomération de Québec, particulièrement le centre et l'ouest

Concentration annuelle moyenne de particules fines à Québec, 2019-2020



Clark et al. 2024. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124353
Produit dans le cadre du projet *Mon environnement, ma santé*.

Impacts sur la santé des particules fines

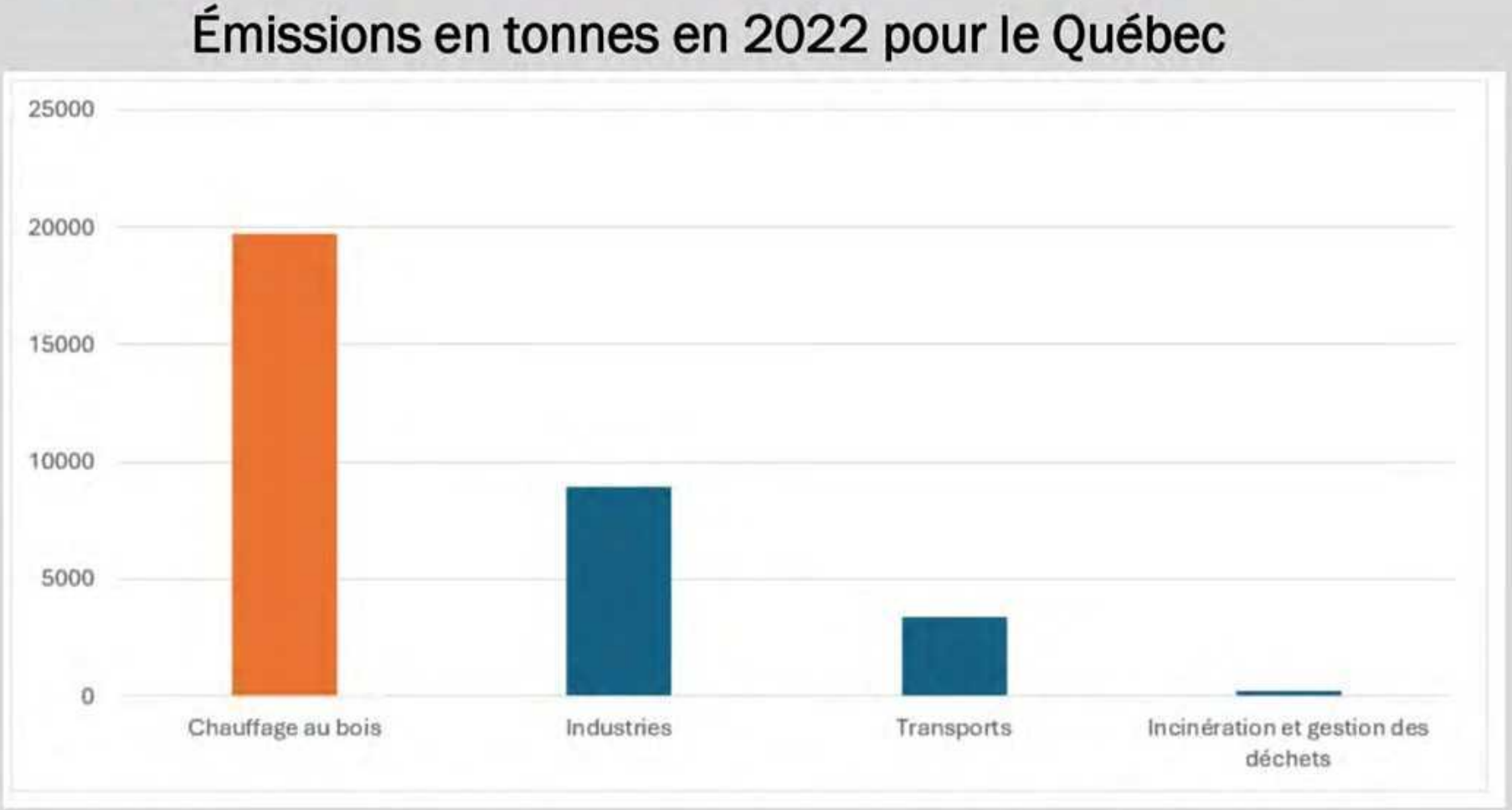


Direction de santé publique de Montréal, 2023. https://ccsmtlpro.ca/sites/mtlpro/files/media/document/DRSP_Pub_2023_QualiteAirMTL_FR.pdf

La combustion résidentielle du bois est une source importante de particules fines.

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Au Québec, les poêles et foyers émettent plus de particules fines que les industries et les transports.

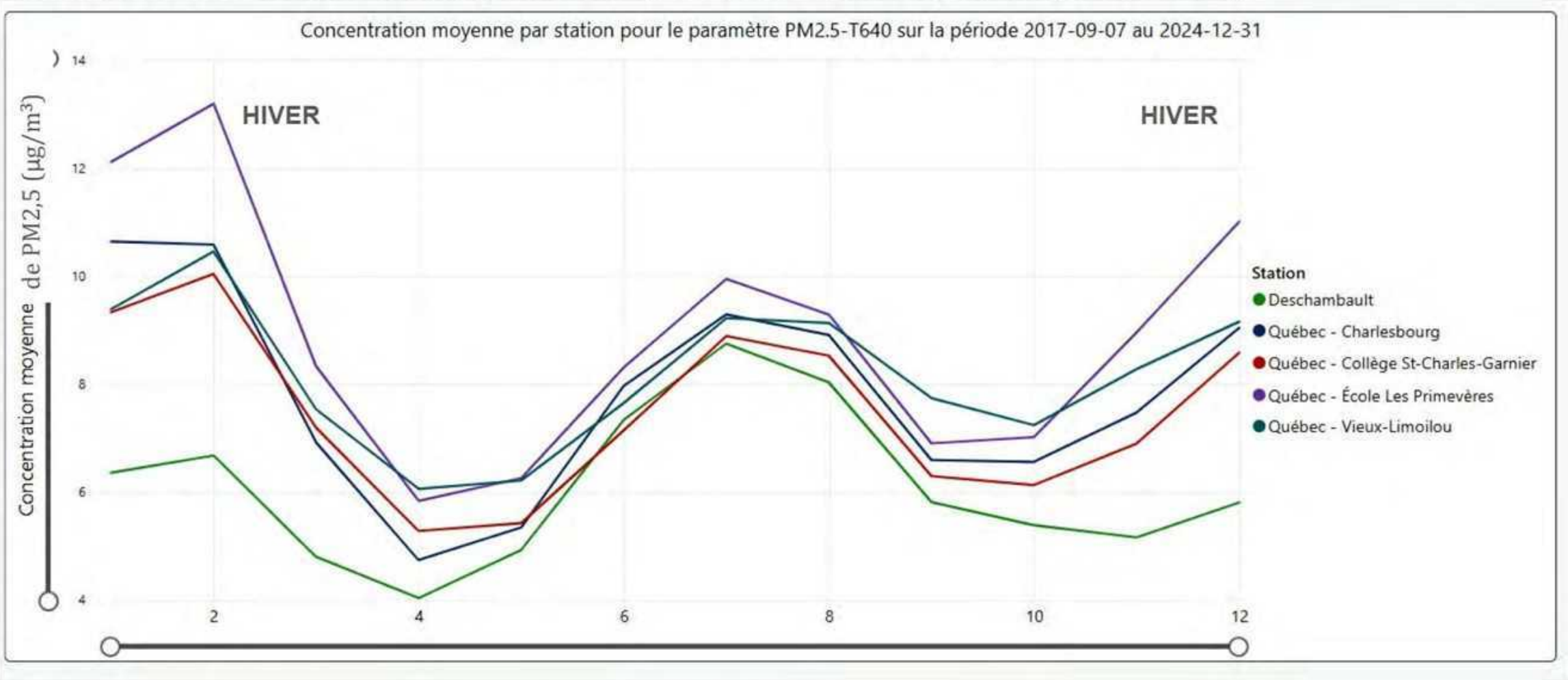


Source : Graphique produit à partir des données de l'Inventaire québécois des émissions des principaux contaminants atmosphériques du ministère de l'Environnement, de la Lutte aux changements climatiques, de la Faune et des Parcs.

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nat

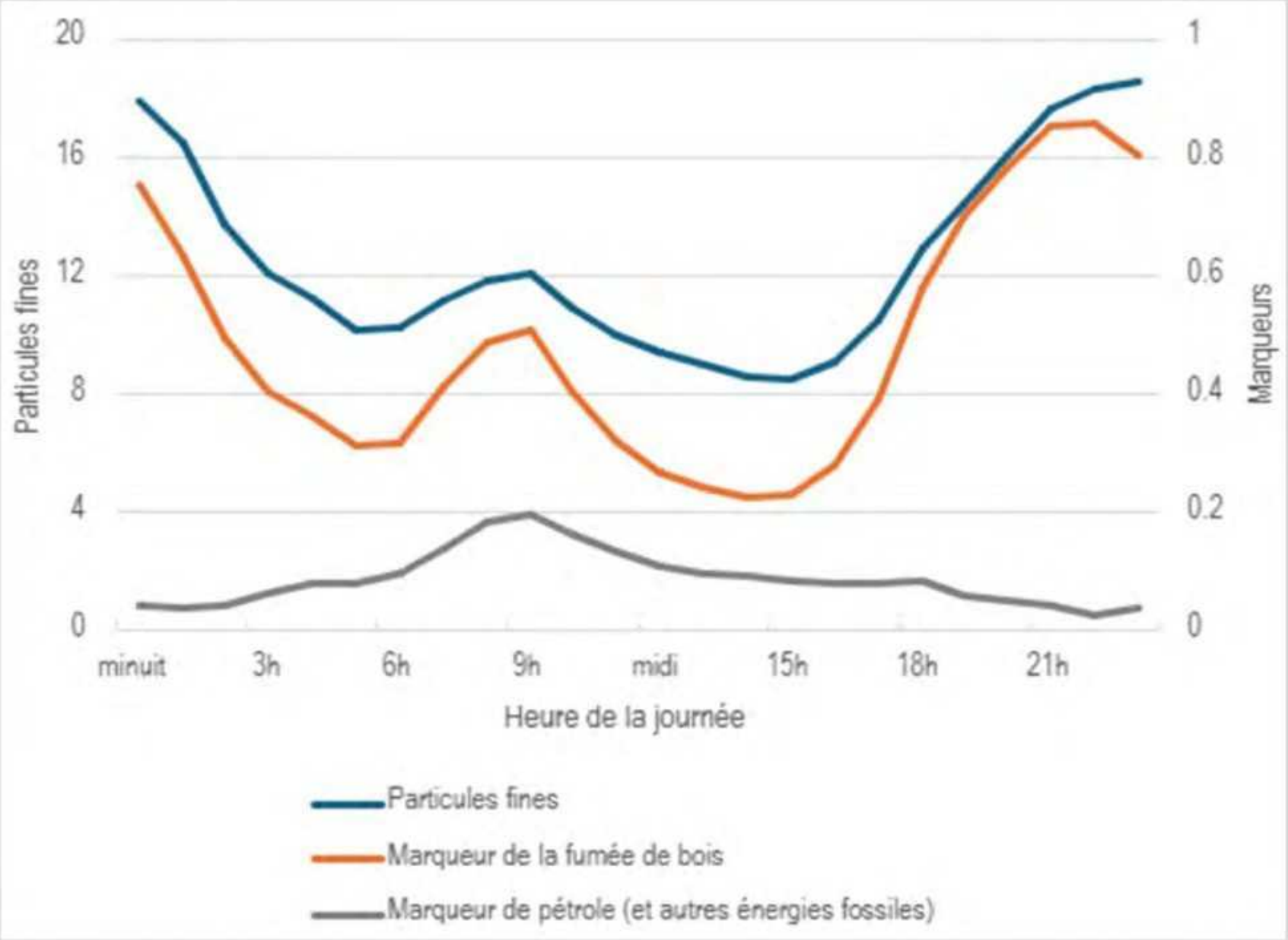
Dans la région, le niveau de particules fines augmente en hiver

Concentrations mensuelles moyennes de particules fines à Québec (2017-2024)



Analyse de la DSPublique, à partir des données du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec (RSQAQ) du MELCCFP

Le niveau de particules fines suit le niveau d'un marqueur de combustion de bois, à la station Primevères.

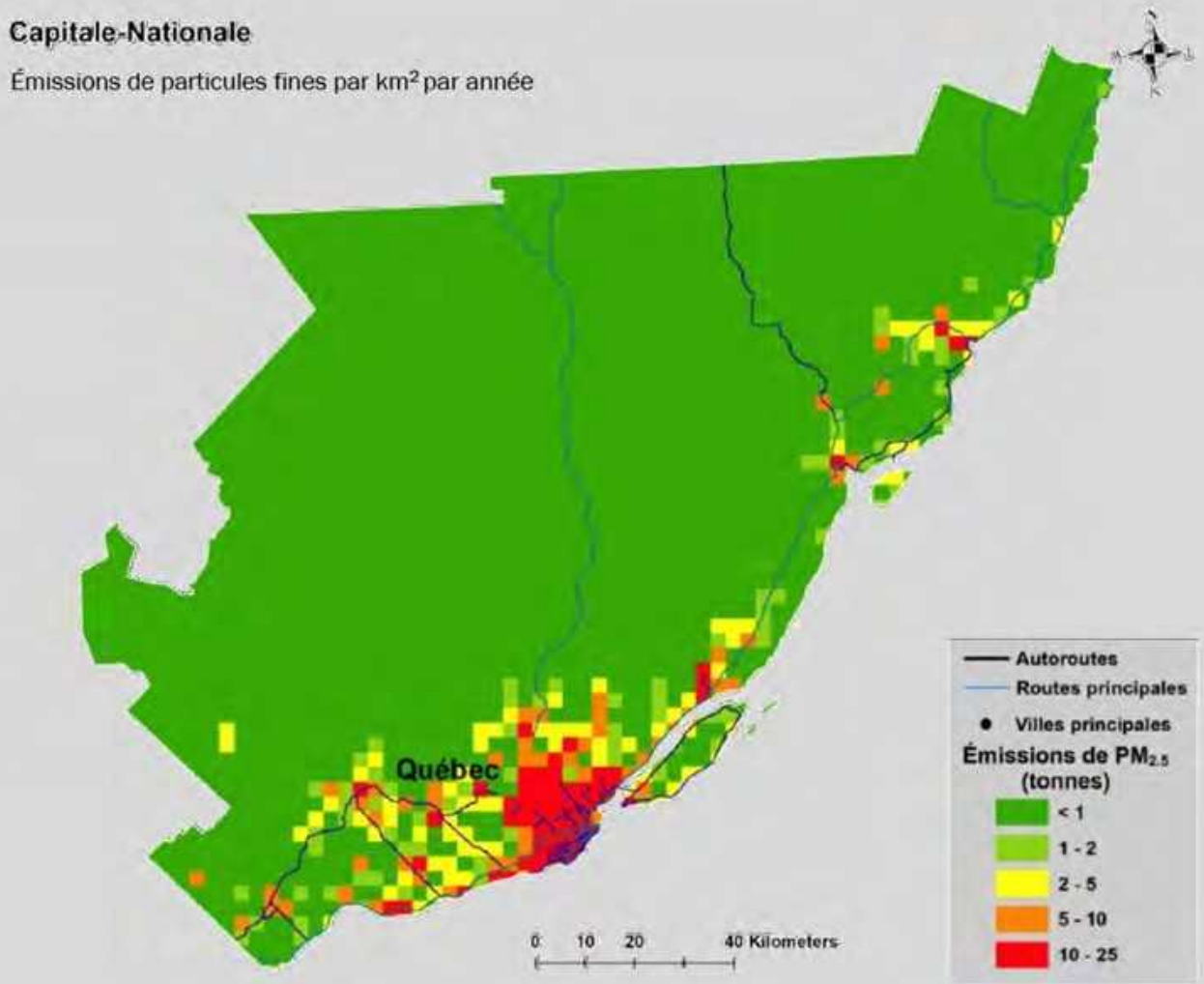


Concentrations moyennes (en µg/m3) de particules fines, de carbone noir spécifique à la combustion de biomasse (marqueur de la fumée de bois) et de carbone noir spécifique à la combustion d'énergies fossiles en 2019-2021 à la station de l'école Primevères
Source : Graphique généré à partir de données du MELCCFP

Les poêles et foyers au bois émettent environ 2000 tonnes de particules fines par année dans la région.

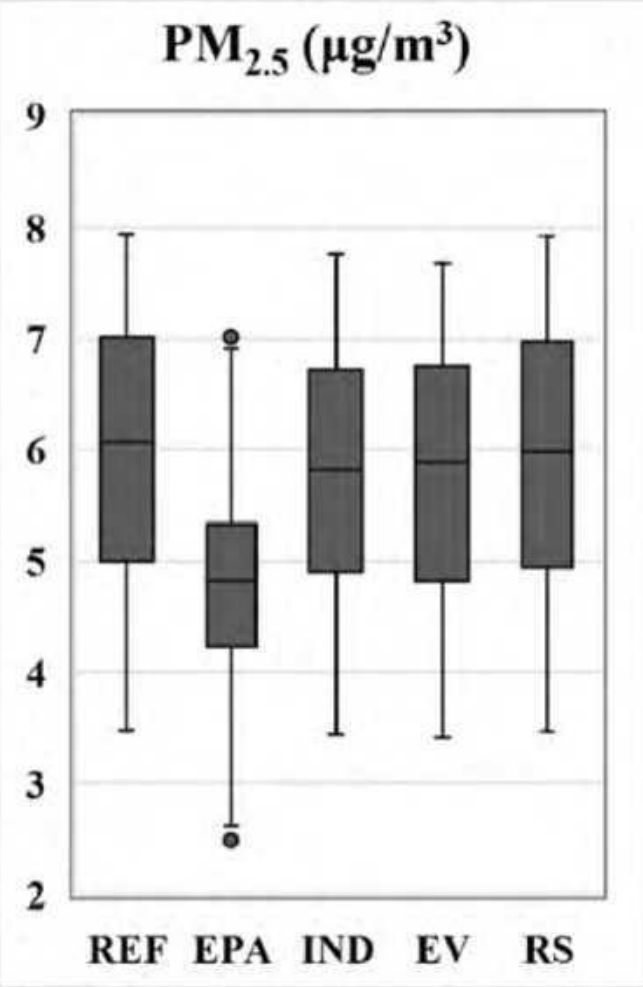
Estimé à partir de données :

- > 500 000 résidences vendues sur Centris au Québec : présence de poêles ou foyers
- Sondage de > 28 000 personnes : certification, fréquence d'utilisation, quantité de bois brulé



Zalzal et al., 2024. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174226
Figure : communication personnelle d'Audrey Smargiassi.

Comparaison de 4 scénarios pour réduire les émissions de particules fines dans le sud du Québec



Le scénario le plus efficace est de remplacer les appareils par des poêles certifiés EPA (- 20% de particules fines).

Scénarios

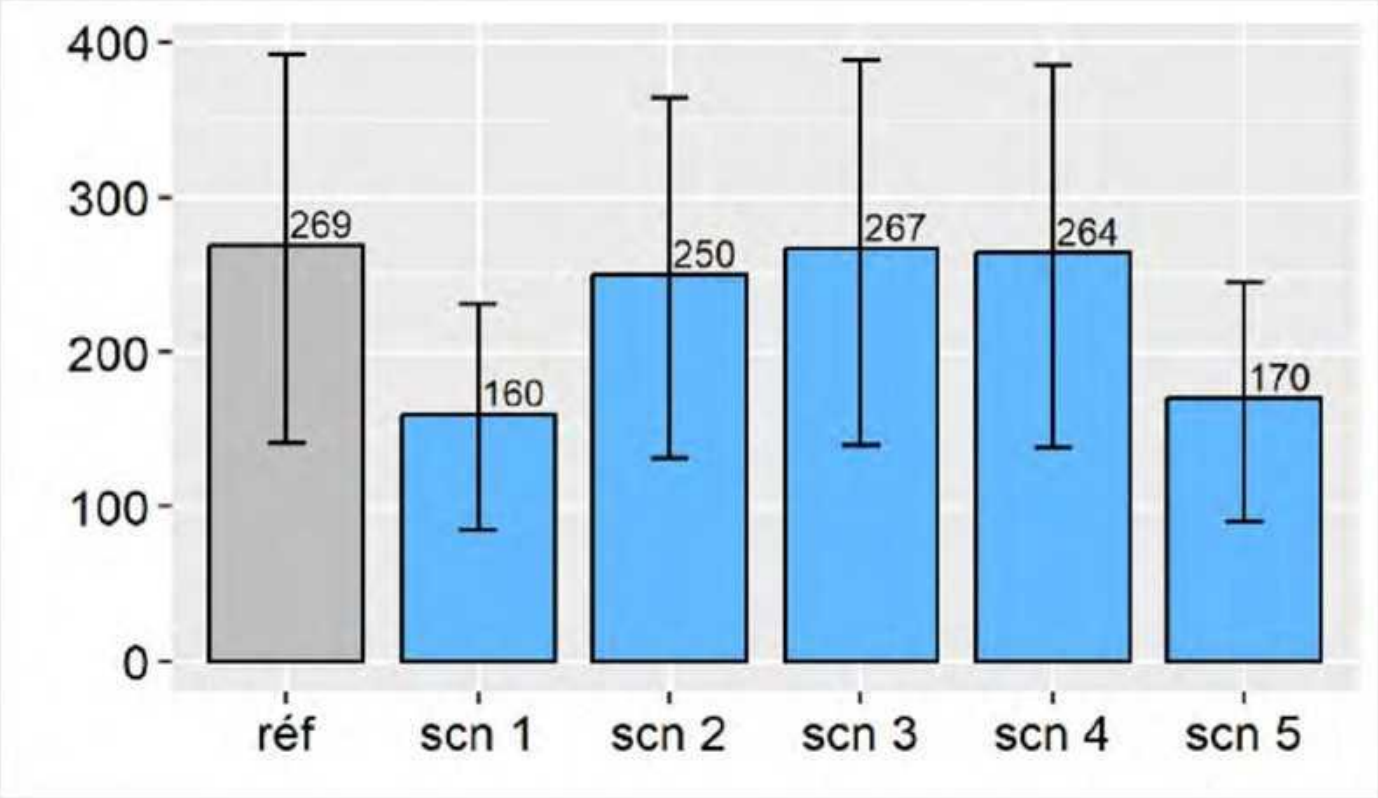
0. Sans intervention
1. Remplacement de tous les poêle et foyers par appareils certifiés EPA
2. Aucune émission industrielle
3. Électrification des véhicules routiers
4. Aucune émission de raffinerie et fonderie

Lui et al. 2025: Clearing the air – Which pollution source matters most for health? https://doi.org/10.17269/s41997-025-01142-1

La pollution issue des poêles et foyers au bois a un impact significatif sur la santé de toute la population.

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Impacts sur la santé estimés par l'INSPQ dans l'agglomération de Québec



Nombre de décès prématurés attribuables à l'exposition chronique aux particules fines, division de recensement de Québec

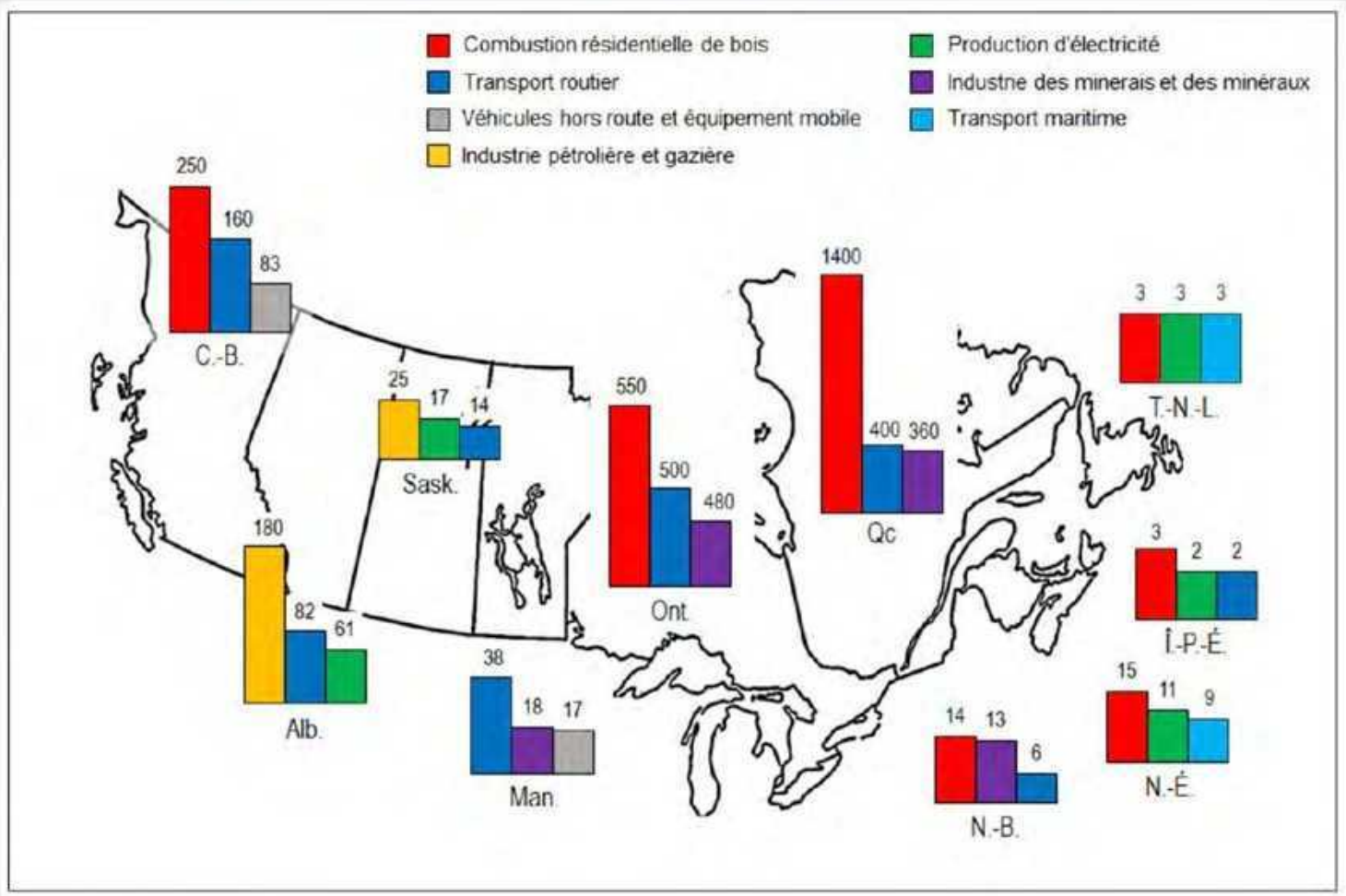
Scénarios

1. **Tous les appareils de combustion du bois de la province sont certifiés EPA**
2. Aucune émission associée à l'agriculture
3. Aucune émission industrielle
4. Aucune émission de véhicules hors route
5. Aucune combustion du bois dans les régions urbaines de la province

Smargiassi et al. 2023. Projets de recherche dans le cadre du portrait des sources de contaminants atmosphériques et sonores : impacts sanitaires des scénarios futurs. INSPQ.

Impacts sur la santé estimés par Santé Canada

Nombre de **décès prématurés** attribuables aux émissions de polluants de l'air de trois secteurs modélisés les plus importants par province (2015)



Santé Canada, 2023. https://publications.gc.ca/collections/collection_2023/sc-hc/H144-112-2022-fra.pdf

Autres considérations

- Plus de 74 % des Québécois·es sont préoccupés par la qualité de l'air en raison du smog urbain et de la fumée des feux de forêt.*
- Environ 73 % des citoyens de Québec seraient d'accord à ce que la Ville interdise l'utilisation de poêles à bois certifiés (19 % contre, 8 % ne sait pas)**
- Toute la population est exposée à la pollution issue du chauffage au bois, involontairement pour près de 85 % des ménages qui ne l'utilisent pas**
- 11 % des citoyens se disent souvent incommodés par la fumée du chauffage au bois l'hiver**
- Possibilité de conserver un appareil pour les pannes de courant

*Association pour la santé publique du Québec
*Sondage Léger, 2020, auprès de 501 citoyens, commandé par la Ville de Québec

MESSAGES CLÉS

- Toute diminution des concentrations ambiantes de particules fines aura des bénéfices sur la santé de la population à long terme.
- Diminuer l'exposition chronique et aigue hivernale aux particules fines contribue à améliorer la santé de la population.
- La combustion résidentielle du bois est une source importante de pollution de l'air au Québec et à Québec.

Pour en savoir plus :

Poêles et foyers au bois : impacts sur la santé et alternatives | CIUSSSCN

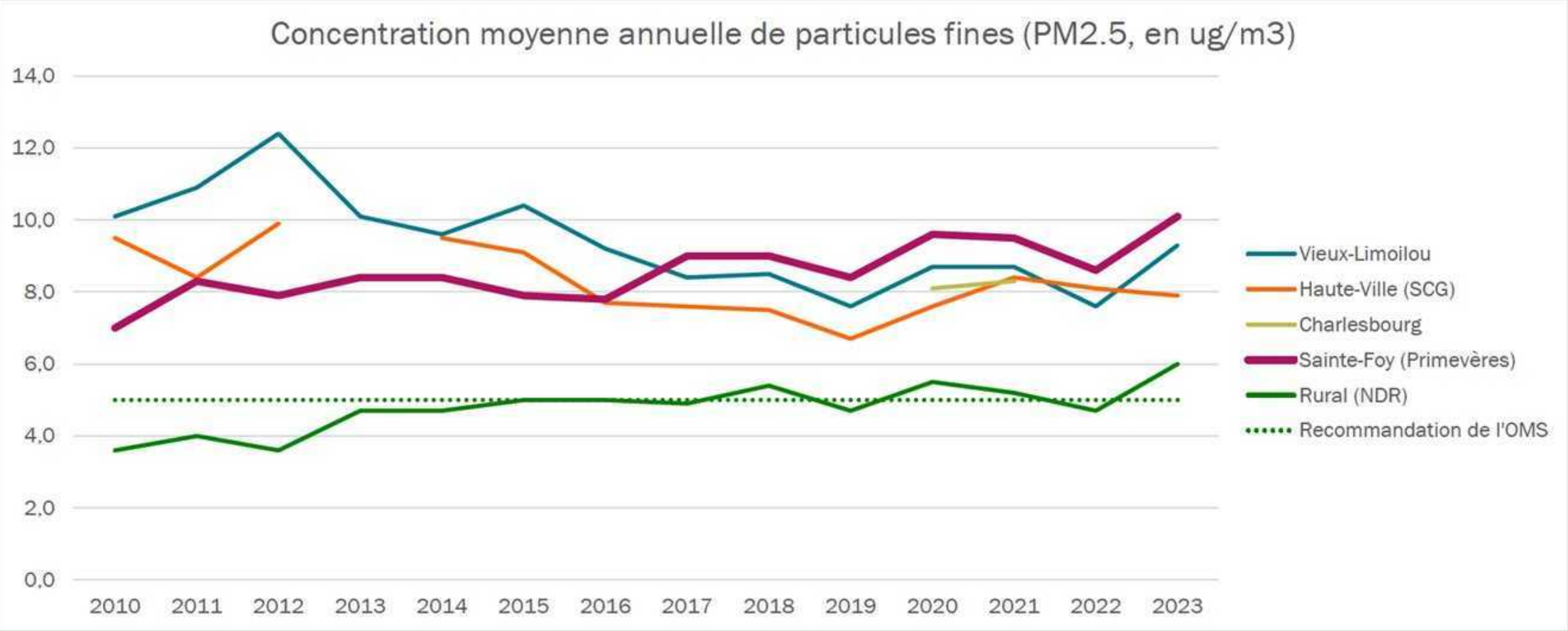
Les feux de bois, une cause majeure de pollution de l'air | Observatoire de la prévention de l'Institut de Cardiologie de Montréal

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Matériel complémentaire

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

La ligne directrice de l'OMS est dépassée à toutes les stations de Québec et la situation se dégrade dans l'ouest



Extraction de l'Infocentre de santé publique, à partir des données du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec

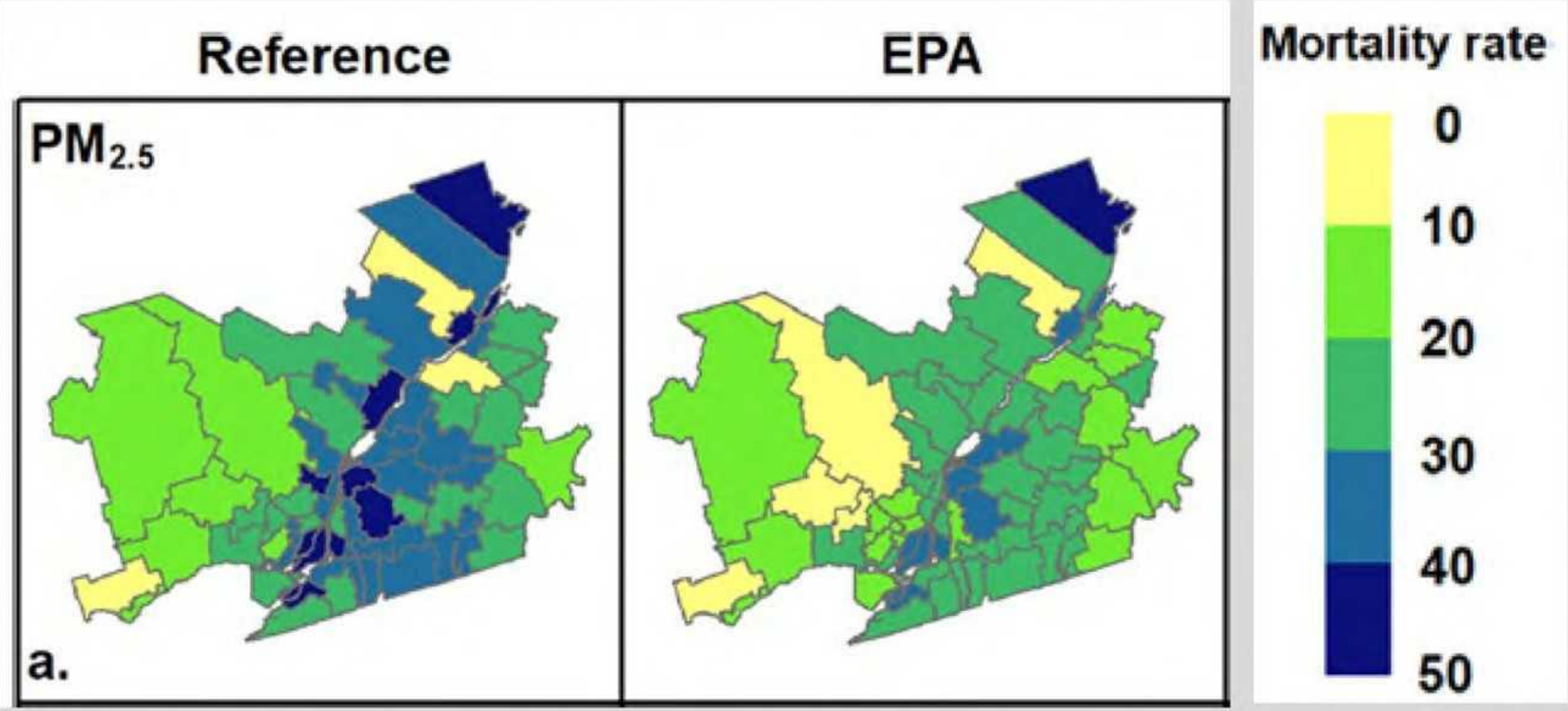
Seuils permettant de limiter l'occurrence d'épisodes pouvant occasionner des effets aigus sur la population

Polluant	Durée	Organismes					
		Critères santé				Critères de gestion de la qualité de l'air	
		Ligne directrice (OMS, 2021)	Cible intermédiaire 4 (OMS, 2021)	Cible intermédiaire 3 (OMS, 2021)	CCME et NCQAA (2020)	US NAAQS (US EPA, 1990)	ECCC et MELCCFP
$PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)	24 h	15*	25*	37,5*	27**	35**	35***

- Seuils basés sur les effets sanitaires des particules fines en considération des lignes directrices de l'OMS
- Objectif : limiter le nombre de journée de fortes concentrations de particules fines durant l'hiver sur le territoire de la ville de Québec (avertissement de smog hivernal = 35 $\mu g/m^3$ en moyenne des 3 dernières heures)
- À court terme, un seuil de 25 $\mu g/m^3$ en moyenne par 24 heures pourrait être utilisé. À plus long terme, la Ville pourrait tendre vers le 15 $\mu g/m^3$ en moyenne par 24 heures
- Ces seuils représentent les concentrations que l'on veut éviter; il ne s'agit donc pas de seuils d'intervention pour déclencher l'ordonnance

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

Impacts estimés par des chercheurs universitaires



Lui et al. 2025: Clearing the air – Which pollution source matters most for health? https://doi.org/10.17269/s41997-025-01142-1







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

Health Canada Santé Canada

Canada

Santé Canada est le ministère fédéral responsable d'aider les Canadiennes et les Canadiens à maintenir et à améliorer leur état de santé. Santé Canada s'est engagé à améliorer la vie de tous les Canadiens et à faire du Canada l'un des pays où les gens sont le plus en santé au monde, comme en témoignent la longévité, les habitudes de vie et l'utilisation efficace du système public de soins de santé.

Also available in English under the title:
Health impacts of air pollution from transportation, industry and residential sources in Canada : Estimates of premature mortality and morbidity outcomes at national, provincial, territorial, and air zone levels

Pour obtenir plus d'information, veuillez communiquer avec :

Santé Canada
Indice de l'adresse 0900C2
Ottawa (Ontario) K1A 0K9
Tél. : 613-957-2991
Sans frais : 1-866-225-0709
Téléc. : 613-941-5366
ATS : 1-800-465-7735
Courriel : publications-publications@hc-sc.gc.ca

© Sa Majesté Le Roi du Chef du Canada, représenté par le ministre de la Santé, 2023

Date de publication : février 2023

La présente publication peut être reproduite sans autorisation pour usage personnel ou interne seulement, dans la mesure où la source est indiquée en entier.

Cat. : H144-112/2022F-PDF
ISBN : 978-0-660-46336-0
Pub. : 220589

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ **4**

1 INTRODUCTION **8**

1.1 CONTEXTE 8
1.2 OBJECTIF ET PORTÉE 9
1.3 STRUCTURE DU RAPPORT 10

2 MÉTHODOLOGIE **11**

2.1 CADRE DE MODÉLISATION 11
2.2 SECTEURS ÉVALUÉS 12
2.3 POLLUANTS ÉVALUÉS 12
2.4 INVENTAIRE DES ÉMISSIONS 14
2.5 MODÉLISATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR 15
2.5.1 Modèle de transport chimique 15
2.5.2 Approche de modélisation « remise à zéro » 16
2.5.3 Résultat du modèle 16
2.6 ÉVALUATION DES IMPACTS SUR LA SANTÉ 17
2.6.1 Calcul des impacts de la pollution atmosphérique sur la santé de la population 17
2.6.2 Calcul de la valeur économique des impacts sanitaires dus à la pollution atmosphérique 19
2.6.3 Estimation des impacts sanitaires à l'échelle de la zone atmosphérique 19
2.7 LIMITES ET FORCES 22

3 IMPACTS SANITAIRES DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE PAR SECTEUR **23**

3.1 ÉMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES PAR SECTEUR 23
3.1.1 Émissions nationales par secteur 23
3.1.2 Émissions provinciales et territoriales par secteur 25
3.2 CONTRIBUTION DES SECTEURS À LA QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT 35
3.2.1 Moyenne annuelle modélisée de la qualité de l'air au Canada 35
3.2.2 Impacts des secteurs sur la qualité de l'air à l'échelle nationale 36
3.2.3 Contribution des secteurs à la qualité de l'air dans les provinces et territoires 38
3.3 CONTRIBUTION DES SECTEURS AUX IMPACTS SANITAIRES DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE 45
3.3.1 Polluants à l'origine de la mortalité prématurée 45
3.3.2 Classement des secteurs contribuant aux impacts sanitaires à l'échelle nationale, provinciale et territoriale 47
3.3.3 Classement des secteurs contribuant aux impacts sanitaires à l'échelle des zones atmosphériques 52

4 DISCUSSION **65**

4.1 POLLUANTS À L'ORIGINE DE LA MORTALITÉ ET VARIATIONS RÉGIONALES 65
4.2 ESTIMATIONS MODÉLISÉES DE LA MORTALITÉ PAR SECTEUR À L'ÉCHELLE NATIONALE 66
4.3 COMPARAISON AVEC LES ÉVALUATIONS SECTORIELLES ANTÉRIEURES 67
4.4 CONSIDÉRATIONS MÉTHODOLOGIQUES 71
4.4.1 Modélisation de l'inventaire des émissions 72
4.4.2 Modélisation des effets sur la qualité de l'air 73
4.4.3 Modélisation des impacts sur la santé 73

5 CONCLUSIONS **74**

6 RÉFÉRENCES **78**

A Annexe 82
A.1 Impacts sur la santé des émissions des secteurs – mortalité par province ou territoire 83
A.2 Impacts sur la santé des émissions des secteurs – mortalité par zone atmosphérique 95

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1 Liste des secteurs modélisés. 13
Tableau 2-2 Polluants évalués dans la modélisation des impacts sanitaires (OEBQA), périodes de calcul de la moyenne et effets à la santé associés 21
Tableau 3-1 Émissions totales de polluants atmosphériques au Canada par secteur modélisé (2015). 24
Tableau 3-2 Émissions de $PM_{2,5}$ des secteurs par province et territoire (2015) 28
Tableau 3-3 Émissions de PM_{10} des secteurs par province et territoire (2015). 29
Tableau 3-4 Émissions de NO_x des secteurs par province et territoire (2015). 30
Tableau 3-5 Émissions de CO des secteurs par province et territoire (2015) 31
Tableau 3-6 Émissions de SO_x des secteurs par province et territoire (2015). 32
Tableau 3-7 Émissions de COV des secteurs par province et territoire (2015). 33
Tableau 3-8 Émissions de NH_3 des secteurs par province et territoire (2015). 34
Tableau 3-9 Moyenne annuelle modélisée du scénario de référence pour les $PM_{2,5}$, le NO_2, le SO_2 et l'O_3 annuel, ainsi que le moyenne estivale de l'O_3 à l'échelle nationale, provinciale ou territoriale (pondérée en fonction de la population, 2015). 36
Tableau 3-10 Contribution des secteurs à la moyenne annuelle modélisée du scénario de référence des $PM_{2,5}$, des NO_2, des SO_2, et de l'O_3 annuel, ainsi que la moyenne estivale de l'O_3 au Canada (pondérée en fonction de la population, 2015). 37
Tableau 3-11 Contribution des secteurs à la moyenne annuelle modélisée (pondérée en fonction de la population) des $PM_{2,5}$ et du NO_2 du scénario de référence en 2015, à l'échelle nationale, provinciale et territoriale. 40
Tableau 3-12 Contribution des secteurs à la moyenne annuelle modélisée du scénario de référence (pondérée en fonction de la population) pour le SO_2 en 2015, à l'échelle nationale, provinciale et territoriale 42
Tableau 3-13 Contribution des secteurs à la moyenne annuelle et estivale (pondérée en fonction de la population) modélisée du scénario de référence pour l'O_3 en 2015, à l'échelle nationale, provinciale ou territoriale 43
Tableau 3-14 Mortalité prématurée, toutes causes confondues, et valeur par secteur et polluant à l'échelle nationale (2015). 46
Tableau 3-15 Mortalité prématurée toutes causes confondues liée à la pollution atmosphérique ($PM_{2,5}$, NO_2, O_3, O_3 estival), par secteur et région géographique (2015). 50
Tableau 3-16 Mortalité prématurée toutes causes confondues liée à la pollution atmosphérique (tous polluants, 2015) par secteur et par zone atmosphérique – Régions de l'Ouest et du Centre. 54
Tableau 3-17 Mortalité prématurée, toutes causes confondues, liée à la pollution atmosphérique (tous polluants, 2015), par secteur et par zone atmosphérique - région Atlantique. 55

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1 Limites des zones atmosphériques au Canada. 20
Figure 3-1 Mortalité prématurée, toutes causes confondues, liée à la pollution atmosphérique ($PM_{2,5}$, NO_2, O_3 annuel, O_3 estival), par secteur au Canada (2015). 47
Figure 3-2 Nombre de décès prématurés toutes causes confondues ($PM_{2,5}$, NO_2, O_3, O_3 estival) attribuables aux trois secteurs modélisés les plus importants par province (2015). 51

RÉSUMÉ

La pollution de l'air ambiant (extérieur) est reconnue dans le monde comme un facteur important contribuant au développement de maladies et de décès prématurés, et représente un facteur de risque environnemental important pour la santé humaine (GBD, 2020; OMS, 2013). Les effets sanitaires nocifs associés à l'exposition aux polluants de l'air ambiant varient en gravité, allant des symptômes respiratoires à l'évolution de maladies et à la mortalité prématurée due aux maladies cardiaques, aux accidents vasculaires cérébraux et au cancer du poumon. Selon les estimations des décès attribuables à la pollution atmosphérique, cette dernière se classe au cinquième rang des facteurs de risque de la mortalité avec 12,8 % des décès dans le monde en 2019 (soit 4,5 millions de décès prématurés dans le monde) (GBD, 2020; IHME et HEI 2019). D'après la plus récente évaluation du fardeau associé à la pollution atmosphérique réalisée par Santé Canada (2021), on estime qu'un total de 15 300 décès prématurés étaient liés à une exposition à la pollution de l'air ambiant supérieures aux concentrations naturelles pour les $PM_{2,5}$, l'ozone troposphérique (O_3) et le dioxyde d'azote (NO_2) en 2016.

Dans le présent rapport, on estime les impacts sur la santé de la population et la valeur socioéconomique propres à un secteur à différentes échelles géographiques (c.-à-d. nationale, provinces, territoires et zones atmosphériques). Au total, 21 secteurs principaux canadiens du transport, de l'équipement mobile, de l'industrie et du milieu résidentiel ont été évalués à l'aide d'un cadre de modélisation combinant l'inventaire des émissions de 2015 pour plusieurs polluants, un modèle de répartition spatiale des émissions, une modélisation de la qualité de l'air, puis une modélisation des impacts sanitaires et de leur valeur socioéconomique. Des estimations des impacts sur la qualité de l'air propres aux secteurs sont présentées pour les particules fines ($PM_{2,5}$), le dioxyde d'azote (NO_2), l'ozone troposphérique (O_3) et le dioxyde de soufre (SO_2). Des estimations des impacts sanitaires par secteur, dont des effets de morbidité et de mortalité et leurs valeurs socio-économiques correspondantes, sont présentées pour trois polluants atmosphériques d'intérêt, soit les $PM_{2,5}$, le NO_2 et l'O_3.

Le cadre de modélisation uniforme et multisectoriel utilisé dans cette analyse permet d'effectuer des comparaisons quantitatives entre les secteurs. Ainsi, ce rapport détermine les principaux secteurs ayant une incidence sur la qualité de l'air et le fardeau des impacts sanitaires à l'échelle nationale et provinciale et territoriale, afin d'orienter les mesures de gestion de la qualité de l'air à ces échelles géographiques. Les résultats des impacts sanitaires sont également indiqués par zone atmosphérique afin de mieux appuyer la gestion des zones atmosphériques du Système de gestion de la qualité de l'air (SGQA) du Canada.

À l'échelle nationale, les secteurs modélisés qui contribuent le plus aux décès prématurés en 2015 sont la combustion du bois de chauffage (2 300 décès), le transport routier (1 200 décès) et l'industrie des minerais et des minéraux (910 décès). La valeur socioéconomique (c.-à-d. le coût) attribuée à l'ensemble des impacts sur la santé (c.-à-d. la somme des effets mortels et non mortels) pour ces trois secteurs atteint 18 milliards de dollars pour la combustion du bois de chauffage, 9,5 milliards de dollars pour le transport routier et 7,2 milliards de dollars pour l'industrie des minerais et des minéraux (CAD 2015). Une morbidité élevée est également attribuée à ces trois secteurs, par exemple un nombre élevé de jours de symptômes d'asthme et de troubles respiratoires aigus (5,9 millions de jours pour la combustion du bois de chauffage; 3 millions de jours pour le transport routier; 2,4 millions de jours pour l'industrie des minerais et des minéraux), d'admissions à l'hôpital et de visites aux urgences (1 300 admissions et visites pour la combustion du bois de chauffage; 780 admissions et visites pour le transport routier; 500 admissions et visites pour l'industrie des minerais et des minéraux) et de cas de bronchite chez les enfants (9 300 cas pour la combustion du bois de chauffage; 3 600 cas pour le transport routier; 3 800 cas pour l'industrie des minerais et des minéraux).

Santé Canada a évalué les impacts sanitaires populationnels liés à la pollution atmosphérique supérieure à la concentration naturelle au Canada pour les $PM_{2,5}$, le NO_2 et l'O_3 (Santé Canada, 2021). Cette analyse, sur la base de données démographiques de 2016 et des concentrations de polluants atmosphériques de 2014 à 2017, estime que 15 300 décès prématurés sont attribuables à la pollution atmosphérique. Le présent rapport vise volontairement les impacts sur la qualité de l'air et sur la santé en lien avec des secteurs au Canada afin d'informer les actions nationales et la gestion de la qualité de l'air. Bien que ces deux analyses utilisent des approches distinctes pour estimer l'exposition à la pollution de l'air, une comparaison des résultats permet de contextualiser les résultats sectoriels des impacts sanitaires. Le nombre total de décès prématurés attribuables aux 21 secteurs évalués atteint environ 6 900, ce qui représente près de 45 % des 15 300 décès prématurés en lien avec la pollution de l'air estimés préalablement (Santé Canada 2021). On estime que les secteurs dominants de la combustion du bois de chauffage, du transport routier et de l'industrie des minerais et des minéraux ont contribué à environ 15 %, 8 % et 6 %, respectivement, des impacts sanitaires totaux des polluants atmosphériques au Canada en 2015. Ensemble, ces trois secteurs représentent environ 30 % du total des décès prématurés estimés attribuables à la pollution atmosphérique au Canada en 2015. D'autres secteurs ou sources non évalués dans la présente analyse contribueraient également au nombre total de décès liés à la pollution atmosphérique (p. ex. l'agriculture, l'incinération et les déchets, la poussière, les feux de forêt, les sources commerciales ou institutionnelles et la pollution transfrontalière).

À l'échelle nationale, parmi tous les secteurs et les polluants modélisés, la majorité des décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont associés aux contributions des secteurs aux concentrations ambiantes de $PM_{2,5}$ (5 900 décès), suivies du NO_2 (670 décès), de l'O_3 en été (270 décès) et de l'O_3 annuel (100 décès). Les polluants à l'origine des estimations de mortalité prématurée varient d'une région à l'autre, bien que les impacts des $PM_{2,5}$ soient toujours dominants : les décès liés aux $PM_{2,5}$ sont souvent environ dix fois plus élevés que ceux liés aux NO_2, en particulier au Québec, où ils sont environ douze fois plus élevés. Cependant, dans certaines provinces de l'Ouest (Alberta, Saskatchewan) et plusieurs provinces de l'Atlantique (Terre-Neuve-et-Labrador, Nouvelle-Écosse, Île-du-Prince-Édouard), les contributions des secteurs aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 et aux concentrations moyennes estivales d'O_3 ont un effet comparativement plus grand sur les décès prématurés qu'ailleurs au Canada. Pour les secteurs de la combustion résidentielle (combustion du bois de chauffage, appareils de combustion résidentiels) modélisés, les décès prématurés sont principalement attribuables aux contributions du secteur aux concentrations moyennes annuelles ambiantes de $PM_{2,5}$ (c.-à-d. aux rejets de $PM_{2,5}$ et de leurs précurseurs). Pour les secteurs du transport et de l'équipement mobile (routier, hors route, maritime, ferroviaire, aérien), la plupart des décès sont attribuables aux contributions du secteur aux concentrations moyennes annuelles ambiantes de $PM_{2,5}$ ainsi qu'aux contributions du secteur aux concentrations moyennes annuelles de NO_2. Pour les secteurs industriels (pétrole et gaz en amont, production d'électricité et fabrication de pâtes et papier), la majorité des décès prématurés sont attribués aux effets du secteur sur les concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$, mais un nombre de décès est aussi attribué aux effets du secteur sur les concentrations ambiantes moyennes annuelles de NO_2 et sur les moyennes annuelles ou estivales d'O_3.

À l'échelle régionale, le nombre le plus élevé de décès prématurés liés à la pollution atmosphérique est estimé pour les provinces centrales très peuplées, soit le Québec et l'Ontario, suivies par les provinces de la région de l'Ouest. Un nombre comparativement plus faible de décès est estimé dans les provinces de l'Atlantique et aucun décès n'est estimé dans les territoires nordiques. Les tendances régionales des effets de morbidité obtenues par modélisation sont cohérentes avec les résultats de la mortalité.

Par secteur, les impacts sanitaires des secteurs les plus importants – la combustion du bois de chauffage, le transport routier et l'industrie des minerais et des minéraux – sont élevés dans la plupart des provinces.

D'autres secteurs ont des impacts sanitaires fortement régionalisés et se classent parmi les trois secteurs principaux dans une ou quelques provinces seulement. Ces secteurs plus régionaux sont l'industrie pétrolière et gazière en Alberta et en Saskatchewan; la production d'électricité à partir du charbon en Alberta, en Saskatchewan et dans plusieurs provinces de l'Atlantique; le transport hors route et l'équipement mobile en Colombie-Britannique et au Manitoba; le transport maritime en Nouvelle-Écosse et à Terre-Neuve-et-Labrador.

Les secteurs qui dominent les impacts sur la santé liés à la pollution atmosphérique à l'échelle nationale ou provinciale et territoriale peuvent différer à l'échelle de la zone atmosphérique, reflétant les variations des caractéristiques de la zone atmosphérique (p. ex. la densité de population, le degré d'urbanisation, l'industrie locale) ainsi que l'influence potentielle des émissions transportées et rejetées par des sources du secteur situées dans les zones atmosphériques voisines. En général, les impacts sur la santé les plus élevés ont été estimés dans les zones atmosphériques ayant des centres urbains très peuplés. Par secteur modélisé, les secteurs du transport routier et de la combustion du bois de chauffage dominent les décès liés à la pollution atmosphérique dans la plupart des zones atmosphériques. Par comparaison, les décès liés à la pollution atmosphérique du secteur industriel présentent des tendances régionales marquées, reflétant la concentration des installations industrielles à proximité : les émissions de l'industrie pétrolière et gazière contribuent aux décès élevés liés à la pollution atmosphérique dans toutes les zones atmosphériques de l'Alberta et de la Saskatchewan; les émissions des centrales électriques alimentées au charbon contribuent aux décès élevés liés à la pollution atmosphérique en Alberta, en Saskatchewan et dans la plupart des zones atmosphériques des provinces de l'Atlantique; et les émissions associées à l'industrie des minerais et des minéraux contribuent aux décès élevés liés à la pollution atmosphérique dans presque toutes les zones atmosphériques du Manitoba, de l'Ontario, du Québec, du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse.

Les résultats de chacun des secteurs de la présente évaluation multisectorielle des impacts sur la santé se comparent bien aux évaluations sectorielles antérieures de Santé Canada réalisées pour les émissions de gaz d'échappement des moteurs à essence (Santé Canada, 2017) et les émissions de gaz d'échappement des véhicules diesel (Santé Canada, 2016). Par ailleurs, une évaluation antérieure des impacts sur la santé des $PM_{2,5}$ occasionnées par des feux de forêt pendant la période 2013 à 2018 au Canada (Matz et coll., 2020) indique que, pour certaines régions, les émissions provenant de la combustion du bois de chauffage contribuent à un nombre similaire de décès annuels (2 300) par rapport aux émissions des feux de forêt (c.-à-d. de 600 à 2 700 décès annuels pendant la période 2013 à 2018), notamment au cours d'une année avec une saison de feux de forêt importants affectant des zones peuplées (Matz et coll., 2020). Les estimations de la qualité de l'air et des impacts sanitaires pour les secteurs les plus importants établis dans la présente analyse sont également cohérentes avec celles de publications scientifiques antérieures d'évaluations multisectorielles (Meng et coll., 2019; McDuffie et coll., 2021), nonobstant les différences de modélisation et de données.

Nous nous sommes efforcés d'utiliser les meilleurs outils et données de modélisation de la qualité de l'air et de la santé existants au Canada, avec les limites et les incertitudes inhérentes (p. ex. la disponibilité et la qualité des données sur l'inventaire des émissions canadiennes et des données sur la santé des Canadiens étayant la sélection des relations concentration-réponse). Les effets de la pollution atmosphérique sur la santé présentés dans le présent rapport reposent uniquement sur l'exposition aux concentrations ambiantes de $PM_{2,5}$, de NO_2 et d'O_3 troposphérique. Ces polluants sont pris en compte parce qu'il existe des preuves épidémiologiques solides de leurs effets nocifs à la santé et que la répartition spatiale de leurs concentrations ambiantes au Canada peut être estimée avec précision. Toutefois, en raison de limites des données et de lacunes dans les connaissances, il n'est pas possible actuellement de quantifier tous les impacts sur la santé associés à l'exposition aux $PM_{2,5}$, au NO_2 et à l'O_3. En outre, il existe d'autres contaminants atmosphériques

qui contribuent aux impacts sur la santé de la pollution atmosphérique et qui dépassent le cadre de ce travail. Par conséquent, on croit que les valeurs des impacts sur la santé de la population fournies dans ce rapport sous-estiment l'impact total de l'exposition à la pollution atmosphérique au Canada. De plus, la présente analyse permet une évaluation régionale du fardeau sanitaire, plutôt qu'une évaluation des risques locaux pour les collectivités situées directement à proximité des sources d'émissions, comme les lieux situés près de routes très fréquentées ou ceux situés près d'installations industrielles.

La présente évaluation des impacts sanitaires a quantifié les impacts sanitaires et les coûts socioéconomiques qui sont attribuables aux émissions de polluants atmosphériques de sources multiples liés au transport, à l'industrie et à des activités résidentielles à différentes échelles géographiques, y compris nationale, provinciale, territoriale et les zones atmosphériques. L'analyse a déterminé les secteurs les plus importants ayant une incidence sur la santé, ce qui contribue à notre compréhension des risques pour la santé associés à l'exposition aux émissions provenant des transports et de l'équipement mobile, de l'industrie et du milieu résidentiel au Canada. Ces renseignements sur le fardeau sanitaire de la population associé à la pollution atmosphérique de chaque secteur guideront les intervenants provinciaux, territoriaux et régionaux, dont les gestionnaires des zones atmosphériques, et appuieront l'élaboration de stratégies efficaces de gestion de la qualité de l'air.

1 Introduction

1.1 Contexte

Il est reconnu à l'échelle mondiale que la pollution de l'air ambiant (extérieur) contribue de manière importante à l'apparition de maladies et aux décès prématurés, et représente un facteur de risque environnemental clé de la santé humaine (GBD, 2020; OMS, 2013). Les effets nocifs à la santé liés à l'exposition aux polluants de l'air ambiant varient en gravité, allant de symptômes respiratoires à l'apparition de maladies et à la mortalité prématurée due aux maladies cardiaques, aux accidents vasculaires cérébraux et au cancer du poumon[1]. Comme les sciences de la santé et de l'atmosphère ont beaucoup progressé au cours des deux dernières décennies, on peut aujourd'hui estimer la mortalité et la morbidité attribuables à l'exposition aux contaminants de l'air ambiant. Ces valeurs sont estimées à partir de données tirées de publications scientifiques évaluées par des pairs qui établissent un lien entre l'exposition de la population à la pollution, à court et à long terme, et le risque d'effets nocifs à la santé, tels que les décès prématurés, les hospitalisations et les visites aux urgences.

Des estimations des décès et autres effets nocifs à la santé attribuables aux polluants atmosphériques ont été élaborées à l'échelle mondiale et pour de nombreux pays, y compris récemment par McDuffie et coll. (2021), Thakrar et coll. (2020), Liu et coll. (2019), Burnett et coll. (2018), Cohen et coll. (2017), l'Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) et le Health Effects Institute (HEI) [2018], et l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) [2016]. Selon le projet Global Burden of Disease (GBD), la pollution atmosphérique est le cinquième facteur de risque de mortalité dans le monde et l'exposition à long terme à l'ozone troposphérique (O_3) et aux particules fines ($PM_{2,5}$) de l'air extérieur était responsable de 12,8 % des décès dans le monde en 2019 (soit 4,5 millions de décès prématurés) [GBD, 2020; IHME et HEI 2019]. Des estimations du nombre total de décès attribuables à la pollution atmosphérique au Canada ont déjà été publiées par Santé Canada (2021, 2019, 2017, 2016), Stieb et coll. (2015), l'Association médicale canadienne (2008) et dans le cadre du projet GBD (GBD, 2020; IHME et HEI, 2019). La plus récente évaluation du fardeau de la pollution atmosphérique réalisée par Santé Canada (2021) estime qu'un total de 15 300 décès prématurés sont associés à une exposition à la pollution ambiante supérieure aux concentrations naturelles pour les $PM_{2,5}$, l'O_3 et le dioxyde d'azote (NO_2) en 2016. Des évaluations antérieures de Santé Canada ont aussi visées des secteurs uniques (c.-à-d. les émissions de gaz d'échappement de moteurs à essence, les émissions de gaz d'échappement de moteurs diesel, les $PM_{2,5}$ produites par les feux de forêt) [Santé Canada, 2017, 2016; Matz et coll., 2020].

Le présent rapport est une évaluation multisectorielle des impacts sanitaires et socioéconomiques de l'exposition aux polluants de l'air ambiant au Canada. L'évaluation quantifie et compare les impacts propres à différents secteurs quant à la qualité de l'air, aux impacts sanitaires et à leurs valeurs socioéconomiques découlant des rejets de polluants atmosphériques. Les secteurs visés, tirés d'une liste exhaustive de secteurs canadiens, représentent des sources d'émissions liées au transport, à l'industrie et au secteur résidentiel.

[1] L'exposition à la pollution atmosphérique est un facteur de risque contribuant à l'apparition ou à l'aggravation des effets nocifs à la santé, parmi de multiples facteurs de risque. Si la pollution atmosphérique peut contribuer à accroître le risque d'impacts sanitaires pour la population, cela n'implique pas nécessairement que la pollution atmosphérique en soit la seule cause.

1.2 Objectif et portée

La présente analyse évalue et compare la qualité de l'air et les impacts sanitaires de 21 secteurs canadiens représentant des sources d'émissions liées au transport, à l'industrie et au secteur résidentiel. Bien qu'elle soit exhaustive, la liste des secteurs modélisés ne comprend pas tous les secteurs de l'Inventaire des émissions de polluants atmosphériques (IEPA) du Canada. Les secteurs non évalués dans la présente analyse comprennent : l'agriculture, l'incinération et les déchets, les peintures et les solvants, la poussière, les incendies et les sources commerciales, résidentielles et institutionnelles. Cependant, dans le secteur commercial, résidentiel et institutionnel, les secteurs résidentiels clés de la combustion du bois de chauffage et de l'utilisation de combustibles à usage résidentiel sont modélisés.

L'approche multisectorielle de la présente évaluation des impacts sanitaires vise à mieux déterminer les secteurs qui ont une incidence sur la qualité de l'air et la santé de la population à l'échelle nationale et provinciale et territoriale au Canada. Pour mieux appuyer la prise de décision en matière de gestion des risques et les stratégies en matière de lutte contre la pollution atmosphérique, les résultats des effets sur la qualité de l'air et des impacts sanitaires sont présentés à plusieurs échelles géographiques (nationale, provinciale, territoriale) et les résultats des impacts sanitaires sont également présentés par zone atmosphérique.

La présente analyse est conforme au rôle et aux responsabilités du gouvernement fédéral à l'égard du Système de gestion de la qualité de l'air (SGQA) du Canada, y compris la détermination et l'analyse de lacunes importantes à combler dans les connaissances en environnement et en santé et l'utilisation de données scientifiques pour évaluer l'impact des polluants atmosphériques d'intérêt et pour informer la population canadienne et les décideurs (CCME, 2012). La présente évaluation permet à Santé Canada de s'acquitter directement de la responsabilité qui lui incombe à l'égard du SGQA, soit d'étudier l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé humaine (CCME, 2012).

Santé Canada a mené la présente évaluation en collaboration avec Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). Comme dans les évaluations canadiennes antérieures (Santé Canada, 2021, 2019, 2017, 2016; Stieb et coll., 2015), les estimations des impacts sanitaires et de la valeur socioéconomique sont présentées pour trois polluants atmosphériques pour lesquels il existe des preuves épidémiologiques solides d'effets nocifs à la santé : les $PM_{2,5}$, le NO_2 et l'O_3. Les estimations des impacts sanitaires ne sont pas évaluées pour d'autres polluants atmosphériques toxiques tels que le dioxyde de soufre (SO_2), le monoxyde de carbone (CO), les différents composés organiques volatils (COV; p. ex. formaldéhyde, benzène) ou les métaux associés aux $PM_{2,5}$. Des estimations par secteur des impacts sanitaires sont fournies à l'échelle des zones atmosphériques. Des risques plus localisés, comme pour les communautés adjacentes à une source d'activité intensive (p. ex. près de routes ou près d'installations industrielles), ne sont pas spécifiquement évalués.

1.3 Structure du rapport

Le rapport est structuré en cinq sections comprenant les méthodes et les résultats de l'analyse des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique et une annexe, comme suit :

- **Introduction :** Objectifs généraux, portée et intérêt de l'analyse par secteur des impacts sanitaires des polluants atmosphériques. (Chapitre 1)

- **Méthodologie :** Résumé technique de la modélisation de l'inventaire des émissions par secteur, de la modélisation de la qualité de l'air et de la modélisation des impacts sanitaires et de la valeur socioéconomique. (Chapitre 2)

- **Résultats :** Émissions de polluants atmosphériques par secteur et contributions de chaque secteur à la qualité de l'air ambiant à l'échelle nationale et provinciale et territoriale. Estimations des impacts sanitaires et de la valeur socioéconomique attribuables à la pollution atmosphérique pour chacun des secteurs à l'échelle nationale, provinciale et territoriale et des zones atmosphériques. (Chapitre 3)

- **Discussion :** Détermination des secteurs les plus importants en fonction de la taille des impacts sanitaires, comparaison des estimations de la qualité de l'air et des impacts sanitaires avec des évaluations antérieures par secteur, discussion des facteurs méthodologiques et sources d'incertitude de l'analyse. (Chapitre 4)

- **Conclusions :** Intérêt des données sur la qualité de l'air et les impacts sanitaires par secteur pour la prise de décision en matière de gestion des risques et les stratégies en matière de lutte contre la pollution atmosphérique à l'échelle des provinces, des territoires et des zones atmosphériques. (Chapitre 5)

- **Annexe :** Estimations détaillées des impacts totaux et par secteur sur la qualité de l'air et sur la santé, par province et territoire (annexe A.1) et par zone atmosphérique (annexe A.2).

Une *documentation complémentaire* est disponible sur demande. Cette documentation comprend des données détaillées sur les émissions par secteur, des cartes de répartition spatiale des émissions, des cartes supplémentaires des résultats de modélisation de la qualité de l'air (c.-à-d. des cartes représentant la contribution des secteurs aux concentrations ambiantes), des résultats supplémentaires de la modélisation des impacts sanitaires (c.-à-d. des cas de morbidité par polluant à l'échelle nationale) et des renseignements techniques supplémentaires sur la méthode de modélisation.

2 Méthodologie

2.1 Cadre de modélisation

La présente évaluation des impacts sanitaires utilise un cadre de modélisation intégrant des modèles multiples et comportant quatre étapes séquentielles :

1. Création d'un inventaire des émissions à l'aide de l'Inventaire des émissions de polluants atmosphériques (IEPA) d'ECCC, selon les données d'émissions de 2015[2].

2. Répartition spatiale des rejets de polluants atmosphériques (de l'étape 1) sur une grille nationale à l'aide du modèle SMOKE (*Sparse Matrix Operator Kernel Emissions*) de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (US EPA).

3. Modélisation de la qualité de l'air à l'aide du modèle de transport chimique d'ECCC nommé Modèle global environnemental multi-échelle – modélisation de la qualité de l'air et de la chimie (GEM-MACH). GEM-MACH combine les répartitions d'émissions de SMOKE (de l'étape 2) avec des données météorologiques et des algorithmes précis pour simuler la diffusion atmosphérique, le transport et la transformation chimique des polluants gazeux et particulaires, et ainsi prédire la concentration de polluants atmosphériques sur une grille continentale.

4. Modélisation des impacts sur la santé et de la valeur socioéconomique grâce à l'Outil d'évaluation des bénéfices de la qualité de l'air (OEBQA) de Santé Canada pour plusieurs effets de mortalité et de morbidité associés à l'exposition de la population aux concentrations ambiantes des principaux polluants particulaires et gazeux (de l'étape 3).

Pour estimer les effets sur la qualité de l'air, les impacts sur la santé et la valeur socioéconomique des émissions atmosphériques des différents secteurs, une analyse de la sensibilité par force brute avec « remise à zéro » a été utilisée pour modéliser la qualité de l'air (c.-à-d. l'étape 3 du cadre de modélisation). En bref, il s'agit d'utiliser le modèle de qualité de l'air pour simuler un « scénario de référence » où toutes les émissions inventoriées influençant la qualité de l'air sont incluses et distribuées sur la grille du modèle. Ensuite, le modèle de qualité de l'air est exécuté de manière répétée pour chaque « scénario sectoriel » : dans chaque simulation de scénario sectoriel, tous les polluants émis d'un secteur particulier ou d'un groupe de secteurs sont « remis à zéro » (c.-à-d. fixés à une valeur de 0). Les effets du secteur sur la qualité de l'air dans l'ensemble du domaine de modélisation sont estimés comme étant la différence entre les concentrations de polluants du scénario de référence et du scénario sectoriel. Les estimations des concentrations de polluants propres au secteur sur la grille du domaine de modélisation (10 km x 10 km) sont ensuite converties à l'échelle de la division de recensement (DR), une zone plus grande, en utilisant une pondération en fonction de l'aire. Ces concentrations par DR sont ensuite utilisées comme intrants dans le modèle des impacts sanitaires, ce qui donne des estimations de la mortalité, de la morbidité et de la valeur socioéconomique à l'échelle des DR. Enfin, les estimations à l'échelle des DR des contributions sectorielles aux concentrations de

[2] La modélisation a utilisé l'inventaire des émissions de l'année 2015 pour tous les secteurs, à l'exception de la combustion de bois de chauffage, pour lequel les données de l'inventaire des émissions de 2010 ont été utilisées. Selon ECCC, les données de 2010 sont plus précises pour ce secteur.

polluants atmosphériques et aux impacts sanitaires correspondants servent à estimer des valeurs à des échelles géographiques plus grandes. Dans ce rapport, une pondération en fonction de la population des impacts sectoriels sur la qualité de l'air a lieu pour convertir les résultats à l'échelle des DR à l'échelle provinciale, territoriale et nationale. Les impacts sanitaires à l'échelle des DR sont additionnés pour obtenir des résultats provinciaux, territoriaux et nationaux, ou agrégés en utilisant une pondération en fonction de l'aire pour estimer les impacts sanitaires des zones atmosphériques. Des détails méthodologiques supplémentaires sur la modélisation sont fournis dans les sections suivantes et dans la *documentation complémentaire* (disponible sur demande).

2.2 Secteurs évalués

Cette évaluation compare les impacts sur la qualité de l'air et la santé de 21 secteurs canadiens du transport, industriels et résidentiels. La liste complète des secteurs évalués est présentée dans le Table 2-1. Les noms de secteurs utilisés dans le présent rapport reflètent ceux de l'IEPA (ECCC, 2022).

La liste des secteurs modélisés était exhaustive, mais ne comprenait pas tous les secteurs possibles de l'IEPA. Les classes de secteurs non évaluées étaient les suivantes : agriculture, incinération et déchets, peintures et solvants, poussières, incendies et commercial-résidentiel-institutionnel. Cependant, dans le secteur commercial-résidentiel-institutionnel, les secteurs résidentiels clés de la combustion du bois de chauffage et de l'utilisation de combustibles à usage résidentiel ont été modélisés.

2.3 Polluants évalués

Les données de l'inventaire des émissions sont présentées dans le présent rapport pour les particules fines ($PM_{2,5}$), les particules inhalables (PM_{10}) et plusieurs espèces de polluants gazeux : oxydes d'azote (NO_x), monoxyde de carbone (CO), oxydes de soufre (SO_x), COV et ammoniac (NH_3). Ces données ont été traitées et appliquées dans GEM-MACH pour produire les estimations de la pollution atmosphérique, en plus des émissions d'autres polluants qui ne sont pas indiquées ici.

Des estimations par secteur des impacts sur la qualité de l'air et sur la santé, ainsi que de la valeur socioéconomique, sont présentées pour trois polluants atmosphériques importants pour la santé : les $PM_{2,5}$, le NO_2 et l'O_3. Ces polluants sont évalués parce qu'il existe des preuves épidémiologiques solides de leurs effets nocifs à la santé à de très faibles concentrations, qu'il n'existe aucune preuve de l'existence d'un seuil d'exposition (c.-à-d. que toute augmentation graduelle de la concentration de polluants atmosphériques est associée à un risque accru d'effets nocifs à la santé) et parce qu'ils se prêtent à la modélisation de la répartition spatiale de leurs concentrations ambiantes au Canada. Les trois polluants évalués sont responsables de la majorité des impacts de la pollution atmosphérique sur la santé de la population (Santé Canada, 2021).

Tableau 2-1 Liste des secteurs modélisés.

	Description du secteur et remarques (adapté d'ECCC, 2022)
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE	
Tous les véhicules routiers	**Comprend les émissions de gaz d'échappement, les émissions par évaporation et les émissions dues à l'usure des pneus et des freins pour tous les véhicules légers (VL) et les véhicules lourds (VL) en circulation.**
Véhicules légers routiers	*Émissions d'échappement, émissions par évaporation et émissions liées à l'usure des pneus et des freins des véhicules de moins de 3 856 kg, y compris les voitures, les camions et les motocyclettes; tous les types de carburant (essence, diesel, propane, gaz naturel).*
Véhicules lourds routiers	*Émissions de gaz d'échappement, émissions par évaporation et émissions dues à l'usure des pneus et des freins des véhicules de plus de 3 856 kg; tous types de carburant (essence, diesel, propane, gaz naturel).*
Véhicules hors route et équipement mobile	*Émissions d'échappement des véhicules hors route et de l'équipement mobile utilisant tous les types de carburant (essence, diesel, propane, gaz naturel) dans les secteurs de l'exploitation minière, de la construction, de l'agriculture, des activités commerciales, de l'exploitation forestière, de l'entretien des chemins de fer, de l'assistance au sol dans les aéroports, de l'équipements pour pelouses et jardins et des véhicules de loisirs.*
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**La somme des secteurs du transport aérien, maritime et ferroviaire a été modélisée séparément dans cette analyse.**
Transport aérien	*Comprend les émissions de gaz d'échappement à l'atterrissage et au décollage de tous les avions à piston et à turbine (commerciaux, privés, militaires). Ne comprend pas les émissions de croisière (rejetées à haute altitude au-dessus de la troposphère, d'où une incidence minimale sur les expositions de la population au niveau du sol aux concentrations ambiantes).*
Transport maritime	*Comprend les émissions de gaz d'échappement de tous les navires dans les eaux canadiennes (domestiques, internationaux, de pêche, militaires).*
Transport ferroviaire	*Émissions d'échappement provenant des trains de marchandises et de passagers, y compris celles produites par les manœuvres de triage.*
SECTEURS INDUSTRIELS	
Industrie des minerais et des minéraux	**Comprend plusieurs sous-secteurs. Dans ce groupe de secteurs, les secteurs suivants ont été modélisés séparément : fabrication de ciment, affinage et fusion de métaux non ferreux.**
Fabrication de ciment	*Comprend les émissions provenant de tout le procédé de production de ciment dans des fours rotatifs, ainsi que la préparation du béton et du béton prêt à l'emploi, de la fabrication de la chaux et des mélanges de béton et de produits.*
Affinage et fusion des métaux non ferreux	*Comprend la production primaire de cuivre et de nickel, le concassage, la concentration et le traitement métallurgique du minerai de plomb, la production de zinc métal et les sources plus petites d'affinage et de fusion des métaux non ferreux (p. ex. les procédés industriels du magnésium, du cobalt et de l'uranium).*
Industrie pétrolière et gazière	**Les effets globaux du secteur de l'industrie pétrolière et gazière ont été estimés en additionnant les résultats des deux sous-secteurs modélisés tour à tour (c.-à-d. en amont et en aval).**
Secteur amont du pétrole et du gaz	*Forage, entretien de puits et essais réalisés sur les puits, production de pétrole classique et de gaz, extraction in situ de bitume et exploitation minière à ciel ouvert, valorisation des sables bitumineux, traitement du gaz naturel, transport du pétrole brut, transport et stockage du gaz naturel.*
Secteur aval du pétrole et du gaz	*Affinage et traitement du pétrole brut pour produire des carburants et d'autres produits (p. ex. solvants ou asphalte). Stockage et distribution de produits pétroliers raffinés, distribution de gaz naturel et traitement du gaz naturel liquéfié.*
Production d'électricité	**Comprend plusieurs sous-secteurs. Dans ce groupe de secteurs, la production d'électricité à partir du charbon a été modélisée séparément.**
Production d'électricité au charbon	*Production d'électricité à partir de la combustion de charbon, par les services publics (tant publics que privés), pour la vente commerciale ou l'utilisation privée.*
Fabrication	**Comprend plusieurs sous-secteurs. Dans ce groupe de secteurs, les produits chimiques, la pâte à papier et le papier ont été modélisés séparément.**
Produits chimiques	*Industrie de la fabrication, dont la fabrication d'engrais, les résines plastiques, les peintures et vernis, les produits pétrochimiques, les produits chimiques inorganiques et les produits pharmaceutiques.*
Pâtes et papiers	*Usines chimiques, mécaniques, de recyclage et semi-chimiques, y compris la production d'énergie par la combustion de déchets de processus.*
SECTEURS RÉSIDENTIELS	
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	*Utilisation de combustibles fossiles pour le chauffage des lieux et de l'eau dans les habitations.*
Combustion du bois – milieu résidentiel	*Combustion de bois, de granules de bois et de bûches manufacturées pour le chauffage des lieux et de l'eau. Ce secteur comprend les émissions produites par les foyers, les poêles à bois et les chaudières à bois.*

2.4 Inventaire des émissions

Pour la présente évaluation, Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) a élaboré un inventaire détaillé des émissions pour l'année 2015, en utilisant les données sur les émissions canadiennes publiées dans l'Inventaire des émissions de polluants atmosphériques (IEPA) pour l'année de publication 2017[3] à titre de référence. Lorsque ce projet d'évaluation multisectorielle a été lancé, l'année d'inventaire 2015 était l'année complète de données la plus récente pour la modélisation de la qualité de l'air (étape 2). L'ensemble de données de l'IEPA de 2015 a été utilisé pour la modélisation de tous les secteurs, à l'exception de la combustion du bois de chauffage, qui s'appuyait sur une version antérieure des données de l'IEPA de 2010; les données de cette année étaient plus représentatives selon ECCC[4].

Selon le secteur, l'inventaire des émissions utilisé dans la présente analyse était basé sur des données calculées (c.-à-d. les secteurs du transport, les secteurs résidentiels) ou des données déclarées (c.-à-d. les secteurs industriels) [ECCC 2015, 2020]. Les émissions des secteurs du transport routier et de l'équipement mobile hors route ont été estimées à l'aide de modèles d'émissions de sources mobiles pour des classes distinctes de véhicules ou d'équipement qui, ensemble, constituent le parc global de véhicules de transport et d'équipements mobiles au Canada. Les modèle de l'US EPA MOVES 2014b pour les véhicules routiers et NONROAD 2012c pour les véhicules hors route et l'équipement mobile, tous deux modifiés par ECCC pour refléter les conditions au Canada, ont été utilisés. En général, ces modèles agrègent la somme des émissions rejetées par les véhicules, estimées comme le produit des données sur l'activité des véhicules et des facteurs d'émission propres à la classe du véhicule (ECCC, 2022).

Les émissions du secteur industriel ont été estimées en fonction des déclarations de chaque installation sur les rejets mensuels et annuels de polluants industriels dans l'air (et dans d'autres compartiments de l'environnement) à l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP). Les émissions du secteur résidentiel ont été estimées comme des sources étendues sur la base des données d'activité et des meilleurs facteurs d'émission disponibles.

ECCC a traité la base de données de l'inventaire de 2015 pour générer un ensemble de données pouvant être utilisé dans le modèle *Sparse Matrix Operator Kernel Emissions* (SMOKE) de l'US EPA (Sassi et coll., 2016), qui distribue toutes les émissions sur une grille nationale (la version 3.7 de SMOKE a été utilisée). Des substituts spatiaux sous forme de fichiers de forme compatibles avec un système d'information géographique (SIG) ont également été utilisés pour répartir les émissions à travers le Canada. Les émissions réparties dans l'espace ont été utilisées comme intrants pour le modèle de transport chimique.

[3] L'inventaire des émissions pour les États-Unis était la projection de 2017 basée sur l'inventaire national des émissions (NEI) 2011 de l'US EPA (www.epa.gov/air-emissions-inventories/2011-national-emissions-inventory-nei-data). L'inventaire de 2008 (*Inventario Nacional de Emisiones*, INEM; www.gob.mx/semarnat/documentos/documentos-del-inventario-nacional-de-emisiones) utilisé pour le Mexique provient également du NEI de 2011 de l'US EPA. Les émissions dues aux feux de forêt ne sont pas incluses dans l'inventaire des émissions.

[4] Selon des résultats préliminaires de la modélisation, ECCC considérait les données d'émissions de 2015 (version 2017) pour le secteur de la combustion du bois de chauffage étaient surestimées. Un ensemble de données d'émissions antérieures de 2010 a été utilisé pour la combustion de bois de chauffage afin de corriger ce biais et garantir l'usage des meilleurs intrants disponibles pour tous les secteurs modélisés. Par ailleurs, les estimations nationales totales de 2010 des émissions de $PM_{2,5}$ et d'autres polluants du secteur de la combustion résidentielle du bois de chauffage présentées dans le présent rapport et utilisées dans la modélisation concordent mieux avec les plus récentes mises à jour publiées de l'IEPA pour ce secteur (ECCC, 2022).

2.5 Modélisation de la qualité de l'air

2.5.1 Modèle de transport chimique

Le modèle de transport chimique utilisé pour la présente évaluation est le modèle opérationnel d'ECCC, GEM-MACH[5] version 2.3.1. GEM-MACH est un outil de pronostic qui intègre des intrants d'émissions, des données météorologiques et des algorithmes pour simuler la diffusion, le transport et la transformation chimique des gaz et des particules dans l'atmosphère (p. ex. Makar et coll. 2018; Moran et coll. 2010; Whaley et coll. 2018, 2020). Cette version de GEM-MACH est utilisée par ECCC pour simuler les concentrations horaires de polluants atmosphériques, notamment les $PM_{2,5}$, le NO_2, le SO_2 et l'O_3 dans un domaine nord-américain, en appui aux règlements et aux décisions de gestion de la qualité de l'air au Canada.

L'approche générale de modélisation de la qualité de l'air comprenait des simulations effectuées avec un domaine continental avec un espacement de grille horizontal de 10 km et 80 niveaux verticaux hybrides allant de la surface (1,5 m) à 0,1 hectopascal (environ 30 km). Les simulations GEM-MACH sont effectuées pour une année complète et permettent de calculer 24 heures de prévisions pour chaque jour. L'intervalle de temps du modèle est de 300 secondes, de sorte que les conditions météorologiques et atmosphériques sont calculées toutes les cinq minutes. Les extrants horaires obtenus par une simulation comprennent les concentrations de polluants. Les simulations ont été réalisées à l'aide de la météorologie de 2017 (c.-à-d. les prévisions d'ECCC produites de manière opérationnelle et quotidienne en 2017).

Le post-traitement des résultats de GEM-MACH consiste à calculer différentes statistiques en utilisant une suite d'outils automatisés, tels que des scripts Kornshell et Tcl, ainsi que des programmes C/C++ et FORTRAN. Les statistiques comprennent, par exemple, des moyennes, des moyennes mobiles, des valeurs maximales et les différences entre les scénarios, pour différentes périodes (mensuelles, annuelles et saisonnières). Les statistiques sont calculées pour la grille du modèle de 10 km x 10 km et peuvent être interpolées sur différentes zones géographiques, telles que les divisions de recensement (DR) utilisées dans l'OEBQA. Les produits finaux sont disponibles dans des formats tels qu'ASCII, binaire, système d'information géographique (SIG) et graphique, selon les objectifs de l'analyse.

À partir des résultats de la grille, des estimations des polluants de l'air ambiant ont été générées à l'échelle des DR pour les $PM_{2,5}$, le NO_2, l'O_3 et le SO_2, pour une utilisation dans l'OEBQA. Les résultats représentent des conditions régionales de pollution de l'air et ne reflètent pas les effets locaux et les microenvironnements qui ne sont pas résolus par la grille horizontale de 10 km, comme les routes et les canyons urbains, où la pollution de l'air peut être plus élevée.

[5] *Global Environmental Multiscale - Modelling Air quality et CHemistry*

2.5.2 Approche de modélisation « remise à zéro »

Dans le présent rapport, l'approche de modélisation par la force brute ou la « remise à zéro » a été utilisée pour estimer les impacts sur la qualité de l'air des réductions d'émissions de polluants atmosphériques provenant d'un secteur ou de groupes de secteurs.

L'approche se résume comme suit :

i. La qualité de l'air du scénario de référence a été modélisée pour inclure toutes les émissions de l'inventaire, de toutes les sources. Cela a permis de générer des estimations de la qualité de l'air pour les $PM_{2,5}$, le NO_2, le SO_2 et l'O_3 sur une grille nationale.
ii. La qualité de l'air de chaque scénario d'un secteur remis à zéro a été modélisée en ramenant les émissions d'un secteur précis à zéro sur la même grille nationale.
iii. Pour chaque cellule de la grille de modélisation de la grille nationale, la différence des concentrations de polluants atmosphériques entre le scénario de référence et un scénario de remise à zéro représente l'estimation de la contribution dudit secteur aux concentrations de polluants atmosphériques.

2.5.3 Résultat du modèle

Pour les polluants évalués ($PM_{2,5}$, NO_2, O_3 annuel, O_3 estival, SO_2), les concentrations troposphériques ont été estimées pour chaque cellule de la grille du modèle (résolution de 10 km x 10 km). Les concentrations moyennes troposphériques ont été calculées à l'aide des mesures suivantes :

- $PM_{2,5}$, NO_2, SO_2 : moyenne annuelle à partir de données horaires;
- O_3 : moyenne annuelle basée sur la valeur maximale quotidienne des données horaires (c.-à-d. la valeur maximale quotidienne sur 1 h);
- O_3 estival : moyenne de mai à septembre basée sur la valeur maximale quotidienne des données horaires (c.-à-d. la valeur maximale quotidienne sur 1 h).

Les unités pour le NO_2, l'O_3 et le SO_2 sont exprimées en parties par milliard en volume (ppbv), tandis que les valeurs des $PM_{2,5}$ sont exprimées en microgrammes par mètre cube ($\mu g/m^3$).

Les estimations de la concentration troposphérique produites par GEM-MACH ont ensuite été agrégées en utilisant une pondération par l'aire aux DR canadiennes de plus grande superficie, en se référant aux données géographiques du Recensement de Statistique Canada qui divise le pays en 293 DR (recensement de 2011). Les concentrations pondérées en fonction de l'aire pour chaque DR ont été déterminées en additionnant le produit de la concentration d'une cellule de grille et la surface de cette cellule occupée par la DR, pour toutes les cellules qui superposent la DR, puis en divisant la somme par la surface de la DR. Par exemple, si trois cellules de la grille superposent une DR, la formule suivante s'applique pour déterminer sa concentration (C_d) :

$$C_d = (A_{d1} \times C_{g1} + A_{d2} \times C_{g2} + A_{d3} \times C_{g3}) \div A_d$$

Où A_{dx} est l'aire de superposition entre les cellules de la grille du modèle et la DR, C_{gx} est la concentration de la cellule de la grille g*x*, et A_d est l'aire de la DR.

Une pondération par la population a ensuite été utilisée pour agréger davantage les concentrations de polluants atmosphériques à l'échelle de la DR aux concentrations de polluants atmosphériques provinciales, territoriales et nationales, fournissant ainsi une estimation de la concentration d'exposition moyenne pour un individu dans une province ou territoire ou à l'échelle nationale. Les concentrations pondérées en fonction de la population pour toutes les provinces et tous les territoires ont été calculées en additionnant le produit de la concentration d'une DR et de la population de cette DR, pour toutes les DR d'une province, puis en divisant la somme par la population de la province. Par exemple, si une province comprend trois DR, la concentration pondérée en fonction de la population (C_{pw}) est déterminée par la formule suivante :

$$C_{pw} = (CD_{d1} \times CD_{pop1} + CD_{d2} \times CD_{pop2} + CD_{d3} \times CD_{pop3}) \div PT_{pop}$$

Où CD_{dx} est la concentration de la DR_x, CD_{popx} est la population de la DR_x, et PT_{pop} est la population de la province. La même méthode a été utilisée pour estimer la moyenne nationale pondérée selon la population.

La pondération en fonction de la population attribue plus d'influence ou de poids aux DR à forte population qu'aux DR à faible population lorsqu'on établit la moyenne sur une plus grande zone géographique (p. ex. province, territoire), ce qui permet d'obtenir une estimation plus représentative de la concentration moyenne de polluants à laquelle les Canadiens sont exposés. Cet aspect est particulièrement important au Canada, car la majorité de la population réside dans les zones urbaines de la partie sud du pays, tandis que les zones rurales et septentrionales comptent un nombre relativement faible de personnes.

2.6 Évaluation des impacts sur la santé

2.6.1 Calcul des impacts de la pollution atmosphérique sur la santé de la population

La modélisation des impacts sanitaires dans le présent rapport a été réalisée à l'aide de l'*Outil d'évaluation des bénéfices liés à la qualité de l'air* (OEBQA) de Santé Canada (Judek et coll., 2019), version 3.0[6]. L'OEBQA estime le nombre de décès prématurés et d'autres effets nocifs à la santé au Canada liés à une variation donnée de la concentration de polluants atmosphériques dans l'air ambiant. Pour le présent rapport, la variation des concentrations de pollution atmosphérique a été obtenue à l'aide des résultats du modèle GEM-MACH à l'échelle des DR. Les données sur les effets à la santé des polluants atmosphériques évalués ($PM_{2,5}$, NO_2, O_3 annuel et O_3 estival) sont intégrées sous la forme de fonctions concentration-réponse (FCR), qui décrivent l'association entre l'exposition à un polluant atmosphérique et un effet à la santé. Une FCR est une estimation du risque excédentaire pour la santé d'un effet donné (p. ex. symptômes d'asthme, bronchite chronique, mortalité liée à une exposition aiguë) qui suit l'augmentation d'une unité de concentration de polluant de l'air ambiant. Les FCR dans l'OEBQA sont des estimations dérivées statistiquement d'une seule étude ou d'une méta-analyse de nombreuses études[7].

Les effets à la santé liés à une exposition aiguë ou chronique, les FCR connexes et les groupes démographiques applicables (p. ex. groupes d'âge) sont prédéfinis dans l'OEBQA et représentent des valeurs avalisées par Santé Canada issues de publications scientifiques en santé examinées par des pairs. Les

[6] Guoliang Xi et Dave Stieb, communications personnelles, Santé Canada, 2019.

[7] La version de l'OEBQA utilisée pour les analyses actuelles utilisait des FCR linéaires. Cependant, des publications scientifiques sur la santé ont fait état de FCR linéaires et non linéaires, qui peuvent être utilisées dans l'OEBQA.

polluants et les effets à la santé associés pris en compte dans la présente analyse des impacts sanitaires sont énumérés au Tableau 2-2.

Dans le contexte de cette analyse, l'exposition à court terme contribue aux effets qui se produisent dans les quelques jours qui suivent une augmentation des polluants de l'air ambiant (c.-à-d. les effets aigus sur la santé), tandis que l'exposition à long terme contribue aux effets chroniques sur la santé. Des études antérieures (p. ex. Crouse et coll., 2012; Judek et coll., 2019; Shin et coll., 2013; Stieb et coll., 2015) contiennent des renseignements généraux sur les estimations des FCR utilisées dans la présente analyse (c.-à-d. renvois aux publications scientifiques sur lesquelles les estimations du risque sont fondées) et l'analyse menée pour produire les estimations dans l'OEBQA. Il était présumé que les effets à la santé n'avaient aucun seuil d'effet (c.-à-d. des effets peuvent être observés à n'importe quel niveau d'exposition).

Les FCR peuvent être saisies à titre d'une distribution de valeurs dans l'OEBQA, tenant compte de l'incertitude inhérente des estimations de FCR. La méthode de Monte-Carlo a été utilisée en employant 10 000 itérations afin de propager cette incertitude des FCR. Le modèle fournit l'estimation centrale la plus probable des impacts sanitaires qui est égale à la médiane de la distribution de sortie, ainsi que des estimations inférieure et supérieure correspondant aux 2,5^{e} et 97,5^{e} percentiles de la distribution de sortie.

Les taux d'incidence de base dans la population canadienne pour chaque effet à la santé (p. ex. le risque de décès dû à une maladie cardiovasculaire) sont nécessaires pour estimer le nombre d'effets sanitaires dans une population cible. Les taux d'incidence de base pour la population générale et pour un groupe d'âge donné d'une population cible sont inclus dans l'OEBQA. Par exemple, l'effet *Jours d'activité restreinte* est attribué à 100 % des adultes (20 ans et plus) et à 85,7 % des enfants âgés de 5 à 19 ans (non asthmatiques). Pour chaque paramètre de morbidité et de mortalité de l'OEBQA, les taux d'incidence de base sont représentés par un fichier de données contenant des événements annuels estimés par million d'individus d'une population précise pour chaque zone géographique (p. ex. district de recensement), groupe d'âge, année de scénario et projection démographique. Les taux d'incidence de base sont estimés par Santé Canada à partir de données de détections, d'observations et de déclarations par des moyens officiels (p. ex. certificats de décès, dossiers d'admission à l'hôpital), de données fournies par Statistique Canada ou d'études épidémiologiques. Les taux d'incidence sont généralement associés à de nombreux facteurs, notamment l'âge, le genre, la race, l'éducation, le revenu, les facteurs environnementaux et les habitudes de vie. L'exposition aux polluants a généralement une influence minime sur les taux d'incidence de base. Des détails supplémentaires et des références sur le calcul des taux de base ont été publiés précédemment (Judek et coll., 2019; Stieb et coll., 2015).

Les impacts sanitaires sont générés par l'OEBQA à l'échelle des DR (c.-à-d. correspondant directement à la variation des concentrations de pollution atmosphérique à l'échelle des DR obtenue à partir du modèle GEM-MACH) et agrégés aux échelles géographiques plus grandes présentées dans le présent rapport : nationale, provinciale et territoriale et zone atmosphérique[8].

[8] Les limites des DR sont harmonisées aux limites à plus grande échelle des zones atmosphériques, des provinces/territoires et des pays, ce qui permet de faire la somme arithmétique directe des impacts sanitaires et des données de valeurs économiques.

2.6.2 Calcul de la valeur économique des impacts sanitaires dus à la pollution atmosphérique

Dans le présent rapport, l'estimation des coûts liés à un exposition à la pollution atmosphérique prend en compte les conséquences potentielles des impacts sanitaires en termes sociaux, économiques et du bien-être public, notamment les coûts médicaux, la productivité réduite au travail, la douleur et la souffrance, le risque de décès et d'autres conséquences de risques accrus à la santé. L'expression des impacts à l'aide d'une valeur socioéconomique (c.-à-d. un coût) fournit une mesure commune à tous les effets à la santé (c.-à-d. les effets mortels et non mortels) pour estimer les impacts globaux de l'exposition à la pollution de l'air ambiant. La somme donne une indication relative des avantages ou des dommages sociaux résultant de risques à la santé.

Chaque effet à la santé évalué dans le présent rapport s'est vu attribuer un coût calculé à l'aide d'enquêtes et de données comptables, économiques ou actuarielles. La valeur de l'effet comprend une incertitude qui se reflète dans une distribution de valeurs possibles accompagnées des paramètres correspondants (c'est-à-dire que les estimations de valeurs sont saisies sous forme de distribution dans l'OEBQA). Les estimations de la valeur utilisées dans le modèle et les renvois aux études dont elles sont issues sont fournies dans Judek et coll. (2019). Dans la présente évaluation, les estimations des coûts sont exprimées en dollars canadiens de 2015 suivant un ajustement en fonction de l'indice des prix à la consommation tel que défini par Statistique Canada (Judek et coll., 2019; Statistique Canada, annuel).

Le coût des effets de mortalité est considérablement plus élevée que celle des autres effets à la santé. L'estimation centrale recommandée d'un décès prématuré évité pour l'analyse des politiques est de 6,5 millions de dollars (en devise de 2007), sur la base d'un examen des études canadiennes mené par Chestnut et De Civita (2009). Elle repose sur des analyses indiquant qu'un Canadien moyen serait prêt à payer environ 65 $ pour réduire le risque de décès prématuré de 1 sur 100 000. Ainsi, la volonté de payer (VDP) agrégée de 65 $ sur 100 000 Canadiens (pour laquelle 1 décès est évité) est égale à la valeur d'un décès évité. La valeur basse recommandée est de 3,5 millions de dollars et la valeur haute recommandée est de 9,5 millions de dollars. Ces valeurs représentent une fourchette raisonnable pour une analyse primaire et ne doivent pas être considérées comme des limites inférieures et supérieures (Chestnut et De Civita 2009). De plus, les valeurs ne sont pas équivalentes à la valeur économique de la vie d'une personne désignée, mais plutôt une somme de la volonté de payer des personnes pour de petites modifications du risque[9]. Après ajustement en fonction de l'indice des prix à la consommation, la valeur centrale d'un décès prématuré évité en 2015 est de 7,4 millions de dollars (en dollars canadiens de 2015).

2.6.3 Estimation des impacts sanitaires à l'échelle de la zone atmosphérique

Conformément à leurs responsabilités à l'égard du Système de gestion de la qualité de l'air (SGQA), les provinces et territoires canadiens ont chacun défini une ou plusieurs zones atmosphériques dans leurs limites géographiques respectives. Chaque zone atmosphérique est considérée comme ayant des caractéristiques de qualité de l'air uniques qui influencent les concentrations dans l'air ambiant des polluants gérés (c.-à-d. les $PM_{2,5}$, le NO_2, le SO_2 et l'O_3), comme les sources d'émissions, la topographie, la météorologie ou la densité de population. Les provinces et territoires utilisent les zones atmosphériques pour gérer et améliorer la

[9] Les études empiriques sur la volonté de payer (VDP) pour des réductions du risque de mortalité estiment les montants moyens, en dollars, que les personnes sont prêtes à payer pour obtenir de petites réductions de la mortalité prématurée. Le contexte de l'évaluation ou les circonstances d'une personne influencent ses valeurs de la VDP, c'est-à-dire qu'elles peuvent varier pour la même réduction de risque dans différents contextes et pour différentes personnes. La VDP reflète toutes les raisons que les personnes valorisent pour une réduction de leur propre risque de décès. Par conséquent, la VDP peut dépasser la valeur des conséquences financières individuelles associées à la modification du risque.

qualité de l'air à une échelle plus locale, en maintenant les concentrations de polluants atmosphériques en dessous des Normes canadiennes de qualité de l'air ambiant (NCQAA) [CCME, 2019, 2021]. Les limites des zones atmosphériques au Canada sont indiquées à la Figure 2-1. Des cartes détaillées supplémentaires comprenant les noms et les limites des zones atmosphériques dans chaque province sont fournies à l'annexe A.2 (section A.2.11)[10].

Les secteurs dominants au chapitre des impacts sanitaires liés à la pollution atmosphérique à l'échelle nationale ou provinciale et territoriale peuvent être différents à l'échelle plus petite des zones atmosphériques. C'est pourquoi le présent rapport présente aussi les résultats de l'analyse des impacts sanitaires par secteur pour chaque zone atmosphérique. Ces résultats sont fournis pour informer la gestion de la qualité de l'air dans chaque province et territoire et permettre de déterminer les polluants et secteurs contribuant le plus aux impacts sanitaires dans chaque zone atmosphérique des provinces et territoires.



Figure 2-1 Limites des zones atmosphériques au Canada.

[10] Des informations supplémentaires sur le Système de gestion de la qualité de l'air (SGQA) du Canada, ainsi qu'une carte interactive montrant les différentes zones atmosphériques, sont disponibles en ligne à l'adresse suivante : https://ccme.ca/fr/qualite-de-lair.

Tableau 2-2 Polluants évalués dans la modélisation des impacts sanitaires (OEBQA), périodes de calcul de la moyenne et effets à la santé associés.

Polluant [a]	**Période de calcul de la moyenne**	**Effets à la santé**
NO_2	24 heures	Mortalité – Exposition aiguë[b,c]
O_3 annuel	Maximum 1 h	Mortalité – Exposition aiguë[b]
O_3 estival (mai à septembre)	Maximum 1 h	Jours avec symptômes respiratoires aigus
		Jours avec symptômes d'asthme
		Mortalité de cause respiratoire – Exposition chronique
		Jours d'activité restreinte mineure
		Visites à l'urgence – Problèmes respiratoires
		Hospitalisation – Problèmes respiratoires
$PM_{2,5}$	24 heures	Jours avec symptômes respiratoires aigus
		Cas de bronchite chronique chez les adultes
		Jours avec symptômes d'asthme
		Visites à l'urgence – Problèmes cardiaques
		Hospitalisation – Problèmes cardiaques
		Épisodes de bronchite aiguë chez les enfants
		Mortalité – Exposition chronique
		Visites à l'urgence – Problèmes respiratoires
		Hospitalisation – Problèmes respiratoires
		Jours d'activité restreinte

[a] À moins d'avis contraire, les FCR représentent une exposition au polluant à n'importe quelle période de l'année.

[b] La FCR entre la mortalité liée à une exposition aiguë et les polluants gazeux est issue d'un modèle qui comprend le CO, le NO_2, l'O_3 et le SO_2; il est possible que la FCR ne reflète pas précisément le risque attribuable à chacun des polluants.

[c] Il est reconnu que la FCR pour la mortalité liée à une exposition aiguë au NO_2 pourrait refléter une relation causale probable avec le NO_2, mais il se pourrait que le NO_2 agisse à titre d'indicateur pour un composant précis de la pollution ambiante, par exemple les émissions de véhicules.

2.7 Limites et forces

Bien que des efforts aient été faits pour utiliser les meilleurs outils et données disponibles, il existe des limites et des incertitudes inhérentes aux résultats de la modélisation présentés dans ce rapport. L'incertitude liée à la modélisation des émissions, de la qualité de l'air, de la santé et de l'incidence économique, ou l'imperfection des prévisions spatiales et temporelles, peut s'expliquer par diverses raisons (p. ex. limites des données, algorithmes simplifiés).

On peut considérer que les résultats de l'évaluation des impacts sanitaires dépendent particulièrement de la qualité des données de l'inventaire des émissions, puisque les hypothèses formulées lors de l'élaboration de l'inventaire des émissions ont une incidence dans toutes les étapes ultérieures de l'analyse (p. ex. la modélisation de la qualité de l'air, l'analyse des impacts sur la santé). Tous les modèles de facteurs d'émission étaient de nature déterministe (c.-à-d. qu'ils fournissaient des valeurs uniques). Cela ne permettait pas de disposer d'une gamme probabiliste d'émissions de polluants à partir de laquelle il serait possible de déterminer, par exemple, les scénarios les plus favorables et les plus défavorables. En outre, la méthode de remise à zéro utilisée ici n'est pas une véritable méthode de répartition des sources, car la somme de tous les secteurs d'émissions ne serait pas égale à 100 % si elle était modélisée indépendamment, en raison de processus atmosphériques non linéaires. Pour ces raisons, l'un des principaux objectifs de cette analyse est de fournir une analyse comparative de la qualité de l'air et des impacts sanitaires entre les secteurs. Il faut également tenir compte de la résolution spatiale des résultats présentés : les effets sur la qualité de l'air ont été générés à une résolution de 10 km x 10 km et agrégés à des échelles provinciales et territoriales plus grandes; les impacts sanitaires ont été générés pour chaque DR et agrégés à des échelles plus grandes de zones atmosphériques, de provinces et de territoires.

L'un des principaux atouts de notre analyse multisectorielle est qu'elle permet une comparaison quantitative des impacts sur la qualité de l'air et la santé entre les secteurs, notamment la possibilité de classer les secteurs en fonction de leur contribution relative aux impacts sur la qualité de l'air et la santé ou sur les coûts socioéconomiques. Les évaluations nationales précédentes des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique au Canada visant des secteurs n'ont généralement porté que sur un ou deux secteurs à la fois (p. ex. les émissions d'échappement d'essence et de diesel; Santé Canada, 2017, 2016). Comme les différentes études utilisent des données et des méthodes différentes, il était difficile de comparer les impacts entre un grand nombre de secteurs. En revanche, la présente analyse a été conçue pour évaluer simultanément un grand nombre de secteurs importants, y compris du transport, de l'industrie et du milieu résidentiel, en utilisant un cadre de modélisation commun à tous les secteurs (c.-à-d. en mettant à zéro un secteur à la fois) et en utilisant les meilleurs ensembles de données d'émissions disponibles.

Un deuxième point fort de cette analyse des impacts sanitaires est la présentation des résultats à l'échelle des zone atmosphériques, en plus des résultats à l'échelle nationale, provinciale et territoriale. Ces niveaux de compétences sont pertinents pour le SGQA du Canada, qui est le cadre permettant de maintenir et d'améliorer la qualité de l'air afin de protéger la santé des Canadiens.

La présentation des contributions sectorielles aux concentrations de polluants atmosphériques et des résultats des impacts sanitaires à l'échelle nationale, provinciale et territoriale et des zones atmosphériques vise à informer la gestion de la qualité de l'air des différentes compétences. Les résultats dans le présent rapport devraient également être utiles à la population canadienne en générale qui est intéressée par la contribution comparative des principaux secteurs du transport, de l'industrie et du milieu résidentiel qui influencent la qualité de l'air et la santé publique.

3 Impacts sanitaires de la pollution atmosphérique par secteur

3.1 Émissions de polluants atmosphériques par secteur

3.1.1 Émissions nationales par secteur

Les émissions annuelles totales de polluants atmosphériques au Canada pour l'année civile 2015 sont présentées dans le Tableau 3-1 pour chacun des 21 secteurs examinés dans cette évaluation. Elles sont répertoriées pour tous les polluants modélisés : $PM_{2,5}$, PM_{10}, NO_x, CO, SO_x, COV et NH_3.

Comme on peut le voir dans le Tableau 3-1, les 21 secteurs évalués représentent un pourcentage élevé (69 % à 98 %) des émissions nationales totales inventoriées de NO_x, de CO, de SO_x et de COV. Inversement, les 21 secteurs évalués représentaient un pourcentage plus faible (< 15 %) des émissions totales inventoriées de $PM_{2,5}$, PM_{10} et NH_3 au pays; les secteurs non retenus pour cette évaluation sont responsables de quantités élevées d'émissions de ces polluants (p. ex. la poussière, les feux/feux de forêt, l'agriculture).

Pour chaque polluant de l'inventaire, les secteurs modélisés qui contribuent le plus aux émissions à l'échelle nationale sont résumés ci-dessous :

- $PM_{2,5}$: Combustion du bois de chauffage, industrie des minerais et des minéraux, et des contributions comparables de l'industrie de la fabrication et de les véhicules hors route et équipement mobile.
- PM_{10} : Combustion du bois de chauffage, industrie des minerais et des minéraux et fabrication.
- NO_x : Industrie pétrolière et gazière (activités en amont en grande partie), transport routier (véhicules lourds routiers en grande partie), et transport aérien + maritime + ferroviaire (maritime en grande partie).
- CO : Transports routiers (essentiellement les véhicules légers routiers), les véhicules hors route et équipement mobile et combustion du bois de chauffage.
- SO_x : Industrie des minerais et des minéraux (en grande partie, l'affinage et la fusion des métaux non ferreux), production d'électricité (en grande partie, les centrales au charbon) et industrie pétrolière et gazière (en grande partie, les activités en amont).
- COV : Industrie pétrolière et gazière (en grande partie, les activités en amont), les véhicules hors route et équipement mobile et combustion du bois de chauffage.
- NH_3 : Fabrication (en grande partie les produits chimiques), transport routier (en grande partie les véhicules légers routiers) et industrie pétrolière et gazière (en grande partie les activités en amont[11]).

[11] La majorité des émissions de NH_3 inventoriées à l'échelle nationale sont attribuées au secteur de l'industrie agricole (IEPA, 2015), qui n'a pas été évalué dans la présente analyse.

Tableau 3-1 Émissions totales de polluants atmosphériques au Canada par secteur modélisé (2015).

(Les trois secteurs les plus importants par polluant sont mis en évidence : premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair)

	Émissions totales (kilotonnes) par an[a, b]						
	$PM_{2,5}$	PM_{10} [c]	NO_X	CO	SO_x	COV	NH_3
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE							
Tous les véhicules routiers	**14**	**24**	**389**	**1 571**	**1,5**	**126**	**6,5**
Véhicules légers routiers	3,1	9,6	104	1 105	1,1	96	5,4
Véhicules lourds routiers	10	14	285	466	0,3	30	1,1
Véhicules hors route et équipement mobile	**19**	**19**	**201**	**1 323**	**0,2**	**163**	**0,3**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**7,8**	**8,4**	**369**	**74**	**11**	**19**	**0,4**
Transport aérien	0,3	0,4	5,8	34	0,5	2,7	0
Transport maritime	4,6	5	238	22	10	10	0,3
Transport ferroviaire	2,9	3	125	18	0,5	6,3	0,1
SECTEURS INDUSTRIELS							
Industrie des minerais et des minéraux	**33**	**96**	**82**	**515**	**483**	**14**	**1,2**
Fabrication de ciment	1	1,9	31	9	21	0,4	0,5
Affinage et fusion des métaux non ferreux	2,1	3	1,6	14	365	0,1	0,3
Industrie pétrolière et gazière	**10**	**13**	**434**	**526**	**229**	**691**	**2,1**
Secteur amont du pétrole et du gaz	8,7	10	416	502	184	666	2
Secteur aval du pétrole et du gaz	1,4	2,4	18	24	45	24	0,1
Production d'électricité	**3,8**	**7,3**	**152**	**39**	**252**	**1,6**	**0,4**
Production d'électricité au charbon	2,8	6	115	16	242	0,4	0,2
Fabrication	**19**	**43**	**74**	**136**	**48**	**110**	**11**
Produits chimiques	1,3	2	23	15	22	10	8,8
Pâtes et papiers	7,6	12	30	68	24	12	1,6
SECTEURS RÉSIDENTIELS							
Utilisation résidentielle de combustibles	**2,5**	**2,6**	**34**	**13**	**0,2**	**1,8**	**0,4**
Combustion résidentielle de bois	**104**	**104**	**10**	**683**	**1,4**	**150**	**0,9**
ÉMISSIONS TOTALES DE 2015							
Total de 21 secteurs évalués pour les impacts sur la qualité de l'air/santé	**212**	**317**	**1 744**	**4 880**	**1 026**	**1 275**	**24**
Total de tous les autres secteurs de l'IEPA (non évalués)	1 414	6 980	71	697	18	579	461
Tous les secteurs de l'IEPA	1 626	7 297	1 815	5 577	1 044	1 854	485
% des émissions totales de l'IEPA de 2015 représentées par les 21 secteurs évalués [d]	13 %	4 %	96 %	88 %	98 %	69 %	5 %

[a] Données de l'inventaire des émissions de l'IEPA de 2015 (tous les secteurs sauf la combustion du bois de chauffage) et de l'IEPA de 2010 (combustion du bois de chauffage).

[b] Les trois secteurs émettant le plus d'émissions par polluant sont mis en évidence dans chaque colonne. Le secteur se classant au premier rang est mis en évidence en rouge, celui au deuxième rang en orange foncé, celui au troisième rang en orange clair. Classement basé sur les catégories de secteurs en gras (c.-à-d. tout l'équipement mobile routier, hors route, aérien + maritime+ ferroviaire), Industrie des minerais et des minéraux, industrie pétrolière et gazière, production d'électricité, fabrication, utilisation résidentielle de combustibles, combustion du bois de chauffage).

[c] Les émissions de PM_{10} comprennent les $PM_{2,5}$.

[d] Pour le NO_x, le CO, le SO_x et les COV, les 21 secteurs évalués représentent un pourcentage élevé (69 % à 98 %) du total des émissions nationales inventoriées. Inversement, pour les $PM_{2,5}$, les PM_{10} et les NH_3, les 21 secteurs évalués représentent un pourcentage plus faible du total national des émissions inventoriées (< 15 %); les secteurs de l'IEPA hors du champ de cette évaluation sont responsables d'émissions inventoriées élevées de ces polluants, notamment la poussière, les feux (c.-à-d. les feux de forêt) et l'agriculture.

3.1.2 Émissions provinciales et territoriales par secteur

Les émissions totales de 2015 sont présentées par secteur pour chaque province et territoire du Canada, du Tableau 3-2 au Tableau 3-8. Les tendances interprovinciales et territoriales sont résumées ci-dessous.

3.1.2.1 Tendances géographiques des émissions du secteur des transports

Les émissions de polluants modélisés provenant du transport routier sont plus nombreuses dans les provinces les plus peuplées (Ontario, Québec, Alberta, Colombie-Britannique) et sont également abondantes dans presque toutes les provinces et tous les territoires. Par polluant, le transport routier contribue à des émissions importantes de NO_x (Tableau 3-4), de CO (Tableau 3-5), de COV (Tableau 3-7) et de NH_3 (Tableau 3-8), se classant parmi les trois secteurs modélisés les plus importants dans la plupart des provinces pour ces polluants. En comparant les émissions des véhicules légers (VL) et des véhicules lourds (VLD) dans les provinces, on constate que les VL émettent généralement la majorité du CO, du SO_x, des COV et de NH_3 liés au transport routier; inversement, les VLD produisent la majorité des émissions de $PM_{2,5}$, de PM_{10} et de NO_x liées au transport routier. Cette dichotomie reflète généralement les différences de type de moteur et de carburant (c.-à-d. que les VL utilisent généralement des moteurs à allumage commandé alimentés à l'essence, tandis que les VLD utilisent généralement des moteurs à allumage par compression alimentés au diesel) et de dispositifs de réduction des émissions d'échappement.

Dans bon nombre de provinces et de territoires, les véhicules hors route et équipement mobile contribue à des émissions similaires à celles du transport routier, avec des émissions comparativement élevées de $PM_{2,5}$ (Tableau 3-2), de PM_{10} (Tableau 3-3) et de COV (Tableau 3-7), mais des émissions comparativement plus faibles de NO_x (Tableau 3-4) et de CO (Tableau 3-5).

Dans tous les secteurs modélisés, le transport maritime est également à l'origine d'importantes émissions de $PM_{2,5}$ et de PM_{10}[12] (Tableau 3-2, Tableau 3-3) dans les provinces côtières (Colombie-Britannique, Nouvelle-Écosse, Terre-Neuve-et-Labrador), au Québec et dans le Nord (Yukon, Territoires du Nord-Ouest, Nunavut). Dans plusieurs de ces régions, les émissions de $PM_{2,5}$ et de PM_{10} provenant du secteur maritime sont d'une ampleur comparable à celles du secteur du transport routier (Colombie-Britannique, Territoire du Yukon, Territoires du Nord-Ouest) ou même supérieures (Nouvelle-Écosse, Terre-Neuve-et-Labrador, Nunavut). Les émissions de NO_x (Tableau 3-4) dues au transport maritime sont élevées dans les provinces côtières ainsi qu'en Ontario et au Québec; ces dernières correspondent à l'activité sur les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent. Les émissions de COV (Tableau 3-7) et de NH_3[13] (Tableau 3-8) liées au transport maritime sont également élevées dans les provinces de l'Atlantique et les territoires du Nord. Les émissions de SO_x du secteur maritime se classent parmi les trois plus importants secteurs à l'Île-du-Prince-Édouard et dans tous les territoires du Nord (Yukon, Territoires du Nord-Ouest, Nunavut) et au quatrième rang en Colombie-Britannique, en Nouvelle-Écosse et à Terre-Neuve-et-Labrador. Ces données montrent que le transport maritime demeure une source importante d'émissions de polluants multiples ($PM_{2,5}$, PM_{10}, NO_x, COV, NH_3), y compris de SO_x, même après la mise en œuvre récente de la réglementation sur les carburants à faible teneur en soufre[14] qui a considérablement réduit les émissions de SO_x (Anastasopolos et coll., 2021). Ces règlements sur les carburants à faible teneur en soufre n'ont pas été mis en œuvre dans la région arctique

[12] Les émissions inventoriées de PM_{10} comprennent les $PM_{2,5}$.

[13] Le secteur de l'industrie agricole contribue à la majorité des émissions de NH_3 à l'échelle du Canada (IEPA, 2015).

[14] Le « Règlement modifiant le Règlement sur le soufre dans le carburant diesel (DORS/2002-254) » du Canada a été promulgué le 1er janvier 2015 et a réduit la teneur en soufre maximale admissible du carburant à 0,1 % comparativement aux concentrations antérieures de 3,5 % avant 2012 et de 1 % du milieu de l'année 2012 à 2015, pour tous les grands navires exploités dans une zone de contrôle des émissions nord-américaine (ZCE NA).

du Canada et, par conséquent, le transport maritime est le secteur modélisé au premier ou au deuxième rang pour les émissions de SO_x dans tous les territoires du Nord (Yukon, Territoires du Nord-Ouest, Nunavut).

3.1.2.2 Tendances géographiques des émissions du secteur industriel

Les émissions des secteurs industriels sont considérables dans presque toutes les provinces et tous les territoires. Certains secteurs industriels présentent des variations interprovinciales/territoriales dans leur classement et dans les polluants caractéristiques qu'ils émettent. En quantité absolue, les émissions industrielles sont plus importantes en Ontario, en Alberta, en Colombie-Britannique, au Québec et en Saskatchewan.

Le secteur des minerais et de l'industrie des minéraux est présent dans plusieurs provinces et territoires, et les émissions de ce secteur sont les plus élevées en Ontario, au Québec, en Colombie-Britannique et en Saskatchewan, avec des rejets importants de $PM_{2,5}$ (Tableau 3-2) et de PM_{10} (Tableau 3-3). Il est à noter qu'au Québec seulement, le secteur des minerais et de l'industrie des minéraux est le deuxième secteur en importance pour les émissions de CO (Tableau 3-5), dépassant les émissions du secteur du transport routier et de les véhicules hors route et équipement mobile dans cette province. Le secteur des minerais et de l'industrie des minéraux est également responsable d'importantes émissions de SO_x (Tableau 3-6) à Terre-Neuve-et-Labrador, en Colombie-Britannique, en Ontario et au Québec.

Le secteur de l'industrie des pâtes et papiers fait partie des trois secteurs modélisés les plus importants pour les émissions de $PM_{2,5}$ (Tableau 3-2), de PM_{10} (Tableau 3-3) et de SO_x (Tableau 3-6) en Colombie-Britannique, au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse. L'industrie des pâtes et papiers figure également parmi les trois secteurs les plus importants pour les émissions de CO (Tableau 3-5) en Saskatchewan et de NH_3 (Tableau 3-8) dans plusieurs provinces (Colombie-Britannique, Manitoba, Québec, Nouveau-Brunswick).

L'Industrie de la fabrication figure parmi les secteurs émettant le plus d'émissions dans plusieurs provinces. En ce qui concerne les PM_{10} (Tableau 3-3), l'Industrie de la fabrication a des rejets comparativement élevés (classés parmi les trois ou quatre plus grands émetteurs parmi tous les secteurs modélisés) dans les provinces de l'Ouest (Alberta, Saskatchewan, Manitoba), en Ontario, au Québec et au Nouveau-Brunswick; des émissions élevées de PM_{10} liées à la fabrication se produisent également en Ontario et au Québec. L'industrie de la fabrication se classe également au troisième rang pour les émissions de $PM_{2,5}$ (Tableau 3-2) dans plusieurs provinces (Colombie-Britannique, Québec, Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse) et contribue à d'importantes émissions de COV (Tableau 3-7) [parmi les quatre premiers secteurs modélisés rejetant le plus d'émissions] dans plusieurs provinces (Colombie-Britannique, Alberta, Saskatchewan, Manitoba, Ontario, Québec et Nouvelle-Écosse). Dans tous les secteurs modélisés, on remarque également des rejets importants de NH_3 (Tableau 3-8) en Colombie-Britannique, en Ontario, au Québec et au Nouveau-Brunswick.

En Alberta, l'industrie pétrolière et gazière en amont figure parmi les trois secteurs modélisés les plus importants pour les émissions, avec des rejets importants de polluants pour les $PM_{2,5}$, les PM_{10}, les NO_x, le CO, le SO_2, les COV et les NH_3. Des rejets comparativement élevés de la plupart de ces polluants ont également été attribués à l'activité pétrolière et gazière en amont à Terre-Neuve-et-Labrador (c.-à-d. les données figurant du Tableau 3-2 au Tableau 3-8).

La production d'électricité à partir du charbon est un secteur important (c.-à-d. qu'il se classait parmi les trois premiers) pour les NO_x (Tableau 3-4) et le SO_2 (Tableau 3-6) dans certaines provinces de l'Ouest (Alberta, Saskatchewan) et de l'Atlantique (Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse). Pour les Territoires du

Nord-Ouest et le Nunavut, la production d'électricité autrement qu'à base de charbon contribue à des émissions importantes de plusieurs polluants (NO_x, CO, $PM_{2,5}$ et PM_{10}).

3.1.2.3 Tendances géographiques des émissions du secteur de la combustion résidentielle

Dans presque toutes les provinces, mais pas dans les territoires, la combustion du bois de chauffage est le secteur dominant pour les émissions de $PM_{2,5}$ (Tableau 3-2), PM_{10} (Tableau 3-3) et COV (Tableau 3-7). Dans plusieurs provinces, la combustion du bois de chauffage figure également parmi les trois premiers secteurs modélisés pour les émissions de CO (Tableau 3-5) et de NH_3 (Tableau 3-8).

Tableau 3-2 Émissions de $PM_{2,5}$ des secteurs par province et territoire (2015).

(Les trois secteurs les plus importants par province et territoire sont mis en évidence : premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair)

	Total annuel des émissions de $PM_{2,5}$ (tonnes) [a, b]												
	C.-B.	Alb.	Sask.	Man.	Ont.	Qc	N.-B.	N.-É.	Î.-P.-É.	T.-N.-L.	Yn	T.N.-O.	Nt
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE													
TOUS les véhicules routiers	**1 878**	**3 045**	**1 162**	**620**	**3 297**	**2 531**	**309**	**288**	**76**	**192**	**12**	**67**	**-**
Véhicules légers routiers	395	516	259	162	1 046	546	62	65	15	36	1	2	-
Véhicules lourds routiers	1 483	2 528	903	458	2 251	1 985	247	223	60	156	11	64	-
Véhicules hors route et équipement mobile	**1 632**	**4 230**	**2 679**	**932**	**5 141**	**2 785**	**145**	**180**	**54**	**653**	**7**	**29**	**<1**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**1 894**	**1 185**	**289**	**296**	**866**	**1 268**	**166**	**702**	**32**	**648**	**9**	**75**	**372**
Transport aérien	58	41	14	18	69	38	6	6	<1	10	1	8	7
Transport maritime	1 576	1	1	21	234	930	82	656	31	638	8	61	365
Transport ferroviaire	260	1 143	274	257	563	300	78	40	-	-	-	6	-
SECTEURS INDUSTRIELS													
Industrie des minerais et des minéraux	**5 097**	**2 398**	**2 078**	**1 529**	**11 212**	**8 380**	**840**	**269**	**25**	**788**	**8**	**296**	**55**
Fabrication de ciment	114	176	-	-	441	226	-	15	-	-	-	-	-
Affinage et fusion des métaux non ferreux	68	<1	-	664	1 117	249	16	-	-	4	-	-	-
Minerais et minéraux – autres	4 915	2 222	2 078	865	9 654	7 906	823	254	25	784	8	296	
Industrie pétrolière et gazière	**869**	**6 323**	**1 157**	**117**	**536**	**122**	**248**	**76**	**-**	**693**	**-**	**15**	**-**
Secteur amont du pétrole et du gaz	826	6 105	989	117	32	-	-	76	-	567	-	15	-
Secteur aval du pétrole et du gaz	43	217	168	-	504	122	248	-	-	127	-	-	-
Production d'électricité	**23**	**2 298**	**301**	**13**	**276**	**178**	**79**	**348**	**14**	**194**	**<1**	**61**	**39**
Production d'électricité au charbon	-	2 204	229	-	-	-	41	300	-	-	-	-	-
Production d'énergie électrique – autres	23	94	72	13	276	178	39	48	14	194	<1	61	39
Fabrication	**4 084**	**3 075**	**1 311**	**885**	**4 104**	**3 156**	**897**	**953**	**1**	**50**	**-**	**-**	**-**
Produits chimiques	8	599	101	9	469	135	-	-	-	-	-	-	-
Pâtes et papiers	2 630	611	2	502	1 623	947	419	823	-	34	-	-	-
Fabrication – autres	1 446	1 864	1 208	374	2 011	2 074	478	130	1	16	-	-	-
SECTEURS RÉSIDENTIELS													
Utilisation résidentielle de combustibles	**245**	**560**	**117**	**75**	**1 287**	**137**	**17**	**46**	**9**	**13**	**<1**	**3**	**-**
Combustion résidentielle de bois	**11 063**	**3 369**	**1 725**	**2 350**	**23 041**	**45 854**	**5 170**	**5 565**	**756**	**4 835**	**113**	**245**	**-**

C.-B. : Colombie-Britannique; Alb. : Alberta; Sask. : Saskatchewan; Man. : Manitoba; Ont. : Ontario; Qc : Québec; N.-B. : Nouveau-Brunswick; N.-É. : Nouvelle-Écosse; Î.-P.-É. : Île-du-Prince-Édouard; T.-N.-L. : Terre-Neuve-et-Labrador; Yn : Yukon; T-N.-O. : Territoires du Nord-Ouest; Nt : Nunavut.

[a] Données de l'inventaire des émissions de l'IEPA de 2015 (tous les secteurs sauf la combustion du bois de chauffage) et de l'IEPA de 2010 (combustion du bois de chauffage).

[b] Les trois secteurs émettant le plus d'émissions dans la province ou le territoire sont mis en évidence dans chaque colonne (premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair). Classement basé sur les catégories de secteurs en gras (c.-à-d. tout l'équipement mobile routier, hors route, aérien + maritime+ ferroviaire), Industrie des minerais et des minéraux, industrie pétrolière et gazière, production d'électricité, fabrication, utilisation résidentielle de combustibles, combustion du bois de chauffage).

Tableau 3-3 Émissions de PM_{10} des secteurs par province et territoire (2015).

(Les trois secteurs les plus importants par province et territoire sont mis en évidence : premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair)

	Total annuel des émissions de PM_{10} (tonnes) [a, b]												
	C.-B.	Alb.	Sask.	Man.	Ont.	Qc	N.-B.	N.-É.	Î.-P.-É.	T.-N.-L.	Yn	T.N.-O.	Nt
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE													
TOUS les véhicules routiers	**3 058**	**4 963**	**1 797**	**1 059**	**6 766**	**4 632**	**554**	**550**	**123**	**348**	**18**	**96**	**<1**
Véhicules légers routiers	1 078	1 437	621	442	3 519	1 923	206	233	47	128	3	5	-
Véhicules lourds routiers	1 980	3 526	1 176	617	3 247	2 709	348	317	76	220	15	91	-
Véhicules hors route et équipement mobile	**1 686**	**4 338**	**2 746**	**962**	**5 311**	**2 874**	**150**	**186**	**57**	**689**	**7**	**30**	**<1**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**2 059**	**1 231**	**302**	**312**	**920**	**1 369**	**176**	**761**	**34**	**706**	**11**	**84**	**405**
Transport aérien	78	52	18	24	86	49	7	7	<1	13	2	10	8
Transport maritime	1 713	1	1	23	254	1 011	89	713	33	693	9	67	397
Transport ferroviaire	268	1 178	283	265	580	309	80	41	-	-	-	7	-
SECTEURS INDUSTRIELS													
Industrie des minerais et des minéraux	**20 285**	**10 075**	**5 360**	**3 962**	**27 866**	**18 432**	**4 239**	**1 436**	**97**	**3 468**	**37**	**343**	**189**
Fabrication de ciment	254	341	-	-	741	521	-	29	-	-	-	-	-
Affinage et fusion des métaux non ferreux	95	3	-	923	1 617	275	35	-	-	6	-	-	-
Minerais et minéraux – autres	19 936	9 731	5 360	3 039	25 508	17 636	4 204	1 406	97	3 462	37	343	189
Industrie pétrolière et gazière	**898**	**8 131**	**1 226**	**117**	**985**	**238**	**350**	**76**	**-**	**758**	**-**	**15**	**-**
Secteur amont du pétrole et du gaz	827	7 778	992	117	32	-	-	76	-	567	-	15	-
Secteur aval du pétrole et du gaz	71	353	235	-	953	238	350	-	-	191	-	-	-
Production d'électricité	**26**	**4 787**	**874**	**20**	**355**	**224**	**96**	**520**	**31**	**228**	**1**	**62**	**40**
Production d'électricité au charbon	-	4 683	799	-	-	-	57	452	-	-	-	-	-
Production d'énergie électrique – autres	26	104	75	20	355	224	39	68	31	228	1	62	40
Fabrication	**6 819**	**7 974**	**6 370**	**2 816**	**8 795**	**6 016**	**2 348**	**1 725**	**1**	**60**	**-**	**-**	**-**
Produits chimiques	11	903	244	83	617	176	-	-	-	-	-	-	-
Pâtes et papiers	3 769	877	2	849	2 870	1 247	621	1 210	-	35	-	-	-
Fabrication – autres	3 039	6 194	6 125	1 884	5 307	4 592	1 727	515	1	25	-	-	-
SECTEURS RÉSIDENTIELS													
Utilisation résidentielle de combustibles	**245**	**561**	**117**	**75**	**1 301**	**153**	**21**	**59**	**12**	**16**	**<1**	**4**	**-**
Combustion résidentielle de bois	**11 081**	**3 380**	**1 727**	**2 353**	**23 075**	**45 908**	**5 172**	**5 567**	**757**	**4 836**	**113**	**245**	**-**

C.-B. : Colombie-Britannique; Alb. : Alberta; Sask. : Saskatchewan; Man. : Manitoba; Ont. : Ontario; Qc : Québec; N.-B. : Nouveau-Brunswick; N.-É. : Nouvelle-Écosse; Î.-P.-É. : Île-du-Prince-Édouard; T.-N.-L. : Terre-Neuve-et-Labrador; Yn : Yukon; T-N.-O. : Territoires du Nord-Ouest; Nt : Nunavut.

[a] Données de l'inventaire des émissions de l'IEPA de 2015 (tous les secteurs sauf la combustion du bois de chauffage) et de l'IEPA de 2010 (combustion du bois de chauffage).

[b] Les trois secteurs émettant le plus d'émissions dans la province ou le territoire sont mis en évidence dans chaque colonne (premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair). Classement basé sur les catégories de secteurs en gras (c.-à-d. tout l'équipement mobile routier, hors route, aérien + maritime+ ferroviaire), Industrie des minerais et des minéraux, industrie pétrolière et gazière, production d'électricité, fabrication, utilisation résidentielle de combustibles, combustion du bois de chauffage).

Tableau 3-4 Émissions de NO_x des secteurs par province et territoire (2015).

(Les trois secteurs les plus importants par province et territoire sont mis en évidence : premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair)

	Émissions annuelles totales de NO_x (tonnes)[a, b]												
	C.-B.	Alb.	Sask.	Man.	Ont.	Qc	N.-B.	N.-É.	Î.-P.-É.	T.-N.-L.	Yn	T.N.-O.	Nt
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE													
TOUS les véhicules routiers	59 643	90 034	31 375	16 706	95 316	68 458	8 714	8 618	1 931	5 350	429	2 251	<1
Véhicules légers routiers	16 756	16 075	8 368	5 103	32 531	18 558	2 389	2 386	591	1 153	32	57	-
Véhicules lourds routiers	42 887	73 959	23 007	11 602	62 784	49 900	6 325	6 232	1 339	4 197	397	2 195	-
Véhicules hors route et équipement mobile	15 640	54 485	34 092	11 033	50 379	26 432	1 242	1 531	492	5 599	55	371	4
Modes aérien, maritime et ferroviaire	103 198	50 110	11 976	11 713	37 760	60 282	7 681	38 839	1 671	33 634	335	2 640	8 851
Transport aérien	1 095	1 033	129	234	2 040	785	68	146	8	118	16	55	49
Transport maritime	90 932	56	55	439	11 552	46 600	4 260	36 975	1 663	33 515	319	2 312	8 802
Transport ferroviaire	11 171	49 021	11 792	11 041	24 168	12 897	3 353	1 718	-	-	-	273	-
SECTEURS INDUSTRIELS													
Industrie des minerais et des minéraux	8 159	5 799	3 199	499	28 940	20 332	788	380	-	5 461	-	7 557	691
Fabrication de ciment	5 651	4 362	-	-	14 079	6 330	-	364	-	-	-	-	-
Affinage et fusion des métaux non ferreux	318	-	-	-	825	271	200	-	-	35	-	-	-
Minerais et minéraux – autres	2 189	1 438	3 199	499	14 036	13 731	589	16	-	5 426	-	7 557	691
Industrie pétrolière et gazière	44 599	349 922	19 567	250	6 223	2 155	2 715	1 042	-	7 307	-	737	-
Secteur amont du pétrole et du gaz	44 341	346 257	17 993	250	745	-	-	1 042	-	5 700	-	737	-
Secteur aval du pétrole et du gaz	258	3 664	1 573	-	5 478	2 155	2 715	-	-	1 607	-	-	-
Production d'électricité	1 510	71 299	32 305	509	9 572	6 081	5 425	15 647	131	4 261	59	2 461	2 605
Production d'électricité au charbon	-	67 338	29 785	-	-	-	4 510	13 193	-	-	-	-	-
Production d'énergie électrique – autres	1 510	3 961	2 520	509	9 572	6 081	915	2 454	131	4 261	59	2 461	2 605
Fabrication	13 409	24 826	1 301	1 528	14 542	13 143	3 884	636	62	169	-	-	-
Produits chimiques	53	14 344	681	813	6 213	598	-	-	-	-	-	-	-
Pâtes et papiers	9 098	4 107	140	315	4 602	8 006	3 052	364	-	149	-	-	-
Fabrication – autres	4 257	6 374	480	400	3 728	4 539	832	273	62	20	-	-	-
SECTEURS RÉSIDENTIELS													
Utilisation résidentielle de combustibles	3 064	7 004	1 474	948	16 818	2 363	378	1 095	219	307	10	72	-
Combustion résidentielle de bois	1 003	312	170	218	2 206	4 629	502	540	76	454	11	24	-

C.-B. : Colombie-Britannique; Alb. : Alberta; Sask. : Saskatchewan; Man. : Manitoba; Ont. : Ontario; Qc : Québec; N.-B. : Nouveau-Brunswick; N.-É. : Nouvelle-Écosse; Î.-P.-É. : Île-du-Prince-Édouard; T.-N.-L. : Terre-Neuve-et-Labrador; Yn : Yukon; T-N.-O. : Territoires du Nord-Ouest; Nt : Nunavut.

[a] Données de l'inventaire des émissions de l'IEPA de 2015 (tous les secteurs sauf la combustion du bois de chauffage) et de l'IEPA de 2010 (combustion du bois de chauffage).

[b] Les trois secteurs émettant le plus d'émissions dans la province ou le territoire sont mis en évidence dans chaque colonne (premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair). Classement basé sur les catégories de secteurs en gras (c.-à-d. tout l'équipement mobile routier, hors route, aérien + maritime+ ferroviaire), Industrie des minerais et des minéraux, industrie pétrolière et gazière, production d'électricité, fabrication, utilisation résidentielle de combustibles, combustion du bois de chauffage).

Tableau 3-5 Émissions de CO des secteurs par province et territoire (2015).

(Les trois secteurs les plus importants par province et territoire sont mis en évidence : premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair)

	Émissions annuelles totales de CO (tonnes)[a, b]												
	C.-B.	Alb.	Sask.	Man.	Ont.	Qc	N.-B.	N.-É.	Î.-P.-É.	T.-N.-L.	Yn	T.N.-O.	Nt
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE													
TOUS les véhicules routiers	253 743	292 000	141 543	78 088	435 918	272 365	33 255	34 825	8 104	18 255	812	1 728	<1
Véhicules légers routiers	158 122	171 640	87 179	54 644	346 864	211 379	25 864	27 276	6 387	14 016	408	672	-
Véhicules lourds routiers	95 621	120 361	54 365	23 444	89 054	60 986	7 390	7 548	1 717	4 240	404	1 056	-
Véhicules hors route et équipement mobile	143 910	152 696	84 697	63 870	472 425	233 050	17 158	23 903	8 433	119 982	1 143	1 693	11
Modes aérien, maritime et ferroviaire	18 499	11 772	3 578	3 518	12 991	11 153	2 443	4 132	251	3 793	194	844	944
Transport aérien	8 661	4 646	1 862	1 874	8 356	4 843	1 468	330	60	510	167	619	164
Transport maritime	8 219	7	7	44	1 128	4 440	489	3 554	191	3 282	27	186	780
Transport ferroviaire	1 618	7 119	1 709	1 601	3 506	1 870	486	249	-	-	-	40	-
SECTEURS INDUSTRIELS													
Industrie des minerais et des minéraux	33 334	3 679	3 247	1 008	62 108	389 106	14 099	250	-	5 942	-	1 943	296
Fabrication de ciment	1 617	1 292	-	-	3 950	2 009	-	181	-	-	-	-	-
Affinage et fusion des métaux non ferreux	67	-	-	-	866	212	12 337	-	-	-	-	-	-
Minerais et minéraux – autres	31 650	2 387	3 247	1 008	57 293	386 886	1 762	69	-	5 942	-	1 943	296
Industrie pétrolière et gazière	58 353	419 319	26 696	611	13 521	1 217	2 037	328	-	2 487	-	906	-
Secteur amont du pétrole et du gaz	58 033	413 125	25 819	611	981	-	-	328	-	2 064	-	906	-
Secteur aval du pétrole et du gaz	320	6 193	877	-	12 540	1 217	2 037	-	-	423	-	-	-
Production d'électricité	1 980	19 896	2 667	45	7 288	2 975	390	2 331	43	418	29	428	543
Production d'électricité au charbon	-	13 001	2 169	-	-	-	224	659	-	-	-	-	-
Production d'énergie électrique – autres	1 980	6 895	498	45	7 288	2 975	166	1 672	43	418	29	428	543
Fabrication	22 974	35 211	14 974	1 528	23 561	26 887	9 264	1 232	51	164	-	-	-
Produits chimiques	232	6 235	595	541	6 678	814	-	-	-	-	-	-	-
Pâtes et papiers	12 869	10 561	13 000	222	9 709	14 909	6 197	831	-	113	-	-	-
Fabrication – autres	9 873	18 415	1 379	766	7 175	11 164	3 068	401	51	51	-	-	-
SECTEURS RÉSIDENTIELS													
Utilisation résidentielle de combustibles	1 289	2 947	616	396	6 796	759	98	271	54	75	2	18	-
Combustion résidentielle de bois	69 730	20 809	11 385	14 450	152 613	309 716	32 991	35 647	4 829	28 653	707	1 541	-

C.-B. : Colombie-Britannique; Alb. : Alberta; Sask. : Saskatchewan; Man. : Manitoba; Ont. : Ontario; Qc : Québec; N.-B. : Nouveau-Brunswick; N.-É. : Nouvelle-Écosse; Î.-P.-É. : Île-du-Prince-Édouard; T.-N.-L. : Terre-Neuve-et-Labrador; Yn : Yukon; T-N.-O. : Territoires du Nord-Ouest; Nt : Nunavut.

[a] Données de l'inventaire des émissions de l'IEPA de 2015 (tous les secteurs sauf la combustion du bois de chauffage) et de l'IEPA de 2010 (combustion du bois de chauffage).

[b] Les trois secteurs émettant le plus d'émissions dans la province ou le territoire sont mis en évidence dans chaque colonne (premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair). Classement basé sur les catégories de secteurs en gras (c.-à-d. tout l'équipement mobile routier, hors route, aérien + maritime+ ferroviaire), Industrie des minerais et des minéraux, industrie pétrolière et gazière, production d'électricité, fabrication, utilisation résidentielle de combustibles, combustion du bois de chauffage).

Tableau 3-6 Émissions de SO_x des secteurs par province et territoire (2015).

(Les trois secteurs les plus importants par province et territoire sont mis en évidence : premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair)

	Émissions annuelles totales de SO_x (tonnes)[a, b]												
	C.-B.	Alb.	Sask.	Man.	Ont.	Qc	N.-B.	N.-É.	Î.-P.-É.	T.-N.-L.	Yn	T.N.-O.	Nt
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE													
TOUS les véhicules routiers	**152**	**186**	**80**	**45**	**575**	**301**	**37**	**50**	**8**	**22**	**<1**	**2**	**<1**
Véhicules légers routiers	103	115	55	36	469	244	29	39	7	18	<1	<1	-
Véhicules lourds routiers	49	72	25	10	106	57	8	11	1	5	<1	1	-
Véhicules hors route et équipement mobile	**19**	**50**	**30**	**12**	**62**	**31**	**2**	**3**	**1**	**28**	**<1**	**<1**	**-**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**2 416**	**185**	**44**	**203**	**806**	**2 418**	**118**	**978**	**16**	**1 206**	**38**	**279**	**2 498**
Transport aérien	139	8	1	4	174	66	26	36	3	50	2	<1	10
Transport maritime	2 236	<1	<1	160	545	2 306	80	936	13	1 156	36	278	2 488
Transport ferroviaire	40	177	43	40	87	46	12	6	-	-	-	<1	-
SECTEURS INDUSTRIELS													
Industrie des minerais et des minéraux	**7 544**	**979**	**1 296**	**151 249**	**210 427**	**93 209**	**10 696**	**425**	**-**	**6 838**	**-**	**279**	**-**
Fabrication de ciment	180	714	-	-	10 905	8 972	-	410	-	-	-	-	-
Affinage et fusion des métaux non ferreux	4 070	-	-	151 155	180 321	19 027	10 486	-	-	25	-	-	-
Minerais et minéraux – autres	3 294	264	1 296	94	19 202	65 211	210	15	-	6 813	-	279	-
Industrie pétrolière et gazière	**38 176**	**133 725**	**18 619**	**1 225**	**21 560**	**5 866**	**1 822**	**1 089**	**-**	**6 551**	**-**	**287**	
Secteur amont du pétrole et du gaz	37 285	125 887	16 770	1 225	1 149	-	-	1 089	-	-	-	287	-
Secteur aval du pétrole et du gaz	890	7 837	1 849	-	20 410	5 866	1 822	-	-	6 551	-	-	-
Production d'électricité	**61**	**98 745**	**80 382**	**202**	**436**	**1 429**	**4 859**	**60 227**	**111**	**5 019**	**-**	**82**	**-**
Production d'électricité au charbon	-	98 720	80 382	-	-	-	3 744	58 724	-	-	-	-	-
Production d'énergie électrique – autres	61	25	-	202	436	1 429	1 115	1 504	111	5 019	-	82	-
Fabrication	**9 091**	**13 221**	**30**	**752**	**14 020**	**6 614**	**3 782**	**373**	**-**	**38**	**-**	**-**	**-**
Produits chimiques	85	8 844	2	649	10 898	1 440	-	-	-	-	-	-	-
Pâtes et papiers	8 832	3 922	10	22	2 391	4 638	3 742	182	-	37	-	-	-
Fabrication – autres	173	456	18	81	732	535	40	191	-	<1	-	-	-
SECTEURS RÉSIDENTIELS													
Utilisation résidentielle de combustibles	**19**	**45**	**9**	**6**	**100**	**7**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**-**	**-**	**-**
Combustion résidentielle de bois	**143**	**45**	**24**	**31**	**315**	**661**	**72**	**77**	**11**	**65**	**2**	**3**	**-**

C.-B. : Colombie-Britannique; Alb. : Alberta; Sask. : Saskatchewan; Man. : Manitoba; Ont. : Ontario; Qc : Québec; N.-B. : Nouveau-Brunswick; N.-É. : Nouvelle-Écosse; Î.-P.-É. : Île-du-Prince-Édouard; T.-N.-L. : Terre-Neuve-et-Labrador; Yn : Yukon; T-N.-O. : Territoires du Nord-Ouest; Nt : Nunavut.

[a] Données de l'inventaire des émissions de l'IEPA de 2015 (tous les secteurs sauf la combustion du bois de chauffage) et de l'IEPA de 2010 (combustion du bois de chauffage).

[b] Les trois secteurs émettant le plus d'émissions dans la province ou le territoire sont mis en évidence dans chaque colonne (premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair). Classement basé sur les catégories de secteurs en gras (c.-à-d. tout l'équipement mobile routier, hors route, aérien + maritime+ ferroviaire), Industrie des minerais et des minéraux, industrie pétrolière et gazière, production d'électricité, fabrication, utilisation résidentielle de combustibles, combustion du bois de chauffage).

Tableau 3-7 Émissions de COV des secteurs par province et territoire (2015).

(Les trois secteurs les plus importants par province et territoire sont mis en évidence : premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair)

	Émissions annuelles totales de COV (tonnes)[a, b]												
	C.-B.	Alb.	Sask.	Man.	Ont.	Qc	N.-B.	N.-É.	Î.-P.-É.	T.-N.-L.	Yn	T.N.-O.	Nt
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE													
TOUS les véhicules routiers	21 574	23 238	11 312	6 948	34 773	20 598	2 580	2 499	621	1 318	68	238	<1
Véhicules légers routiers	16 410	15 667	8 134	5 529	28 441	16 118	1 988	1 925	495	936	34	66	-
Véhicules lourds routiers	5 164	7 571	3 178	1 419	6 332	4 481	592	574	125	382	34	171	-
Véhicules hors route et équipement mobile	14 747	19 471	13 329	10 627	49 618	24 423	1 781	1 954	1 438	25 264	260	348	<1
Modes aérien, maritime et ferroviaire	4 758	2 906	719	725	2 481	2 820	442	1 802	116	1 630	33	143	353
Transport aérien	519	457	130	159	809	296	46	86	4	79	21	42	21
Transport maritime	3 682	2	2	17	467	1 882	229	1 631	112	1 552	12	88	332
Transport ferroviaire	556	2 447	587	550	1 205	642	167	86	-	-	-	14	-
SECTEURS INDUSTRIELS													
Industrie des minerais et des minéraux	1 191	2 405	1 515	489	1 557	2 011	3 841	46	-	77	-	351	-
Fabrication de ciment	101	17	-	-	175	82	-	-	-	-	-	-	-
Affinage et fusion des métaux non ferreux	13	-	-	-	51	2	-	-	-	-	-	-	-
Minerais et minéraux – autres	1 076	2 388	1 515	489	1 331	1 927	3 841	46	-	77	-	351	-
Industrie pétrolière et gazière	36 945	460 581	165 982	12 111	7 134	2 481	862	1 133	162	3 144	32	1,028	-
Secteur amont du pétrole et du gaz	34 941	454 884	160 489	11 005	2 601	6	-	268	-	2 188	-	975	-
Secteur aval du pétrole et du gaz	2 005	5 697	5 493	1 106	4 533	2 475	862	864	165	956	32	53	-
Production d'électricité	50	540	141	-	329	377	13	32	-	23	-	43	20
Production d'électricité au charbon	-	411	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	-
Production d'énergie électrique – autres	50	128	141	-	329	377	13	32	-	23	-	43	20
Fabrication	16 589	14 101	4 343	7 031	38 650	23 854	2 861	2 126	44	226	-	-	-
Produits chimiques	120	3 048	662	171	4 993	1 335	-	-	40	-	-	-	-
Pâtes et papiers	3 557	908	1 298	174	1 564	3 534	1 495	193	-	121	-	-	-
Fabrication – autres	12 913	10 145	2 383	6 685	32 094	18 986	1 365	1 933	4	105	-	-	-
SECTEURS RÉSIDENTIELS													
Utilisation résidentielle de combustibles	178	407	85	55	924	84	8	20	4	6	<1	1	-
Combustion résidentielle de bois	14 935	4 011	2 524	3 419	32 635	66 963	7 930	8 461	1 167	7 517	174	379	-

C.-B. : Colombie-Britannique; Alb. : Alberta; Sask. : Saskatchewan; Man. : Manitoba; Ont. : Ontario; Qc : Québec; N.-B. : Nouveau-Brunswick; N.-É. : Nouvelle-Écosse; Î.-P.-É. : Île-du-Prince-Édouard; T.-N.-L. : Terre-Neuve-et-Labrador; Yn : Yukon; T-N.-O. : Territoires du Nord-Ouest; Nt : Nunavut.

[a] Données de l'inventaire des émissions de l'IEPA de 2015 (tous les secteurs sauf la combustion du bois de chauffage) et de l'IEPA de 2010 (combustion du bois de chauffage).

[b] Les trois secteurs émettant le plus d'émissions dans la province ou le territoire sont mis en évidence dans chaque colonne (premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair). Classement basé sur les catégories de secteurs en gras (c.-à-d. tout l'équipement mobile routier, hors route, aérien + maritime+ ferroviaire), Industrie des minerais et des minéraux, industrie pétrolière et gazière, production d'électricité, fabrication, utilisation résidentielle de combustibles, combustion du bois de chauffage).

Tableau 3-8 Émissions de NH_3 des secteurs par province et territoire (2015).

(Les trois secteurs les plus importants par province et territoire sont mis en évidence : premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair)

	Émissions annuelles totales de NH_3 (tonnes)[a, b, c]												
	C.-B.	Alb.	Sask.	Man.	Ont.	Qc	N.-B.	N.-É.	Î.-P.-É.	T.-N.-L.	Yn	T.N.-O.	Nt
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE													
TOUS les véhicules routiers	816	1 067	389	284	2 198	1 307	141	154	31	82	3	10	<1
Véhicules légers routiers	669	763	315	244	1 927	1 132	118	129	27	66	2	2	-
Véhicules lourds routiers	147	304	74	41	271	175	23	24	3	16	1	8	-
Véhicules hors route et équipement mobile	24	73	40	16	78	41	2	3	1	16	<1	<1	-
Modes aérien, maritime et ferroviaire	122	23	6	6	26	62	6	47	2	42	<1	3	12
Transport aérien	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Transport maritime	116	<1	<1	<1	13	55	5	46	2	42	<1	3	12
Transport ferroviaire	5	22	5	5	11	6	2	<1	-	-	-	<1	-
SECTEURS INDUSTRIELS													
Industrie des minerais et des minéraux	96	217	15	-	602	280	-	-	-	4	-	-	-
Fabrication de ciment	51	-	-	-	389	38	-	-	-	-	-	-	-
Affinage et fusion des métaux non ferreux	40	206	-	-	37	-	-	-	-	-	-	-	-
Minerais et minéraux – autres	5	12	15	-	175	242	-	-	-	4	-	-	-
Industrie pétrolière et gazière	35	1 974	66	<1	40	2	-	-	-	-	-	2	-
Secteur amont du pétrole et du gaz	34	1 964	46	<1	3	-	-	-	-	-	-	2	-
Secteur aval du pétrole et du gaz	<1	10	19	-	36	2	-	-	-	-	-	-	-
Production d'électricité	-	259	-	-	119	-	-	-	-	-	-	-	-
Production d'électricité au charbon	-	168	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Production d'énergie électrique – autres	-	91	-	-	119	-	-	-	-	-	-	-	-
Fabrication	827	6 564	879	1 726	787	629	286	46	-	2	-	-	-
Produits chimiques	-	6 006	862	1 636	306	19	-	-	-	-	-	-	-
Pâtes et papiers	511	306	-	53	155	331	249	37	-	-	-	-	-
Fabrication – autres	316	252	17	37	326	278	37	9	-	2	-	-	-
SECTEURS RÉSIDENTIELS													
Utilisation résidentielle de combustibles	18	39	9	6	143	69	18	52	11	15	<1	4	-
Combustion résidentielle de bois	90	28	15	20	199	417	45	49	7	41	1	2	-

C.-B. : Colombie-Britannique; Alb. : Alberta; Sask. : Saskatchewan; Man. : Manitoba; Ont. : Ontario; Qc : Québec; N.-B. : Nouveau-Brunswick; N.-É. : Nouvelle-Écosse; Î.-P.-É. : Île-du-Prince-Édouard; T.-N.-L. : Terre-Neuve-et-Labrador; Yn : Yukon; T-N.-O. : Territoires du Nord-Ouest; Nt : Nunavut.

[a] Données de l'inventaire des émissions de l'IEPA de 2015 (tous les secteurs sauf la combustion du bois de chauffage) et de l'IEPA de 2010 (combustion du bois de chauffage).

[b] Les trois secteurs émettant le plus d'émissions dans la province ou le territoire sont mis en évidence dans chaque colonne (premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair). Classement basé sur les catégories de secteurs en gras (c.-à-d. tout l'équipement mobile routier, hors route, aérien + maritime+ ferroviaire), Industrie des minerais et des minéraux, industrie pétrolière et gazière, production d'électricité, fabrication, utilisation résidentielle de combustibles, combustion du bois de chauffage).

[c] Le secteur agricole contribue à la majorité des émissions de NH_3 à l'échelle du Canada (IEPA, 2015), mais n'a pas été modélisé dans la présente évaluation.

3.2 Contribution des secteurs à la qualité de l'air ambiant

3.2.1 Moyenne annuelle modélisée de la qualité de l'air au Canada

Les concentrations des polluants atmosphériques modélisés ($PM_{2,5}$, NO_2, SO_2, O_3, O_3 estival) du scénario de référence proviennent de la modélisation de l'inventaire complet des émissions de 2015. Ce scénario de référence comprend les 21 secteurs modélisés et évalués dans le présent rapport en plus de tous les autres secteurs non évalués (voir la section 2.2). Les simulations ultérieures du modèle de qualité de l'air ont réduit à zéro les émissions des secteurs visés du transport, de l'industrie et de la combustion résidentielle dans le présente analyse. La différence entre les concentrations du scénario de référence et celles des simulations sectorielles de réduction à zéro a permis d'estimer l'incidence nette ou la contribution de chaque secteur à la qualité de l'air (c.-à-d. unités de concentration massique absolue, en $\mu g/m^3$ ou ppbv) et leur contribution relative (% de la concentration du scénario de référence).

Les provinces et territoires canadiens ont été regroupés en quatre régions pour la présentation des résultats et leur analyse : l'Ouest comprenant la Colombie-Britannique, l'Alberta, la Saskatchewan et le Manitoba; le Centre comprenant l'Ontario et le Québec; l'Atlantique comprenant le Nouveau-Brunswick, la Nouvelle-Écosse, l'Île-du-Prince-Édouard, Terre-Neuve-et-Labrador, et le Nord comprenant le Yukon, les Territoires du Nord-Ouest et le Nunavut.

Le Tableau 3-9 énumère les concentrations moyennes annuelles du scénario de référence, pondérées en fonction de la population, à l'échelle nationale, provinciale et territoriale, pour tous les polluants atmosphériques modélisés. Pour les $PM_{2,5}$, le NO_2, et le SO_2, les concentrations correspondent à une moyenne annuelle des concentrations moyennes journalières. Pour l'O_3 annuel et l'O_3 estival, les concentrations correspondent à une moyenne annuelle et estivale (mai à septembre) des concentrations maximales quotidiennes, respectivement[15]. Pour la plupart des polluants, les concentrations sont plus élevées dans les provinces densément peuplées (p. ex. Ontario, Québec, Colombie-Britannique) et dans celles où les émissions découlant de l'activité industrielle sont importantes (p. ex. Alberta, Manitoba). Les plus faibles concentrations se trouvent dans les provinces et territoires caractérisés par une faible population et de vastes régions rurales ou éloignées où l'activité industrielle est moins concentrée.

[15] Étant donné qu'elles sont pondérées en fonction de la population à l'échelle nationale, provinciale et territoriale, ces concentrations modélisées liées à la qualité de l'air ne sont pas destinées à être comparées aux concentration surveillées à des endroits précis (p. ex. les moniteurs du site central du RNSPA) ni aux normes de la réglementation (p. ex. les NCQAA).

Tableau 3-9 Moyenne annuelle modélisée du scénario de référence pour les $PM_{2,5}$, le NO_2, le SO_2 et l'O_3 annuel, ainsi que la moyenne estivale de l'O_3 à l'échelle nationale, provinciale ou territoriale (pondérée en fonction de la population, 2015).

RÉGION [c]		Population	Concentration dans l'air ambiant (moyenne annuelle modélisée pondérée en fonction de la population) [a, b]				
			$PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)	NO_2 (ppbv)	SO_2 (ppbv)	O_3 annuel (ppbv)	O_3 estival (ppbv)
CANADA		35 851 774	**5,3**	**5,1**	**0,7**	**36,3**	**40,0**
OUEST	**C.-B.**	4 683 139	4,2	4,8	0,3	35,4	39,5
	Alb.	4 196 457	2,7	5,1	0,8	37,3	41,4
	Sask.	1 133 637	1,4	1,2	0,3	34,5	36,2
	Man.	1 293 378	2,6	3,7	0,3	31,3	32,7
CENTRE	**Ont.**	13 792 052	6,4	6,2	0,9	38,6	43,8
	Qc	8 263 600	7,8	5,6	0,9	33,9	36,5
ATLANTIQUE	**N.-B.**	753 871	1,2	0,5	0,2	34,4	33,5
	N.-É.	943 002	1,1	0,5	0,2	36,5	36,2
	Î.-P.-É.	146 447	1,3	0,5	0,2	35,4	34,2
	T.-N.-L.	527 756	0,5	0,3	0,1	36,4	34,8
NORD	**Yn**	37 428	0,2	< 0,1	< 0,1	32,0	28,5
	T.N.-O.	44 088	0,2	0,1	< 0,1	30,3	29,2
	Nt	36 919	0,1	< 0,1	< 0,1	31,6	30,5

[a] Moyenne annuelle de la concentration moyenne journalière pour les $PM_{2,5}$, NO_2 et SO_2.

[b] Moyenne annuelle et estival (mai à septembre) de la concentration maximale quotidienne d'O_3.

[c] C.-B. : Colombie-Britannique; Alb. : Alberta; Sask. : Saskatchewan; Man. : Manitoba; Ont. : Ontario; Qc : Québec; N.-B. : Nouveau-Brunswick; N.-É. : Nouvelle-Écosse; Î.-P.-É. : Île-du-Prince-Édouard; T.-N.-L. : Terre-Neuve-et-Labrador; Yn : Yukon; T-N.-O. : Territoires du Nord-Ouest; Nt : Nunavut.

3.2.2 Impacts des secteurs sur la qualité de l'air à l'échelle nationale

Le Tableau 3-10 présente la contribution de chaque secteur modélisé aux concentrations de polluants atmosphériques pondérées en fonction de la population de 2015 (voir le tableau 3-9), c'est-à-dire les moyennes annuelles de $PM_{2,5}$, de NO_2 et de SO_2, ainsi que pour les moyennes annuelles et estivales d'O_3. Outre les résultats relatifs aux concentrations massiques absolues, le Tableau 3-10 indique également l'impact ou la contribution relative de chaque secteur, calculée en pourcentage des concentrations de polluants du scénario de référence (c.-à-d. le quotient de la contribution du secteur à la moyenne nationale par rapport à la moyenne nationale du scénario de référence).

Les trois secteurs modélisés montrant les contributions relatives à la moyenne nationale du scénario de référence les plus élevées, pour chaque polluant modélisé, sont énumérés ci-après :

- Les concentrations moyennes annuelles nationales de $PM_{2,5}$ pondérées en fonction de la population étaient le plus affectées par les émissions (c.-à-d. les $PM_{2,5}$ primaires et les $PM_{2,5}$ secondaires formées par la réaction des NO_x, SO_x, COV et NH_3 dans l'atmosphère) provenant de la combustion du bois de chauffage (21 %), du transport routier (7 %; 4 % des VLD, ~3 % des VL) et des minerais et de l'industrie des minéraux (7 %).
- Les concentrations moyennes annuelles nationales de NO_2 pondérées en fonction de la population étaient le plus affectées par les émissions de NO_2 provenant du transport routier (38 %; 25 % des

VLD, 11 % des VL), de les véhicules hors route et équipement mobile (12 %) et de l'utilisation résidentielle de combustibles (6 %).

- Les concentrations moyennes annuelles nationales de SO_2 pondérées en fonction de la population étaient le plus affectées par les émissions de SO_2 de l'industrie des minerais et des minéraux (39 %, dont 17 % provenant des émissions des installations d'affinage et de fusion des métaux non ferreux), de l'industrie pétrolière et gazière (14 %, avec des contributions comparables des activités en amont et en aval) et de l'industrie de la fabrication (11 %, dont 6 % provenant de l'industrie chimique).
- Les concentrations estivales moyennes nationales d'O_3 pondérées en fonction de la population étaient le plus affectées par les émissions (c.-à-d. les précurseurs d'O_3 tels que le NO_x et les COV) provenant du transport routier (2 %), de les véhicules hors route et équipement mobile (2 %) et de l'industrie pétrolière et gazière (2 %).

Tableau 3-10 Contribution des secteurs à la moyenne annuelle modélisée du scénario de référence des $PM_{2,5}$, des NO_2, des SO_2, et de l'O_3 annuel, ainsi que la moyenne estivale de l'O_3 au Canada (pondérée en fonction de la population, 2015).

	Incidence sur la concentration ambiante moyenne nationale (moyennes annuelles et estivales modélisées pondérées en fonction de la population)				
	$PM_{2,5}$ µg/m³ (%)	**NO_2** ppbv (%)	**SO_2** ppbv (%)	**O_3 annuel** ppbv (%)	**O_3 estival** ppbv (%)
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**0,4 (7 %)**	**2,0 (38 %)**	**< 0,1 (2 %)**	**- 0,1 (< 1 %)**	**0,9 (2 %)**
Véhicules légers routiers	0,1 (3 %)	0,6 (11 %)	< 0,1 (1 %)	- 0,1 (< 1 %)	0,2 (1 %)
Véhicules lourds routiers	0,2 (4 %)	1,3 (25 %)	< 0,1 (1 %)	- 0,2 (< 1 %)	0,4 (1 %)
Véhicules hors route et équipement mobile	**0,3 (5 %)**	**0,6 (12 %)**	**< 0,1 (< 1 %)**	**0,2 (1 %)**	**0,8 (2 %)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	0,1 (1 %)	0,5 (9 %)	< 0,1 (2 %)	0,1 (< 1 %)	0,4 (1 %)
Transport aérien	< 0,1 (< 1 %)	0,1 (2 %)	< 0,1 (1 %)	< 0,1 (< 1 %)	< 0,1 (< 1 %)
Transport maritime	< 0,1 (1 %)	0,1 (3 %)	< 0,1 (1 %)	0,1 (< 1 %)	0,2 (1 %)
Transport ferroviaire	< 0,1 (1 %)	0,2 (4 %)	< 0,1 (< 1 %)	< 0,1 (< 1 %)	0,2 (< 1 %)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**0,4 (7 %)**	**0,1 (3 %)**	**0,3 (39 %)**	**< 0,1 (< 1 %)**	**< 0,1 (0 %)**
Fabrication de ciment	0,1 (1 %)	0,1 (1 %)	0,1 (7 %)	- 0,1 (< 1 %)	< 0,1 (< 1 %)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	0,1 (2 %)	< 0,1 (< 1 %)	0,1 (17 %)	< 0,1 (< 1 %)	< 0,1 (< 1 %)
Industrie pétrolière et gazière [a]	**0,1 (2 %)**	**0,3 (5 %)**	**0,1 (14 %)**	**0,2 (1 %)**	**0,7 (2 %)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	0,1 (1 %)	0,2 (4 %)	0,1 (7 %)	0,2 (1 %)	0,6 (2 %)
Secteur aval du pétrole et du gaz	< 0,1 (1 %)	< 0,1 (1 %)	0,1 (7 %)	< 0,1 (< 1 %)	< 0,1 (< 1 %)
Production d'électricité	**0,1 (1 %)**	**0,1 (1 %)**	**< 0,1 (6 %)**	**< 0,1 (< 1 %)**	**0,1 (< 1 %)**
Production d'électricité au charbon	< 0,1 (1 %)	< 0,1 (1 %)	< 0,1 (6 %)	< 0,1 (< 1 %)	0,1 (< 1 %)
Fabrication	**0,1 (2 %)**	**0,1 (2 %)**	**0,1 (11 %)**	**0,1 (< 1 %)**	**0,3 (1 %)**
Produits chimiques	0,1 (1 %)	0,1 (1 %)	< 0,1 (6 %)	< 0,1 (< 1 %)	0,1 (< 1 %)
Pâtes et papiers	< 0,1 (1 %)	< 0,1 (< 1 %)	< 0,1 (1 %)	< 0,1 (< 1 %)	0,1 (< 1 %)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation résidentielle de combustibles	**0,1 (1 %)**	**0,3 (6 %)**	**0,01 (1 %)**	**- 0,1 (< 1 %)**	**< 0,1 (< 1 %)**
Combustion résidentielle de bois	**1,0 (21 %)**	**< 0,1 (< 1 %)**	**< 0,1 (< 1 %)**	**< 0,1 (< 1 %)**	**< 0,1 (< 1 %)**

[a] La contribution totale de l'industrie pétrolière et gazière à la qualité de l'air ambiant n'a pas été modélisée séparément, mais est estimée comme étant la somme des simulations par secteur visé (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

3.2.3 Contribution des secteurs à la qualité de l'air dans les provinces et territoires

3.2.3.1 Tendances générales – les trois secteurs les plus importants selon leur contribution aux concentrations ambiantes de polluants

Afin d'évaluer les impacts relatifs des principaux secteurs du transport, de l'industrie et de la combustion résidentielle sur la qualité de l'air et de définir les tendances régionales, la contribution estimée de chaque secteur modélisé sur la qualité de l'air (le % de contribution à la concentration moyenne annuelle modélisée de polluants pondérée en fonction de la population du scénario de référence de 2015) est présentée par polluant dans les Tableau 3-11 à Tableau 3-13.

Contributions des secteurs aux concentrations ambiantes de $PM_{2,5}$

Les contributions des secteurs aux concentrations de $PM_{2,5}$ modélisées du scénario de référence de 2015[16] (c.-à-d. la moyenne annuelle de la moyenne quotidienne pondérée en fonction de la population) à l'échelle nationale, provinciale et territoriale sont indiquées au Tableau 3-11. À l'échelle nationale, les secteurs modélisés qui contribuent le plus aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ sont la combustion du bois de chauffage, le transport routier et l'industrie des minerais et des minéraux (voir la rangée supérieure du Tableau 3-11, voir aussi la section 3.2.2).

Dans les provinces et territoires, on observe des variations régionales considérables quant aux secteurs prédominants :

- La combustion du bois de chauffage est le principal secteur modélisé contribuant aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ dans la plupart des provinces (c.-à-d. en Colombie-Britannique, en Ontario, au Québec et dans toutes les provinces de l'Atlantique), avec des contributions variant entre 15 % et 40 % des moyennes annuelles modélisées de $PM_{2,5}$ du scénario de référence; l'impact est particulièrement élevé au Québec (40 %). À l'inverse, la combustion du bois de chauffage contribue beaucoup moins aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ dans les provinces occidentales de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba (< 10 %).
- Parmi les secteurs mobiles modélisés, les émissions du transport routier contribuent le plus aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$. Les contributions aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ se situent entre 6 % et 10 % dans toutes les provinces de l'Ouest et du Centre. Le deuxième secteur le plus important est celui de l'équipement mobile non routier. Notamment, le secteur de les véhicules hors route et équipement mobile aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ est le troisième en importance en Colombie-Britannique (5 %).
- Parmi les secteurs industriels modélisés, l'industrie pétrolière et gazière est l'un des plus grands contributeurs aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ en Alberta (17 %), en Saskatchewan (14 %), ainsi que dans les Territoires du Nord-Ouest (14 %) et au Nunavut (4 %). La production d'électricité a une influence importante sur les concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ en Alberta (9 %) et en Saskatchewan (12 %), dans toutes les provinces de l'Atlantique (entre 3 % et 9 %),

[16] Les estimations des concentrations de polluants propres à un secteur sont d'abord agrégées à partir de l'échelle de grille du modèle de qualité de l'air (10 km x 10 km) à des zones de division de recensement plus grandes par l'intermédiaire d'une pondération par l'aire, puis agrégées aux échelles provinciale, territoriale et nationale par l'intermédiaire d'une pondération par la population.

ainsi que dans les Territoires du Nord-Ouest (8 %) et au Nunavut (1 %). L'industrie des minerais et des minéraux figure parmi les trois secteurs modélisés contribuant le plus aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ dans toutes les provinces de l'Atlantique (5 % à 16 %), en Ontario (9 %), au Québec (8 %), au Manitoba (7 %) et dans le Nord (3 % dans les Territoires du Nord-Ouest et au Nunavut).

Contributions des secteurs aux concentrations ambiantes de NO_2

Les contributions des secteurs aux concentrations de NO_2 modélisées du scénario de référence de 2015 (c.-à-d. la moyenne annuelle de la moyenne quotidienne pondérée en fonction de la population) à l'échelle nationale, provinciale et territoriale sont indiquées au Tableau 3-11. Les secteurs ayant le plus contribué aux concentrations moyennes annuelles modélisées de NO_2 à l'échelle nationale sont les secteurs du transport routier et de les véhicules hors route et équipement mobile. Les tendances provinciales et territoriales sont résumées ci-dessous :

- Le transport routier est le secteur modélisé qui contribue le plus aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 dans presque toutes les provinces et au Yukon, avec des contributions allant de 22 % à 51 %; il occupe le deuxième rang en Alberta (25 %). Le secteur de les véhicules hors route et équipement mobile figure également parmi les trois secteurs modélisés contribuant le plus aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 dans plusieurs provinces (toutes les provinces de l'Ouest sauf l'Alberta, toutes les provinces du Centre et à Terre-Neuve-et-Labrador), avec des contributions variant de 7 % à 15 %. La contribution du secteur du transport maritime aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 est la plus élevée en Colombie-Britannique (7 %), dans les provinces de l'Atlantique (10 % à 20 %), au Québec (6 %) et au Nunavut (12 %), ce qui est cohérent avec le trafic maritime dans les eaux côtières du Pacifique, de l'Atlantique et de l'Arctique et dans la voie maritime du Saint-Laurent.
- Parmi les secteurs industriels modélisés, l'industrie pétrolière et gazière est le secteur qui contribue le plus aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 en Alberta (34 % de la moyenne annuelle modélisée de NO_2; plus que le transport routier) et se situe au deuxième rang en Saskatchewan (17 %) et dans les Territoires du Nord-Ouest (10 %). La production d'électricité figure parmi les trois secteurs contribuant le plus aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 en Nouvelle-Écosse (12 %), à l'Île-du-Prince-Édouard (11 %) et au Nunavut (33 %). L'industrie minière est le secteur qui contribue le plus aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 dans les Territoires du Nord-Ouest (48 %) et au Nunavut (33 %).
- Parmi les secteurs résidentiels modélisés, l'utilisation de combustibles est l'un des secteurs contribuant le plus aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 uniquement en Ontario (9 %).

Tableau 3-11 Contribution des secteurs à la moyenne annuelle modélisée (pondérée en fonction de la population) des $PM_{2,5}$ et du NO_2 du scénario de référence en 2015, à l'échelle nationale, provinciale et territoriale.

(Les trois secteurs les plus importants par province et territoire sont mis en évidence : premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair)

		Tous les véhicules routiers	Véhicules hors route et équipement mobile	Aérien	Maritime	Ferroviaire	Industrie des minerais et des minéraux	Pétrole et gaz [d]	Production d'électricité	Fabrication	Utilisation de combustibles	Combustion du bois de chauffage
		% des $PM_{2,5}$ modélisés du scénario de référence [a, b, c]										
		TRANSPORT					**INDUSTRIE**				**RÉSIDENTIEL**	
CANADA		7	5	<	<	<	7	2	1	2	1	21
OUEST	COLOMBIE-BRITANNIQUE	10	5	<	2	<	2	<	<	4	1	22
	ALBERTA	8	4	<	<	2	2	17	9	5	1	6
	SASKATCHEWAN	6	5	<	<	2	5	14	12	4	<	3
	MANITOBA	10	4	<	<	2	7	4	4	2	1	7
CENTRE	ONTARIO	7	6	<	<	<	9	1	<	2	2	11
	QUÉBEC	6	3	<	<	<	8	<	<	1	<	40
ATLANTIQUE	NOUVEAU-BRUNSWICK	3	1	<	<	<	16	3	3	3	<	22
	NOUVELLE-ÉCOSSE	2	<	<	1	<	8	1	9	2	<	22
	ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD	4	2	<	2	<	8	2	7	3	<	23
	TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR	1	1	<	1	<	5	2	8	<	<	15
NORD	YUKON	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	5
	TERRITOIRES DU NORD-OUEST	2	2	<	<	<	3	14	8	3	<	2
	NUNAVUT	<	<	<	<	<	3	3	1	<	<	<
		% du NO_2 modélisé du scénario de référence [a, b, c]										
		TRANSPORT					**INDUSTRIE**				**RÉSIDENTIEL**	
CANADA		38	12	2	3	4	3	5	1	2	6	<
OUEST	COLOMBIE-BRITANNIQUE	47	9	2	7	3	3	<	<	2	3	<
	ALBERTA	25	6	<	<	7	<	34	5	3	3	<
	SASKATCHEWAN	24	11	<	<	9	2	17	6	2	2	<
	MANITOBA	51	7	1	<	9	<	<	<	<	4	<
CENTRE	ONTARIO	35	15	3	<	3	3	<	1	2	9	<
	QUÉBEC	45	10	2	6	4	3	1	<	3	2	1
ATLANTIQUE	NOUVEAU-BRUNSWICK	27	4	<	11	12	4	8	4	5	2	<
	NOUVELLE-ÉCOSSE	30	5	1	15	6	<	<	12	1	4	<
	ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD	36	7	<	10	2	<	<	11	2	5	<
	TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR	22	14	<	20	<	2	10	12	<	3	3
NORD	YUKON	25	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	TERRITOIRES DU NORD-OUEST	7	<	<	1	<	48	10	7	<	<	<
	NUNAVUT	<	<	<	12	<	33	<	33	<	<	<

[a] Estimation relative de la contribution du secteur à la concentration moyenne annuelle de 2015 pondérée en fonction de la population ($PM_{2,5}$, NO_2 : moyenne annuelle de la moyenne quotidienne, pondérée en fonction de la population); calculée comme la contribution du secteur à la concentration moyenne annuelle divisée par la concentration moyenne annuelle du scénario de référence à l'échelle nationale, provincial et territoriale.

[b] Les contributions inférieures à 1 % sont désignées par <.

[c] Les trois secteurs les plus importants contribuant à la concentration des polluants atmosphériques à l'échelle nationale, provinciale et territoriale sont mis en évidence dans chaque rangée (premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair).

[d] La contribution de l'industrie pétrolière et gazière aux concentrations de polluants n'a pas été modélisée séparément, mais est estimée comme étant la somme des simulations de chaque secteur visé (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

Contribution des secteurs aux concentrations ambiantes de SO_2

Les contributions des secteurs aux concentrations de SO_2 modélisées du scénario de référence de 2015 (c.-à-d. la moyenne annuelle de la moyenne quotidienne, pondérée en fonction de la population) à l'échelle nationale, provinciale et territoriale sont indiquées dans le Tableau 3-12. À l'échelle nationale, provinciale et territoriale, les secteurs industriels minier, pétrole et gaz et fabrication ont le plus contribué aux concentrations moyennes annuelles de SO_2. Ces trois secteurs industriels contribuent le plus aux concentrations moyennes annuelles de SO_2 dans la plupart des provinces et territoires. Les tendances provinciales et territoriales sont résumées ci-dessous :

- Le secteur de l'industrie des minerais et des minéraux contribue considérablement aux concentrations moyennes annuelles de SO_2 dans plusieurs provinces, notamment au Nunavut (100 %), au Québec (52 %), en Ontario (48 %) et au Nouveau-Brunswick (41 %).
- La production d'électricité figure parmi les trois secteurs contribuant le plus aux concentrations moyennes annuelles de SO_2 dans toutes les provinces de l'Atlantique (13 % à 75 %), dans les Territoires du Nord-Ouest (33 %) et dans la plupart des provinces de l'Ouest (Alberta, 33 %; Saskatchewan, 44 %; Manitoba, 17 %).
- Le transport aérien est le troisième secteur modélisé contribuant le plus aux concentrations moyennes annuelles de SO_2 en Colombie-Britannique (5 %). Dans toutes les autres provinces et tous les territoires, les secteurs du transport ont un moins grand impact sur les concentrations ambiantes de SO_2 (3 % ou moins). La contribution du secteur du transport maritime aux concentrations moyennes annuelles de SO_2 est plus élevée en Colombie-Britannique (2 %) et au Québec (1 %), mais est autrement faible (<1 %).
- Les secteurs résidentiels modélisés sont associés à des contributions minimes aux concentrations moyennes annuelles de SO_2 à l'échelle provinciale et territoriale (2 % ou moins).

Contributions des secteurs aux concentrations ambiantes d'O_3 annuel et d'O_3 estival

Les contributions modélisées des secteurs au scénario de référence de 2015 pour l'O_3 annuel (c.-à-d. moyenne annuelle de la valeur maximale quotidienne pondérée en fonction de la population) et l'O_3 estival (c.-à-d. moyenne de mai à septembre de la valeur maximale quotidienne pondérée en fonction de la population) à l'échelle nationale, et provinciale et territoriale sont indiquées au Tableau 3-13. À l'échelle nationale, la contribution des secteurs modélisés à la concentration moyenne d'O_3 annuel était minime. En comparaison, les secteurs du transport routier et de les véhicules hors route et équipement mobile représentaient jusqu'à 4 % des concentrations d'O_3 estival dans certaines provinces et certains territoires. Les contributions atteignent 10 % pour le secteur de l'industrie pétrolière et gazière. Les secteurs qui contribuent le plus aux concentrations moyennes d'O_3 estival sont résumés ci-dessous :

- L'industrie pétrolière et gazière est le secteur modélisé contribuant le plus aux concentrations moyennes d'O_3 estival dans les provinces de l'Ouest comme l'Alberta (10 %) et la Saskatchewan (4 %) et dans les Territoires du Nord-Ouest (2 %); l'industrie pétrolière et gazière figure aussi parmi les trois secteurs contribuant le plus aux concentrations moyennes d'O_3 estival au Manitoba (2 %).
- Les secteurs du transport contribuent aussi aux concentrations moyennes d'O_3 estival. Les contributions les plus élevées sont rapportées pour le transport routier (1 % à 4 %) et les véhicules hors route et équipement mobile (1 % à 3 %) dans toutes les provinces de l'Ouest et du Centre et

dans la plupart des provinces de l'Atlantique (1 % à 4 %). Le transport maritime a contribué aux concentrations moyennes d'O_3 estival dans toutes les provinces de l'Atlantique (1 % à 3 %) et en Colombie-Britannique sur la côte du Pacifique (1 %).

Tableau 3-12 Contribution des secteurs à la moyenne annuelle modélisée du scénario de référence (pondérée en fonction de la population) pour le SO_2 en 2015, à l'échelle nationale, provinciale et territoriale.

(Les trois secteurs les plus importants par province et territoire sont mis en évidence : premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair)

		Tous les véhicules routiers	Véhicules hors route et équipement mobile	Aérien	Maritime	Ferroviaire	Industrie des minerais et des minéraux	Pétrole et gaz [d]	Production d' électricité	Fabrication	Utilisation de combustibles	Combustion du bois de chauffage
		% de SO_2 modélisé du scénario de référence [a, b, c]										
		TRANSPORT					INDUSTRIE				RÉSIDENTIEL	
CANADA		2	<	1	<	<	39	14	6	11	1	<
OUEST	COLOMBIE-BRITANNIQUE	3	<	5	2	<	4	11	<	11	2	2
	ALBERTA	<	<	<	<	<	<	51	33	9	<	<
	SASKATCHEWAN	<	<	<	<	<	2	39	44	3	<	<
	MANITOBA	3	<	<	<	<	19	11	17	35	<	<
CENTRE	ONTARIO	2	<	2	<	<	48	6	<	10	<	<
	QUÉBEC	1	<	<	1	<	52	9	<	14	2	1
ATLANTIQUE	NOUVEAU-BRUNSWICK	<	<	<	<	<	41	12	13	13	<	<
	NOUVELLE-ÉCOSSE	<	<	<	<	<	9	<	75	1	<	<
	ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD	<	<	<	<	<	16	<	67	<	<	<
	TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR	<	<	<	<	<	3	51	31	<	<	<
NORD	YUKON	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	TERRITOIRES DU NORD-OUEST [e]	<	<	<	<	<	29	58	33	<	<	<
	NUNAVUT [f]	<	<	<	<	<	100	<	<	<	<	<

[a] Estimation relative de la contribution du secteur à la concentration moyenne annuelle de 2015 pondérée en fonction de la population (SO_2 : moyenne annuelle de la moyenne quotidienne pondérée en fonction de la population); calculée comme la contribution du secteur à la concentration moyenne annuelle divisée par la concentration moyenne annuelle du scénario de référence à l'échelle nationale, provinciale et territoriale.

[b] Les contributions inférieures à 1 % sont désignées par <.

[c] Les trois secteurs contribuant le plus à la concentration de polluants atmosphériques à l'échelle nationale, provinciale et territoriale sont mis en évidence dans chaque rangée (premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair).

[d] La contribution de l'industrie pétrolière et gazière aux concentrations de polluants n'a pas été modélisée séparément, mais est estimée comme étant la somme des simulations de chaque secteur visé (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[e] La contribution combinée des secteurs modélisés peut s'élever à plus de 100 % en raison de l'approche de mise à zéro et des réactions non linéaires de la chimie atmosphérique (Meng et coll., 2019).

[f] Les données du Nunavut reflètent le plus grand impact des émissions de SO_2 provenant d'une fonderie de métaux non ferreux et d'une raffinerie située à proximité (installation fermée depuis).

Tableau 3-13 Contribution des secteurs à la moyenne annuelle et estivale (pondérée en fonction de la population) modélisée du scénario de référence pour l'O_3 en 2015, à l'échelle nationale, provinciale ou territoriale.

		Tous les véhicules routiers	Véhicules hors route et équipement mobile	Aérien	Maritime	Ferroviaire	Industrie des minerais et des minéraux	Pétrole et gaz [c]	Production d' électricité	Fabrication	Utilisation de combustibles	Combustion de bois de chauffage
		% d'O_3 annuel modélisé du scénario de référence [a, b]										
		TRANSPORT					INDUSTRIE				RÉSIDENTIEL	
	CANADA	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
OUEST	COLOMBIE-BRITANNIQUE	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	ALBERTA	<	<	<	<	<	<	3	<	<	<	<
	SASKATCHEWAN	1	1	<	<	<	<	2	<	<	<	<
	MANITOBA	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
CENTRE	ONTARIO	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	QUÉBEC	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
ATLANTIQUE	NOUVEAU-BRUNSWICK	1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	NOUVELLE-ÉCOSSE	<	<	<	2	<	<	<	<	<	<	<
	ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD	1	<	<	1	<	<	<	<	<	<	<
	TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR	<	<	<	1	<	<	<	<	<	<	<
NORD	YUKON	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	TERRITOIRES DU NORD-OUEST	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	NUNAVUT	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
		% d'O_3 estival modélisé du scénario de référence [a, b]										
		TRANSPORT					INDUSTRIE				RÉSIDENTIEL	
	CANADA	2	2	<	<	<	<	2	<	<	<	<
OUEST	COLOMBIE-BRITANNIQUE	1	2	<	1	<	<	<	<	1	<	<
	ALBERTA	4	2	<	<	1	<	10	1	<	<	<
	SASKATCHEWAN	3	3	<	<	<	<	4	2	<	<	<
	MANITOBA	2	2	<	<	<	<	2	<	<	<	<
CENTRE	ONTARIO	2	2	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	QUÉBEC	4	2	<	<	<	<	<	<	<	<	<
ATLANTIQUE	NOUVEAU-BRUNSWICK	2	1	<	1	<	<	<	<	<	<	<
	NOUVELLE-ÉCOSSE	2	<	<	3	<	<	<	1	<	<	<
	ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD	2	1	<	2	<	<	<	1	<	<	<
	TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR	<	<	<	2	<	<	<	<	<	<	<
NORD	YUKON	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	TERRITOIRES DU NORD-OUEST	<	<	<	<	<	<	2	<	<	<	<
	NUNAVUT	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<

[a] Estimation relative de la contribution du secteur à la concentration moyenne de 2015 pondérée en fonction de la population (O_3 annuel : moyenne annuelle de la valeur maximale quotidienne, pondérée en fonction de la population; O_3 estival : moyenne de mai à septembre de la valeur maximale quotidienne, pondérée en fonction de la population); calculée comme la contribution du secteur à la concentration moyenne annuelle ou estivale divisée par la concentration moyenne annuelle ou estivale du scénario de référence à l'échelle nationale, provinciale et territoriale.

[b] Les contributions inférieures à 1 % sont désignées par <.

[c] La contribution de l'industrie pétrolière et gazière aux concentrations de polluants n'a pas été modélisée séparément, mais est estimée comme étant la somme des simulations pour chaque secteur visé (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

3.2.3.2 Profil des effets des secteurs sur la qualité de l'air (principaux polluants, variation géographique)

Un profil général des impacts sur la qualité de l'air de chaque secteur peut se dessiner en fonction des polluants et des régions qui sont le plus affectés.

Les émissions des secteurs des transports et de l'équipement mobile, généralement constituées de NO_2, de $PM_{2,5}$ primaires et de précurseurs d'aérosols (p. ex. NO_x, COV), ont une grande influence sur les concentrations moyennes annuelles pondérées en fonction de la population de NO_2 et de $PM_{2,5}$ dans la plupart des régions du pays. Les contributions les plus importantes de ces secteurs sont généralement attribuables au transport routier, notamment aux véhicules lourds (c.-à-d. les camions à moteur diesel) qui ont généralement un impact plus important sur les concentrations ambiantes de NO_2 et de $PM_{2.5}$ que les véhicules légers (c.-à-d. les voitures et les camionnettes, généralement à essence). Les modes de transport aérien, maritime et ferroviaire et l'équipement mobile hors-route contribuent également de manière substantielle aux concentrations atmosphériques moyennes annuelles de NO_2 et de $PM_{2.5}$ dans plusieurs provinces. Le secteur du transport maritime peut influencer les concentrations moyennes annuelles de NO_2 et de $PM_{2.5}$ dans les régions côtières – dans certaines provinces de l'Atlantique, l'impact du transport maritime est comparable en ampleur à celui des véhicules légers routiers.

Les émissions du secteur industriel influencent également les concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ et de NO_2 et ce secteur contribue souvent le plus aux concentrations moyennes annuelles de SO_2 (c.-à-d. un impact beaucoup plus important sur le SO_2 que les secteurs du transport ou résidentiels). Les impacts relatifs de certains secteurs industriels montrent un degré élevé de variation géographique en fonction de l'emplacement des installations industrielles et certains secteurs industriels n'affectent qu'un petit nombre de provinces. Par exemple, l'industrie pétrolière et gazière en amont est l'un des secteurs contribuant le plus aux concentrations moyennes annuelles de polluants atmosphériques dans les provinces de l'Alberta et de la Saskatchewan, mais pas nécessairement ailleurs. À l'inverse, certaines industries sont les plus grands contributeurs aux concentrations moyennes annuelles de polluants atmosphériques dans plusieurs provinces et territoires, comme l'industrie des minerais et des minéraux (Ontario, Québec, Nouveau-Brunswick, Nunavut) et la production d'énergie au charbon (Alberta, Saskatchewan, Nouvelle-Écosse, Île-du-Prince-Édouard, Nouveau-Brunswick).

Pour les secteurs résidentiels modélisés, la combustion du bois de chauffage est la principale source contribuant aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ dans de nombreuses provinces, dont le Québec, la Colombie-Britannique et les provinces de l'Atlantique.

3.3 Contribution des secteurs aux impacts sanitaires de la pollution atmosphérique

3.3.1 Polluants à l'origine de la mortalité prématurée

À l'échelle nationale, les contributions de chaque secteur à la mortalité prématurée attribuable à la pollution atmosphérique sont présentées par polluant (c.-à-d. les $PM_{2.5}$, le NO_2, l'O_3 annuel et l'O_3 estival) au Tableau 3-14, ainsi que la valeur socioéconomique totale correspondante (c.-à-d. la somme des effets de mortalité et de morbidité, tous polluants confondus). Au total à l'échelle nationale, environ 6 500 décès liés à la pollution atmosphérique sont attribuables aux secteurs modélisés du transport, de l'industrie et du milieu résidentiel. Le coût socioéconomique total attribué aux secteurs modélisés est d'environ 51 milliards de dollars (CAD de 2015).

Les tableaux provinciaux et territoriaux des contributions sectorielles à la mortalité et aux coûts totaux (c.-à-d. la mortalité et la morbidité) étant liés à la pollution atmosphérique sont présentés à l'annexe A.1[17].

Les polluants à l'origine des estimations de la mortalité prématurée varient selon les secteurs et reflètent les différences dans les émissions de polluants de chaque secteur (c.-à-d. le profil d'émissions des secteurs). Pour les secteurs du transport et de l'équipement mobile, plus de la moitié des décès prématurés totaux (c.-à-d. la somme de tous les polluants modélisés; voir Tableau 3-14) sont associés à la contribution des secteurs aux concentrations ambiantes de $PM_{2.5}$ (p. ex. environ 67 % pour l'ensemble du transport routier), suivies par les contributions sectorielles au NO_2 et à l'O_3 estival.

Parmi les secteurs industriels, les contributions de chaque polluant aux décès prématurés absolus et relatifs varient, mais les concentrations ambiantes de $PM_{2.5}$ contribuent toujours le plus aux impacts sanitaires, soit de 54 % à 98 % des décès totaux du secteur. Les concentrations d'O_3 estival contribuent également à une fraction substantielle des décès prématurés, atteignant 20 % pour le secteur pétrolier et gazier en amont, 8 % pour la production d'électricité et 6 à 13 % pour l'industrie de la fabrication.

Pour les secteurs résidentiels modélisés, les décès associés aux émissions de la combustion du bois de chauffage sont presque entièrement attribuables à l'exposition aux $PM_{2,5}$, correspondant aux émissions élevées de ce secteur en $PM_{2,5}$ primaires et en précurseurs de $PM_{2,5}$ tels que les COV. Pour l'utilisation de combustibles en milieu résidentiel, les $PM_{2,5}$ sont encore une fois le polluant contribuant le plus aux décès prématurés, quoique l'exposition au NO_2 contribue aussi à un nombre important de décès.

Les estimations de la mortalité prématurée totale, toutes causes confondues, par secteur pour l'ensemble de tous les polluants ($PM_{2.5}$, NO_2, O_3 annuel, O_3 estival) sont résumées graphiquement à la Figure 3-1.

[17] Les résultats supplémentaires du modèle des impacts sanitaires (c.-à-d. les cas de morbidité par secteur et par polluant à l'échelle nationale) sont présentés dans la documentation complémentaire, disponible sur demande.

Tableau 3-14 Mortalité prématurée, toutes causes confondues, et valeur par secteur et polluant à l'échelle nationale (2015).

	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c]				MORTALITÉ – TOUS LES POLLUANTS[e] médiane (IC 2,5 % - 97,5 %)	VALEUR TOTALE (M)[f] mortalité et morbidité Médiane (IC2,5 % - 97,5 %)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3 annuel	O_3 estival[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE						
Tous les véhicules routiers	**800**	**330**	**-7**	**92**	**1 200 (500 – 1 900)**	**9 500 $ (2 500 $ – 19 000 $)**
Véhicules légers routiers	300	99	-8	24	410 (170 - 660)	3 200 $ (900 $ – 6 500 $)
Véhicules lourds routiers	490	220	-22	42	730 (280 – 1 200)	5 700 $ (1 200 $ – 12 000 $)
Véhicules hors route et équipement mobile	**540**	**100**	**47**	**71**	**760 (370 – 1 100)**	**5 900 $ (2 200 $ – 11 000 $)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**170**	**80**	**25**	**41**	**320 (130 – 510)**	**2 500 $ (800 $ – 5 000 $)**
Transport aérien	21	16	-7	-3	28 (2 – 55)	220 $ (46 $ – 560 $)
Transport maritime	76	28	23	26	150 (74 – 230)	1 200 $ (420 $ – 2 300 $)
Transport ferroviaire	77	37	8	17	140 (60 – 220)	1 100 $ (330 $ – 2 100 $)
SECTEURS INDUSTRIELS						
Industrie des minerais et des minéraux	**890**	**23**	**-2**	**7**	**910 (450 – 1 400)**	**7 200 $ (2 600 $ – 14 000 $)**
Fabrication de ciment	110	12	-9	-3	110 (32 – 190)	870 $ (60 $ – 1 900 $)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	210	0	1	1	210 (110 – 310)	1 600 $ (650 $ – 3 100 $)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**220**	**38**	**40**	**53**	**350 (170 – 520)**	**2 700 $ (980 $ – 5 100 $)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	140	31	40	51	260 (130 – 390)	2 000 $ (750 $ – 3 800 $)
Secteur aval du pétrole et du gaz	78	7	0	2	90 (40 – 130)	690 $ (230 $ – 1 300 $)
Production d'électricité	**120**	**11**	**7**	**12**	**150 (75 – 230)**	**1 200 $ (440 $ – 2 300 $)**
Production d'électricité au charbon	110	5	5	9	130 (65 – 190)	1 000 $ (380 $ – 1 900 $)
Fabrication	**240**	**19**	**20**	**23**	**300 (150 – 450)**	**2 400 $ (900 $ – 4 500 $)**
Produits chimiques	66	6	1	4	76 (37 – 110)	600 $ (220 $ – 1 100 $)
Pâtes et papiers	68	4	9	9	89 (45 – 130)	700 $ (270 $ – 1 300 $)
SECTEURS RÉSIDENTIELS						
Utilisation résidentielle de combustibles	**150**	**46**	**-15**	**0**	**180 (70 – 290)**	**1 400 $ (350 $ – 2 900 $)**
Combustion résidentielle de bois	**2 300**	**4**	**2**	**3**	**2 300 (1 200 – 3 300)**	**18 000 $ (7 000 $ – 33 000 $)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3 annuel) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de cas de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] La mortalité négative pour l'O_3 annuel et l'O_3 estival correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant pour le scénario de référence (tous les secteurs d'émissions) moins le scénario par secteur (émissions des secteurs fixées à zéro). La mesure annuelle de l'O_3 a plus de chances d'être négative, car elle coïncide avec des périodes d'ensoleillement et de température réduites, et de baisse de la production d'O_3. Les impacts sanitaires de valeurs négatives pour l'O_3 apparaissent dans les zones où les émissions de NO_x sont importantes et doivent être considérés dans un contexte plus large de réductions d'émissions; ils ne devraient pas persister avec des réductions d'émissions à grande échelle, telles que celles appliquées à l'échelle nationale.

[d] Mois de mai à septembre.

[e] Médiane, intervalle de confiance (IC) du 2,5e centile et IC du 97,5e centile (de la simulation Monte-Carlo de la modélisation sanitaire), somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival). Arrondi au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, intervalle de confiance (IC) du 2,5e centile, et IC du 97,5e centile (de la simulation de Monte-Carlo de la modélisation sanitaire), somme des estimations de valeur des impacts sur la santé (tous les polluants, tous les paramètres de mortalité et de morbidité). Exprimé en millions (M) de dollars canadiens et basé sur la devise de 2015.

[g] Données de mortalité et des coûts du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz, estimées comme la somme des simulations de chaque secteur visé (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

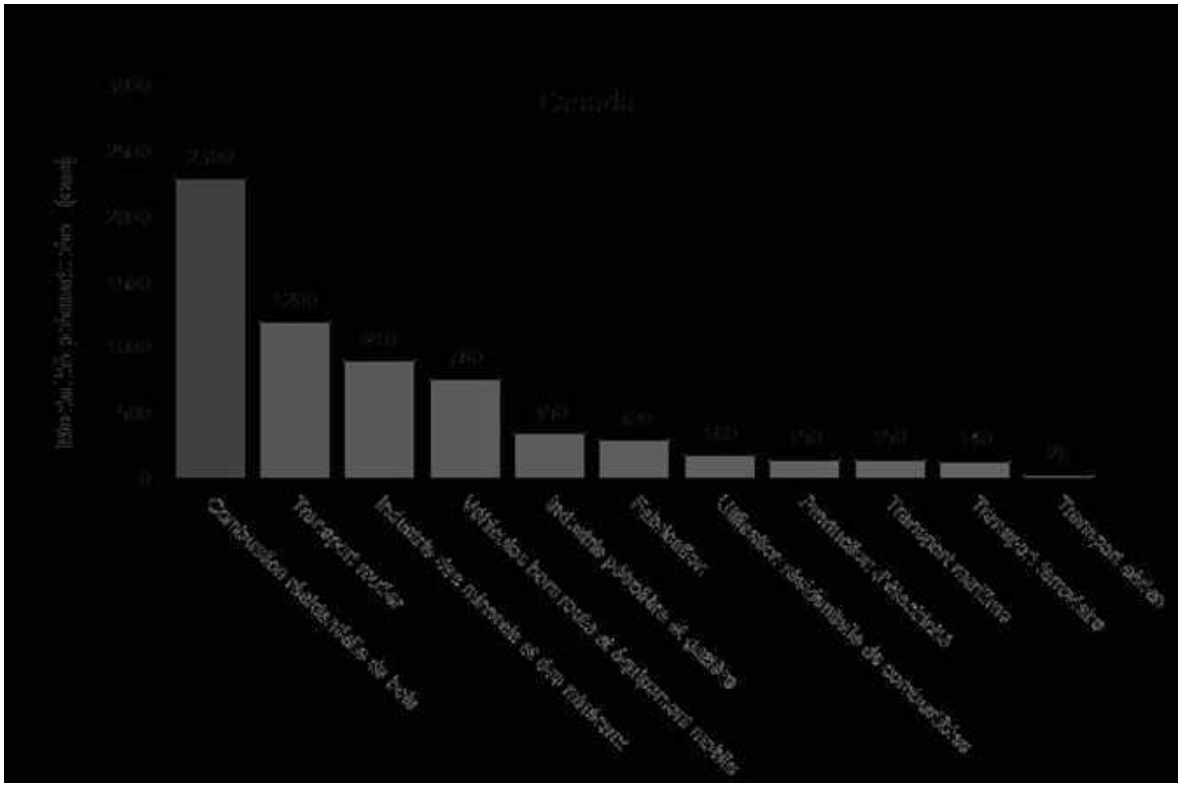


Figure 3-1 Mortalité prématurée, toutes causes confondues, liée à la pollution atmosphérique ($PM_{2,5}$, NO_2, O_3 annuel, O_3 estival), par secteur au Canada (2015).

3.3.2 Classement des secteurs contribuant aux impacts sanitaires à l'échelle nationale, provinciale et territoriale

La contribution de chaque secteur au nombre total de décès liés à la pollution atmosphérique (tous les polluants modélisés) est indiquée au Tableau 3-15. Une comparaison est effectuée entre les principaux secteurs et les trois secteurs contribuant le plus aux décès liés à la pollution atmosphérique sont mis en évidence pour chaque région (c.-à-d. à l'échelle nationale, provinciale ou territoriale).

À l'échelle nationale, les secteurs dont les émissions de polluants atmosphériques ont le plus contribué aux décès prématurés au Canada en 2015 sont la combustion du bois de chauffage (2 300 décès), le transport routier (1 200 décès) et l'industrie des minerais et des minéraux (910 décès).

La combustion du bois de chauffage est le secteur ayant contribué le plus dans presque toutes les provinces, sauf dans les provinces de l'Ouest (Alberta, Saskatchewan et Manitoba). Les impacts sanitaires non mortels attribués à la combustion du bois de chauffage sont : 1 300 admissions à l'hôpital et visites aux urgences pour

des problèmes cardiaques et respiratoires; 9 300 cas de bronchite chronique chez l'enfant et 2 100 chez l'adulte; 2,9 millions (M) de jours d'activité restreinte; et 5,9 M de jours de symptômes (y compris les jours de symptômes respiratoires aigus et d'asthme).

Le transport routier est au deuxième rang des secteurs contribuant aux décès liés à la pollution atmosphérique dans la plupart des provinces et au premier rang au Manitoba (Tableau 3-15). En Ontario, le nombre de décès attribués au transport routier est d'une ampleur comparable à celui des décès dus à la combustion du bois de chauffage. À l'échelle nationale, la majorité des décès liés au transport routier sont davantage liés aux véhicules lourds (730 décès) qu'aux véhicules légers (410 décès) [Tableau 3-14]. Les impacts sanitaires non mortels attribués au transport routier sont: 780 admissions à l'hôpital et visites d'urgence liées à des problèmes cardiaques et respiratoires; 3 600 et 800 cas de bronchite chronique chez l'enfant et l'adulte, respectivement; 1,3 M de jours d'activité restreinte et 3 M de jours de symptômes (y compris les jours de symptômes respiratoires aigus et d'asthme).

Le secteur de l'industrie des minerais et des minéraux figure parmi les trois premiers secteurs contribuant le plus à la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique dans une majorité de provinces. Au sein de ce secteur, les sous-secteurs de la fabrication du ciment et de l'affinage et de la fusion des métaux non ferreux ont contribué à 320 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique à l'échelle nationale (Tableau 3-14), ce qui représente près de la moitié des décès prématurés de la pollution de l'air attribuable à l'ensemble du secteur des minerais et de l'industrie des minéraux. Les impacts à la santé non mortels attribués aux minerais et à l'industrie des minéraux comprennent : 500 admissions à l'hôpital et visites d'urgence liées à des problèmes cardiaques et respiratoires; 3 800 et 840 cas de bronchite chronique chez l'enfant et l'adulte, respectivement; 1,2 M de jours d'activité restreinte et 2,4 M de jours de symptômes (y compris les jours de symptômes respiratoires aigus et d'asthme).

À l'échelle nationale, la valeur socioéconomique totale (CAD 2015) du fardeau sanitaire (c.-à-d. la somme des impact à la santé mortels et non mortels) pour les trois secteurs les plus importants est 18 milliards de dollars pour la combustion du bois de chauffage, 9,5 milliards de dollars pour le transport routier et 7,2 milliards de dollars pour l'industrie des minerais et des minéraux. La majorité des coûts estimés du fardeau sanitaire est attribuable à la mortalité prématurée.

D'autres secteurs ont des impacts sur la santé liés à la qualité de l'air plus régionaux, se classant parmi les plus grands contributeurs dans une ou quelques provinces seulement[18]. Le secteur de l'industrie pétrolière et gazière figure parmi les trois premiers secteurs contribuant le plus à la mortalité prématurée liée à la pollution de l'air uniquement en Alberta et en Saskatchewan, surpassant tous les autres secteurs. Dans le secteur de l'industrie pétrolière et gazière, la majorité des décès prématurés liés à la pollution atmosphérique à l'échelle nationale (Tableau 3-14) est attribuée au secteur pétrolier et gazier en amont (p. ex. forage, extraction; 260 décès) par rapport au secteur pétrolier et gazier en aval (p. ex. raffinage; 90 décès).

Le secteur de la production d'électricité (150 décès à l'échelle nationale) se caractérise également par des impacts sanitaires régionaux. Il figure parmi les trois premiers secteurs dans les provinces de l'Ouest (Alberta

[18] Les classements peuvent être comparés à chaque échelle géographique analysée (p. ex. nationale, provinciale, territoriale). Un secteur classé parmi les trois premiers contributeurs dans une province peut ne pas être parmi les trois premiers dans une autre province, même si les valeurs absolues de mortalité sont plus élevées. Par exemple, le transport maritime fait partie des trois premiers contributeurs en Nouvelle-Écosse (9 décès), mais pas en Colombie-Britannique, malgré un nombre absolu de décès plus élevé en Colombie-Britannique (46 décès), puisque d'autres secteurs de la Colombie-Britannique ont contribué à beaucoup plus de mortalités (combustion de bois de chauffage, 2 300 décès; tous les transports routiers, 1 200 décès; l'industrie des minerais et des minéraux, 910 décès).

et Saskatchewan) et dans plusieurs provinces de l'Atlantique (Nouvelle-Écosse, Île-du-Prince-Édouard, Terre-Neuve et Labrador). La mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique attribuée au secteur de la production d'électricité est en grande partie due aux effets sur la qualité de l'air de la production d'électricité à partir du charbon (130 décès au niveau national; Tableau 3-14). Les installations au charbon ont généralement des émissions beaucoup plus élevées de $PM_{2.5}$, de NO_x et de SO_x que les installations utilisant d'autres types de combustibles fossiles (p. ex. le gaz naturel, le pétrole).

Le secteur du transport hors route et de l'équipement mobile figure parmi les trois premiers secteurs modélisés seulement dans l'Ouest, en Colombie-Britannique et au Manitoba. Le transport maritime (150 décès à l'échelle nationale) se classe parmi les trois premiers secteurs contribuant le plus à la mortalité prématurée dans les provinces Atlantiques de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve-et-Labrador. Quant aux autres secteurs du transport non routier, le transport ferroviaire (140 décès au niveau national) contribue à une mortalité prématurée similaire à celle du transport maritime, tandis que le transport aérien se limite à 28 décès prématurés.

Tableau 3-15 Mortalité prématurée toutes causes confondues liée à la pollution atmosphérique ($PM_{2,5}$, NO_2, O_3, O_3 estival), par secteur et région géographique (2015).

(Les trois secteurs les plus importants par province et territoire sont mis en évidence : premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair)

	MORTALITÉ[a, b, c] (nombre, tous les polluants)	Tous les véhicules routiers	Véhicules hors route et équipement mobile	Aérien	Maritime	Ferroviaire	Industrie des minerais et des minéraux	Pétrole et gaz[d]	Production d'électricité	Fabrication	Utilisation de combustibles	Combustion résidentielle de bois	Total[e]
RÉGION[f]		TRANSPORT ET ÉQUIPEMENT MOBILE					INDUSTRIE				RÉSIDENTIEL		
	CANADA[e]	1 200	760	28	150	140	910	350	150	300	180	2 300	6 500
OUEST	Colombie-Britannique	160	83	3	46	7	13	12	1	59	12	250	650
OUEST	Alberta	82	42	<	2	24	16	180	61	34	10	30	480
OUEST	Saskatchewan	14	14	<	<	5	6	25	17	6	1	3	93
OUEST	Manitoba	38	17	<	<	8	18	13	10	6	4	17	130
CENTRE	Ontario	500	390	14	29	53	480	74	30	110	130	550	2 400
CENTRE	Québec	400	200	8	58	40	360	36	16	76	26	1 400	2 600
ATLANTIQUE	Nouveau-Brunswick	6	3	<	4	2	13	3	3	4	<	14	52
ATLANTIQUE	Nouvelle-Écosse	7	3	<	9	1	8	2	11	3	<	15	59
ATLANTIQUE	Île-du-Prince-Édouard	2	<	<	1	<	1	<	2	<	<	3	11
ATLANTIQUE	Terre-Neuve-et-Labrador	2	<	<	3	<	2	1	3	<	<	3	15
NORD	Yukon	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
NORD	Territoires du Nord-Ouest	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
NORD	Nunavut	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<

[a] Somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3 annuel), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de cas de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Un taux de mortalité inférieur à 1 est indiqué par <.

[d] Les données de mortalité et des coûts du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont estimées comme étant la somme des simulations de chaque secteur visé (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[e] Total des secteurs modélisés; les valeurs peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Les trois premiers secteurs de chaque région géographique (Canada, province ou territoire) par nombre de décès prématurés sont indiqués : premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair.

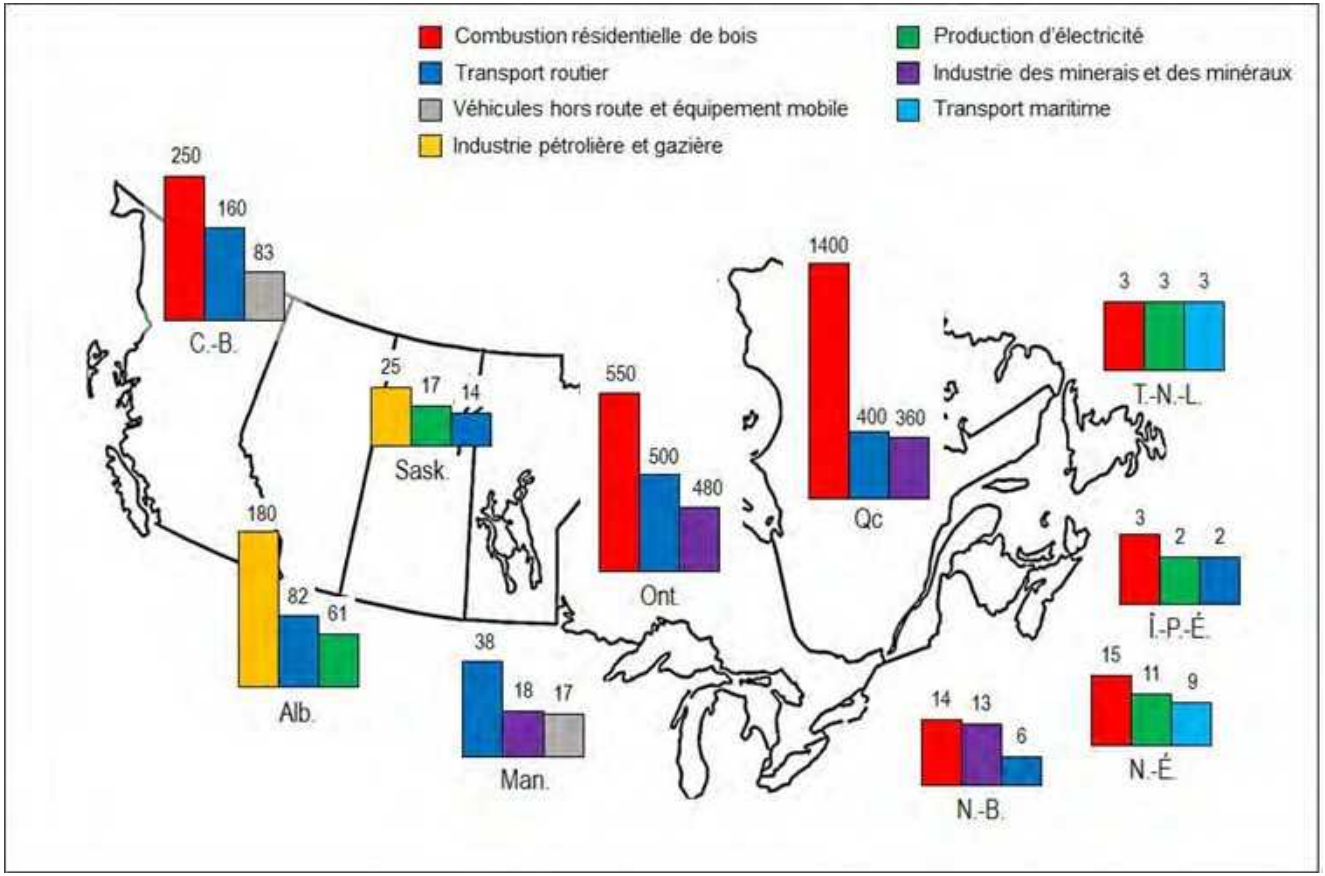


Figure 3-2 Nombre de décès prématurés toutes causes confondues ($PM_{2,5}$, NO_2, O_3, O_3 estival) attribuables aux trois secteurs modélisés les plus importants par province (2015).

3.3.3 Classement des secteurs contribuant aux impacts sanitaires à l'échelle des zones atmosphériques

3.3.3.1 Zones atmosphériques et mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique des principaux secteurs

La contribution des secteurs principaux à la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique est présentée pour les zones atmosphériques des régions Ouest et Centre au Tableau 3-16 et pour les zones atmosphériques de la région Atlantique au Tableau 3-17[19]. La somme des décès par secteur est inférieure à 1 dans toutes les zones atmosphériques de la région Nord (c.-à-d. les zones atmosphériques du Yukon, des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut) et n'est donc pas présentée. Le Tableau 3-16 et le Tableau 3-17 indiquent aussi les trois secteurs contribuant le plus aux décès liés à la pollution atmosphérique dans chaque zone atmosphérique.

Certaines tendances générales se dégagent à partir des impacts sanitaires à l'échelle des zones atmosphériques. Tout d'abord, des valeurs plus élevées de décès prématurés liés à la pollution de l'air correspondent aux zones atmosphériques très peuplées et généralement urbanisées; à l'inverse, les zones atmosphériques rurales et peu peuplées présentent des estimations plus faibles de décès prématurés dus à la pollution de l'air (c.-à-d. moins de 5 cas). Deuxièmement, les principaux secteurs varient tant au niveau régional qu'au sein de chaque province, reflétant les variations des caractéristiques des zones atmosphériques (c.-à-d. la densité de population, le degré d'urbanisation, la présence d'une industrie locale, etc.). Nonobstant ces tendances, les principaux secteurs d'intérêt comprennent le transport routier (classé parmi les trois premiers rangs dans presque toutes les zones atmosphériques) et la combustion du bois de chauffage (classée parmi les trois premiers rangs dans la majorité des zones atmosphériques, à l'exception notable de la Saskatchewan et de l'Alberta).

La contribution des secteurs industriels aux décès liés à la pollution atmosphérique montre des tendances régionales marquées à l'échelle des zones atmosphériques, témoignant d'une concentration parfois régionale des installations industrielles. Par exemple, le secteur de l'industrie pétrolière et gazière se classe parmi les trois premiers secteurs contribuant le plus à la mortalité dans toutes les zones atmosphériques de l'Alberta et de la Saskatchewan. Le secteur de la production d'électricité (plus précisément, les installations alimentées au charbon) contribue également à la mortalité prématurée en Alberta et en Saskatchewan et dans presque toutes les zones atmosphériques des provinces de l'Atlantique. Le secteur de l'industrie des minerais et des minéraux se classe parmi les trois premiers secteurs en matière de mortalité dans presque toutes les zones atmosphériques de l'Ontario, du Québec, du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse, ainsi que dans l'unique zone atmosphérique du Manitoba.

Les estimations détaillées de la mortalité par secteur sont présentées ci-dessous pour toutes les zones atmosphériques ayant enregistré 5 décès prématurés ou plus par province (sections 3.3.3.2 à 3.3.3.11). Les estimations de la mortalité par secteur pour les zones atmosphériques de la région Nord (c.-à-d. Yukon, Territoires du Nord-Ouest, Nunavut) ne sont pas discutées en raison du faible nombre de décès par secteur

[19] Les noms français des zones atmosphériques correspondent aux désignations sur le site du Conseil canadien des ministres de l'environnement, disponibles au https://ccme.ca/fr/qualite-de-lair.

(<1 par zone atmosphérique). Des données supplémentaires sur les impacts sanitaires par secteur (mortalité prématurée par polluant, valeurs économiques totales pour tous les effets de mortalité et de morbidité) sont présentées à l'annexe A.2 (sections A.2.1–A.2.10) pour toutes les zones atmosphériques comptant au moins 5 décès prématurés au total.

Des cartes indiquant les noms et les limites des zones atmosphériques sont fournies à l'annexe A.2 (section A.2.11).

Tableau 3-16 Mortalité prématurée toutes causes confondues liée à la pollution atmosphérique (tous polluants, 2015) par secteur et par zone atmosphérique – Régions de l'Ouest et du Centre.

(Les trois secteurs les plus importants par zone atmosphérique sont mis en évidence : premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair)

Région / Province[f]		Zone atmosphérique[g]	Pop.[h]	MORTALITÉ[a, b, c] (nombre, tous les polluants)	TRANSPORT ET ÉQUIPEMENT MOBILE					INDUSTRIE				RÉSIDENTIEL		Total[e]
					TOUS les véhicules routiers	Véhicules hors route et équipement mobile	Aérien	Maritime	Ferroviaire	Industrie des minerais et des minéraux	Pétrole et gaz[d]	Production d' électricité	Fabrication	Utilisation de combustibles	Combustion du bois de chauffage	
OUEST	C.-B.	INTÉRIEUR-CENTRE	0,2 M		2	1	<	<	<	<	1	<	2	<	2	9
		LITTORAL	0,1 M		<	<	<	1	<	<	<	<	<	<	<	<
		DÉTROIT DE GEORGIA	0,8 M		23	6	<	17	1	1	<	<	13	1	43	110
		VALLÉE DU BAS FRASER	2,8 M		120	71	3	26	4	9	7	<	39	10	170	460
		NORD-EST	< 0,1 M		<	<	<	<	<	<	1	<	<	<	<	<
		NORD-OUEST	< 0,1 M		<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
		INTÉRIEUR-SUD	0,7 M		20	4	<	1	2	2	3	1	5	1	28	68
	Alb.	BAS-ATHABASCA	0,1 M		<	<	<	<	<	<	3	1	<	<	<	5
		SASKATCHEWAN-NORD	1,6 M		32	20	<	1	10	6	83	33	19	4	15	220
		PEACE	0,2 M		1	1	<	<	1	<	7	1	1	<	1	13
		RED DEER	0,7 M		16	7	<	<	4	3	32	10	5	2	4	84
		SASKATCHEWAN-SUD	1,4 M		31	12	<	1	8	7	49	14	8	4	9	140
		HAUT-ATHABASCA	0,1 M		1	1	<	<	1	<	5	2	1	<	1	12
	Sask.	BORÉAL	< 0,1 M		<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
		GRASSLANDS	< 0,1 M		1	1	<	<	<	<	2	2	<	<	<	8
		GREAT PLAINS	0,5 M		7	6	<	<	2	3	9	7	3	<	1	38
		NORD-EST	0,1 M		2	2	<	<	1	1	3	2	1	<	1	11
		SUD	0,1 M		1	1	<	<	1	1	2	2	<	<	<	9
		YELLOWHEAD-OUEST	0,3 M		4	3	<	<	1	1	8	4	2	<	1	24
	Man.	MANITOBA	1,3 M		38	17	1	<	8	18	13	10	6	4	17	130
CENTRE	Ont.	HAMILTON	0,5 M		27	16	1	2	3	56	5	2	7	6	36	160
		NORD DE L'ONTARIO	0,6 M		4	3	<	1	2	8	2	2	2	<	4	26
		SARNIA	< 0,1 M		1	<	<	<	<	1	<	<	<	<	1	<
		SAULT STE. MARIE	<0,1 M		<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
		SUD DE L'ONTARIO	12 M		470	370	14	27	47	420	66	27	11	120	510	2 200
		SUDBURY	0,2 M		3	1	<	<	1	10	1	<	1	<	3	19
	Qc	EST	0,2 M		3	1	<	2	1	4	1	1	1	<	6	20
		NORD	0,4 M		1	1	<	1	<	5	<	<	1	<	3	12
		SUD	7,6 M		400	200	8	55	38	360	35	15	77	26	1 400	2 600

[a] Somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3 annuel), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de cas de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs.

[c] Le taux de mortalité inférieur à 1 est indiqué par <.

[d] Les données de mortalité et d'évaluation du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont estimées comme étant la somme des simulations de chaque secteur visé (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[e] Les valeurs totales de la zone atmosphérique peuvent ne pas correspondre exactement en raison des chiffres arrondis.

[f] C.-B. : Colombie-Britannique; Alb. : Alberta; SA : Saskatchewan; Man. : Manitoba; Ont. : Ontario; Qc : Québec.

[g] Les trois secteurs les plus importants quant à la mortalité dans chaque zone atmosphérique sont mis en évidence (premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair).

[h] Population approximative, arrondie au 0,1 million le plus proche.

Tableau 3-17 Mortalité prématurée, toutes causes confondues, liée à la pollution atmosphérique (tous polluants, 2015), par secteur et par zone atmosphérique - région Atlantique.

(Les trois secteurs les plus importants par zone atmosphérique sont mis en évidence : premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair)

		MORTALITÉ[a, b, c] *(nombre, tous les polluants)*		TOUS les véhicules routiers	Véhicules hors route et équipement mobile	Aérien	Maritime	Ferroviaire	Industrie des minerais et des minéraux	Pétrole et gaz[d]	Production d' électricité	Fabrication	Utilisation de combustibles	Combustion du bois de chauffage	Total dans la zone atmosphérique[e]
Région / Province[f, g]		**Zone atmosphérique**[h]	**Pop.**[i]	**TRANSPORT ET ÉQUIPEMENT MOBILE**					**INDUSTRIE**				**RÉSIDENTIEL**		
ATLANTIQUE	N.-B.	CENTRE	0,5 M	4	2	<	2	1	6	2	2	2	<	9	31
		NORD	0,1 M	1	<	<	1	<	2	<	1	<	<	2	7
		SUD	0,2 M	1	1	<	1	<	5	1	1	1	<	3	14
	N.-É.	CENTRE	0,5 M	3	1	<	4	<	3	1	4	1	<	6	23
		EST	0,1 M	1	<	<	2	<	1	<	3	<	<	3	12
		NORD	0,2 M	2	1	<	1	<	2	1	3	1	<	3	13
		OUEST	0,2 M	1	1	<	2	<	2	1	1	1	<	3	12
	Î.-P.-É.	ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD	0,2 M	2	1	<	1	<	1	<	2	1	<	3	10
	T.-N.-L.	LABRADOR	< 0,1 M	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
		TERRE-NEUVE	0,5 M	1	1	<	3	<	2	1	3	<	<	3	15

[a] Somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité due à des problèmes respiratoires occasionnés par une exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de cas de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs.

[c] Le taux de mortalité inférieur à 1 est indiqué par <.

[d] Les données de mortalité et d'évaluation du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont estimées comme étant la somme des exécutions de chacun des modèles du secteur visé (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[e] Les valeurs totales de la zone atmosphérique peuvent ne pas correspondre exactement en raison des chiffres arrondis.

[f] N.-B. : Nouveau-Brunswick; N.-É. : Nouvelle-Écosse; Î.-P.-É. : Île-du-Prince-Édouard; T.-N.-L. : Terre-Neuve-et-Labrador.

[g] Les zones atmosphériques de la région du Nord (c.-à-d. Yukon, Territoires du Nord-Ouest, Nunavut) ne sont pas indiquées puisque tous les décès du secteur sont <1.

[h] Les trois secteurs les plus importants quant à la mortalité dans chaque zone atmosphérique sont mis en évidence (premier rang en rouge, deuxième rang en orange foncé, troisième rang en orange clair). Pour les zones atmosphériques avec un dénombrement des cas de mortalité associés, la détermination des trois secteurs prépondérants est élargie pour inclure tous les secteurs associés, le cas échéant.

[i] Population approximative, arrondie au 0,1 million le plus proche.

3.3.3.2 Colombie-Britannique

Plusieurs zones atmosphériques de la Colombie-Britannique présentaient des estimations de 5 décès prématurés ou plus attribués à la pollution atmosphérique pour les secteurs modélisés : Vallée du bas Fraser, Détroit de Georgia, Intérieur-Sud et Intérieur-Centre. Les résultats détaillés des impacts sanitaires par secteur sont présentés pour ces zones atmosphériques de la Colombie-Britannique dans l'annexe A (section A.2.1). Les autres zones atmosphériques de la Colombie-Britannique (Littoral, Nord-Est, Nord-Ouest) sont en grande partie rurales, avec comparativement moins de sources d'émissions et des populations plus faibles et dispersées (< 0,2 M d'habitants).

La zone atmosphérique la plus peuplée, Vallée du bas Fraser, montre le plus grand nombre de décès prématurés liés à la pollution atmosphérique pour tous les secteurs modélisés (environ 460 décès). Dans cette zone atmosphérique, les trois secteurs modélisés contribuant le plus à la mortalité liée à la pollution atmosphérique sont la combustion du bois de chauffage (170 décès), le transport routier (120 décès) et le transport hors route et l'équipement mobile (71 décès). La combustion du bois de chauffage est en tête du classement ou figure parmi les trois premiers secteurs, en termes de décès prématurés, dans quatre des sept zones atmosphériques. Le transport maritime contribue également aux décès liés à la pollution atmosphérique dans les zones atmosphériques comprenant le littoral du Pacifique et les voies navigables connexes (Vallée du bas Fraser, 26 décès; Détroit de Georgia, 17 décès, secteur au troisième rang; Littoral, 1 décès, secteur au premier rang).

Les résultats clés qui suivent résument les polluants dominants et les secteurs modélisés les plus importants contribuant aux impacts sanitaires de la pollution atmosphérique dans chacune des zones atmosphériques, classées par ordre décroissant de mortalité prématurée totale. Ces résultats peuvent informer la gestion de la qualité de l'air dans les zones atmosphériques de la Colombie-Britannique :

- **Vallée du bas Fraser :** Il s'agit de la zone atmosphérique la plus peuplée de la province (population en 2015 d'environ 2,8 M d'habitants). Au total, 460 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique ont été estimés pour les secteurs modélisés. Par polluant, les décès prématurés sont principalement attribués aux contributions du secteur aux concentrations moyennes annuelles ambiantes de $PM_{2,5}$ (420 décès), avec des décès supplémentaires dus aux contributions du secteur aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 (65 décès). Par secteur, les émissions liées à la combustion du bois de chauffage (170 décès) et au transport routier (120 décès) contribuent le plus aux décès liés à la pollution atmosphérique, suivis du transport hors route et de l'équipement mobile (71 décès). Les impacts du secteur maritime sur la qualité de l'air contribuent également à une mortalité comparativement élevée dans cette zone atmosphérique côtière (26 décès).
- **Détroit de Georgia :** Il s'agit de la deuxième zone atmosphérique la plus peuplée de la province (population en 2015 d'environ 0,8 M d'habitants). 110 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont estimés pour l'ensemble des secteurs modélisés, principalement attribués aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (73 décès) et aux concentrations moyennes d'O_3 annuel et estival (21 décès). Par secteur, la combustion du bois de chauffage à domicile (43 décès), le transport routier (23 décès) et le transport maritime (17 décès) contribuent le plus à la mortalité prématurée.
- **Intérieur-Sud :** Il s'agit également d'une zone atmosphérique très peuplée (population en 2015 d'environ 0,7 M d'habitants) et 68 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont estimés

pour l'ensemble des secteurs modélisés. Par polluant, la majorité des décès prématurés sont dus aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (43 décès) et aux concentrations moyennes d'O_3 annuel et estival (20 décès). Par secteur, les décès prématurés sont en grande partie dus aux émissions liées à la combustion du bois de chauffage (28 décès) et au transport routier (20 décès), suivis par l'industrie de la fabrication (5 décès).

- **Intérieur-Centre :** Dans cette zone atmosphérique à faible population (population en 2015 d'environ 0,2 M d'habitants), les secteurs modélisés contribuent ensemble à 9 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique, principalement en raison des contributions des secteurs aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (4 décès). Les secteurs d'émissions contribuant le plus à la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique dans cette zone sont la combustion du bois de chauffage (2 décès), le transport routier (2 décès) et l'industrie de la fabrication (2 décès).

3.3.3.3 Alberta

Toutes les zones atmosphériques de l'Alberta présentaient des estimations de 5 décès prématurés ou plus dus à la pollution atmosphérique des secteurs modélisés : Saskatchewan-Nord, Saskatchewan-Sud, Red Deer, Peace, Haut-Athabasca et Bas-Athabasca. Les résultats détaillés des impacts sanitaires par secteur sont présentés sous forme de tableau pour ces zones atmosphériques de l'Alberta à l'annexe A (section A.2.2).

En Alberta, les estimations de décès liés à la pollution de l'air plus élevées correspondent aux zones les plus densément peuplées, y compris Saskatchewan-Nord (environ 220 décès pour les secteurs modélisés), Saskatchewan-Sud (environ 140 décès) et Red Deer (environ 84 décès). Dans toutes les zones atmosphériques de l'Alberta, la majorité de la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique est attribuée au secteur de l'industrie pétrolière et gazière. Le transport routier et la production d'électricité font également partie des trois secteurs principaux dans la plupart des zones atmosphériques de l'Alberta. Les émissions élevées de l'industrie pétrolière et gazière sont situées dans les zones atmosphériques septentrionales Bas-Athabasca et Peace (p. ex. projets de sables bitumineux, Fort McMurray); toutefois, la faible densité de population de ces zones mène à un faible nombre de décès liés à la pollution atmosphérique.

Les résultats clés qui suivent résument les polluants dominants et les secteurs modélisés les plus importants contribuant aux impacts sanitaires de la pollution atmosphérique dans chacune des zones atmosphériques, classées par ordre décroissant de mortalité prématurée totale. Ces résultats peuvent informer la gestion de la qualité de l'air dans les zones atmosphériques de l'Alberta :

- **Saskatchewan-Nord :** Il s'agit de la zone atmosphérique la plus peuplée de la province (population en 2015 d'environ 1,6 M d'habitants). Au total, environ 220 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont estimés pour les secteurs modélisés. Par polluant, les décès prématurés sont principalement attribués aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles ambiantes de $PM_{2,5}$ (150 décès), aux concentrations moyennes d'O_3 annuel et estival (41 décès) et aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 (34 décès). Par secteur, les effets de l'industrie pétrolière et gazière sur la qualité de l'air sont à l'origine du plus grand nombre de décès prématurés (83 décès), suivis par la production d'électricité à partir du charbon (33 décès) et le transport routier (32 décès). Des décès prématurés sont également estimés pour d'autres secteurs, notamment le transport hors route et l'équipement mobile (20 décès), l'industrie de la fabrication (19 décès, dont 14 décès pour l'industrie chimique) et la combustion du bois de chauffage (15 décès).

- **Saskatchewan-Sud :** Il s'agit de la deuxième zone atmosphérique la plus peuplée de l'Alberta (population en 2015 d'environ 1,4 M d'habitants) avec 140 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique estimés pour les secteurs modélisés. Par polluant, les décès prématurés sont attribués aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (87 décès), aux concentrations d'O_3 annuel et estival (35 décès) et aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 (20 décès). Par secteur, l'industrie pétrolière et gazière domine la contribution aux décès prématurés (49 décès). Des décès prématurés sont également attribués au transport routier (31 décès) et à la production d'électricité à partir du charbon (14 décès).
- **Red Deer :** Il s'agit également d'une zone atmosphérique très peuplée dans la province (population en 2015 d'environ 0,7 M d'habitants). 84 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique ont été estimés pour l'ensemble des secteurs modélisés, principalement en raison des contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (51 décès), aux concentrations moyennes d'O_3 annuel et estival (18 décès) et aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 (12 décès). Comme pour les autres zones atmosphériques de l'Alberta, les impacts du secteur pétrolier et gazier sur la qualité de l'air contribuent au plus grand nombre de décès prématurés (32 décès). D'autres décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont attribués aux émissions du transport routier (16 décès) et aux émissions de centrales électriques au charbon (10 décès).
- **Peace :** Dans cette zone atmosphérique comparativement moins peuplée (population en 2015 d'environ 0,2 M d'habitants), les secteurs modélisés contribuent ensemble à un nombre estimé de 13 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique, principalement attribuables à l'industrie pétrolière et gazière en amont (7 décès).
- **Haut-Athabasca :** Les secteurs modélisés contribuent ensemble à environ 12 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique dans cette zone à faible population (population en 2015 d'environ 0,1 M d'habitants). Les décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont largement attribués à l'industrie pétrolière et gazière en amont (5 décès).
- **Bas-Athabasca :** On estime à environ 5 le nombre de décès prématurés liés à la pollution atmosphérique pour les secteurs modélisés de cette zone atmosphérique à faible population (population en 2015 d'environ 0,1 M d'habitants). Les décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont largement attribués à l'industrie pétrolière et gazière en amont (3 décès) et à la production d'électricité à partir du charbon (1 décès).

3.3.3.4 Saskatchewan

La plupart des zones atmosphériques de la Saskatchewan présentaient des estimations de 5 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique ou plus pour les secteurs modélisés : Great Plains, Yellowhead-Ouest, Nord-Est, Sud-Est, Prairies. Les résultats détaillées des impacts sanitaires par secteur sont présentés pour ces zones atmosphériques sous forme de tableau à l'annexe A (section A.2.3). L'autre zone atmosphérique de la Saskatchewan (Boréal), en grande partie rurale avec une population dispersée (< 0,05 M d'habitants), correspond à un nombre faible de mortalité prématurée due à la pollution atmosphérique.

En Saskatchewan, le nombre le plus élevé de décès liés à la pollution atmosphérique se trouve dans la zone atmosphérique des Grandes Plaines, comparativement plus peuplée (environ 38 décès pour les secteurs modélisés). À l'instar des tendances sectorielles de la province albertaine voisine, les trois secteurs

contribuant le plus à la mortalité liée à la pollution atmosphérique dans plusieurs zones atmosphériques étaient l'industrie pétrolière et gazière, la production d'électricité (au charbon) et le transport routier. Dans la plupart des zones atmosphériques, la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique attribuée au transport hors route et à l'équipement mobile était comparable aux décès dus au transport routier.

Les résultats clés qui suivent résument les polluants dominants et les secteurs modélisés les plus importants contribuant aux impacts sanitaires de la pollution atmosphérique dans chacune des zones atmosphériques, classées par ordre décroissant de mortalité prématurée totale. Ces résultats peuvent informer la gestion de la qualité de l'air dans les zones atmosphériques de la Saskatchewan :

- **Great Plains :** Il s'agit de la zone atmosphérique la plus peuplée de la Saskatchewan (population en 2015 d'environ 0,5 M d'habitants). Il est estimé que les secteurs modélisés contribuent ensemble à 38 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique. Par polluant, la majorité des décès prématurés sont attribués aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (23 décès) et aux concentrations moyennes d'O_3 annuel et estival (8 décès). Les secteurs qui contribuent le plus à la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique sont le pétrole et le gaz en amont (8 décès), la production d'électricité à partir du charbon (7 décès), le transport routier (7 décès) et l'équipement mobile non routier (6 décès).
- **Yellowhead-Ouest :** Il s'agit de la deuxième zone atmosphérique la plus peuplée de la Saskatchewan (population en 2015 d'environ 0,3 M d'habitants). 24 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont estimés pour les secteurs modélisés. Par polluant, la plupart de ces décès sont attribuables aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (14 décès) et aux concentrations moyennes d'O_3 annuel et estival (7 décès). Les secteurs plus importants sont le pétrole et le gaz en amont (7 décès), la production d'électricité à partir du charbon (4 décès), le transport routier (4 décès) et le transport non routier et l'équipement mobile (3 décès).
- **Nord-Est :** Il s'agit d'une zone atmosphérique de la Saskatchewan comparativement peu peuplée (population en 2015 d'environ 0,15 M d'habitants). 11 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont estimés pour les secteurs modélisés, principalement attribuables aux contributions des secteurs aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (8 décès). Les principaux secteurs dont les émissions contribuent à la mortalité liée à la pollution atmosphérique sont l'industrie pétrolière et gazière en amont (3 décès), la production d'électricité à partir du charbon (2 décès), le transport routier (2 décès) et le transport hors route et les activités liées à l'équipement mobile (2 décès).
- **Sud-Est :** Il s'agit également d'une zone atmosphérique comparativement peu peuplée (population en 2015 d'environ 0,1 M d'habitants) et 9 décès liés à la pollution atmosphérique sont estimés pour les secteurs modélisés, principalement attribuables aux contributions des secteurs aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (5 décès). Les principaux secteurs contribuant aux décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont l'exploitation pétrolière et gazière en amont (2 décès) et la production d'électricité à partir du charbon (2 décès); d'autres décès sont attribués aux secteurs des transports et à d'autres secteurs industriels.
- **Grasslands :** Les secteurs modélisés contribuent ensemble à environ huit décès liés à la pollution atmosphérique dans cette zone atmosphérique faiblement peuplée (pop. en 2015 : d'environ 0,1 M d'habitants). Ces décès sont attribués aux impacts sur la qualité de l'air des émissions provenant de

la production d'électricité à partir du charbon (deux décès) et du pétrole et du gaz en amont (deux décès), les autres décès étant attribués à la pollution atmosphérique provenant du transport routier, du transport hors route et de l'équipement mobile.

3.3.3.5 Manitoba

La province du Manitoba (pop. en 2015 : ~1,3 million de personnes) est représentée par une seule zone atmosphérique. 130 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont estimés pour l'ensemble des secteurs modélisés. Les résultats détaillées des impacts sanitaires par secteur sont présentés pour la zone atmosphérique du Manitoba sous forme de tableau à l'annexe A (section A.2.4).

Par polluant, la majorité des décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont attribués aux contributions sectorielles aux concentrations ambiantes moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (100 décès). Parmi les secteurs modélisés, le transport routier a contribué le plus à la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique (38 décès), suivi de l'industrie des minerais et des minéraux (18 décès), du transport hors route et de l'équipement mobile (17 décès) et de la combustion du bois de chauffage (17 décès). Une mortalité prématurée est aussi attribuable à d'autres industries, y compris 13 décès liés à l'industrie pétrolière et gazière en amont et 10 décès liés à la production d'électricité à partir du charbon.

3.3.3.6 Ontario

Cinq décès prématurés ou plus en lien avec la pollution atmosphérique des secteurs modélisés ont été estimés pour la plupart des zones atmosphériques de l'Ontario : le sud de l'Ontario, Hamilton, le nord de l'Ontario et Sudbury. Les résultats détaillés des impacts sanitaires par secteur sont présentés pour ces zones atmosphériques sous forme de tableau à l'annexe A (section A.2.5). Les autres zones atmosphériques de l'Ontario (Sarnia et Sault Ste. Marie) sont en grande partie rurales, ont une population dispersée ou les centres de population sont plus petits (< à 0,1 million d'habitants). Par conséquent, ces zones présentent des estimations plus faibles de la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique.

En Ontario, on a estimé le nombre le plus élevé de décès prématurés liés à la pollution atmosphérique dans la zone atmosphérique très peuplée Sud de l'Ontario (environ 2 200 décès pour tous les secteurs modélisés). Dans cette zone atmosphérique, les trois secteurs contribuant le plus à la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique sont la combustion du bois de chauffage, le transport routier et l'industrie des minerais et des minéraux. Ces trois mêmes secteurs dominent généralement les estimations de la mortalité liée à la pollution atmosphérique dans toutes les autres zones atmosphériques de l'Ontario, même lorsque le nombre total de décès est beaucoup plus faible.

Les résultats clés qui suivent résument les polluants dominants et les secteurs modélisés les plus importants contribuant aux impacts sanitaires de la pollution atmosphérique dans chacune des zones atmosphériques, classées par ordre décroissant de mortalité prématurée totale. Ces résultats peuvent informer la gestion de la qualité de l'air dans les zones atmosphériques de l'Ontario :

- **Sud de l'Ontario :** Il s'agit de la zone atmosphérique la plus densément peuplée de l'Ontario (pop. en 2015 : ~12,4 millions de personnes) et les secteurs modélisés contribuent ensemble à 2 200 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique. Par polluant, la majorité des décès sont attribués aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (1 800 décès) et aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 (260 décès). Par classe de secteur, la majorité des décès liés à la pollution atmosphérique sont attribués au transport (plus de 900 décès), suivis par l'industrie

(plus de 600 décès) et la combustion résidentielle (plus de 600 décès). Les secteurs qui contribuent le plus à la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique sont la combustion du bois de chauffage (510 décès), le transport routier (470 décès), l'industrie des minerais et des minéraux (400 décès) et le transport hors route et l'équipement mobile (370).

- **Hamilton :** Cette zone atmosphérique couvre une petite zone géographique densément peuplée (pop. en 2015 : ~0,5 million de personnes). Un total de 160 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique est estimé pour les secteurs modélisés. Par polluant, la majorité des décès sont attribuables aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (140 décès). Les secteurs qui contribuent à la majorité des cas de mortalité prématurée liés à la pollution atmosphérique sont l'industrie des minerais et des minéraux (56 décès), la combustion du bois de chauffage (36 décès) et le transport routier (27 décès).
- **Nord de l'Ontario :** Cette zone atmosphérique a une population modérée (pop. en 2015 : ~0,6 million de personnes) dispersée sur une grande étendue géographique. 26 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique ont été estimés pour les secteurs modélisés. Par polluant, ces décès sont largement attribuables aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (16 décès) et aux concentrations moyennes d'O_3 annuel et estival (6 décès). Par secteur, le plus grand nombre de décès prématurés liés à la pollution atmosphérique est attribué à l'industrie des minerais et des minéraux (8 décès), majoritairement aux émissions de l'affinage et de la fusion des métaux non ferreux (6 décès). D'autres décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont attribués au transport routier (4 décès) et à la combustion du bois de chauffage (4 décès).
- **Sudbury :** Il s'agit d'une zone atmosphérique de population relativement faible (pop. en 2015 : ~0,2 million de personnes) comptabilisant 19 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique pour les secteurs modélisés. La majorité de ces décès sont associés aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (15 décès). Les décès prématurés sont en grande partie attribuables à l'industrie des minerais et des minéraux (8 décès), plus précisément à l'affinage et à la fusion des métaux non ferreux (7 décès), puis au transport routier (3 décès) et à la combustion du bois de chauffage (3 décès).

3.3.3.7 Québec

Pour toutes les zones atmosphériques du Québec (Sud, Est et Nord), le nombre de décès prématurés liés à la pollution atmosphérique pour les secteurs modélisés est de cinq ou plus. Les résultats détaillés indiquant les impacts sanitaires par secteur pour les zones atmosphériques du Québec sont présentés sous forme de tableau à l'annexe A (section A.2.6).

Le plus grand nombre de décès liés aux secteurs modélisés ont été observés dans la zone atmosphérique très peuplée du Sud (environ 2 600 décès pour tous les secteurs modélisés). Dans cette zone atmosphérique, les trois secteurs contribuant le plus à la mortalité prématurée sont essentiellement les mêmes que les secteurs principaux en Ontario : la combustion du bois de chauffage (1 400 décès), le transport routier (400 décès) et l'industrie des minerais et des minéraux (350 décès).

Les résultats clés qui suivent résument les polluants dominants et les secteurs modélisés les plus importants contribuant aux impacts sanitaires de la pollution atmosphérique dans chacune des zones atmosphériques,

classées par ordre décroissant de mortalité prématurée totale. Ces résultats peuvent informer la gestion de la qualité de l'air dans les zones atmosphériques du Québec :

- **Sud :** Il s'agit de la zone atmosphérique la plus densément peuplée du Québec (pop. en 2015 : ~7,6 millions) et on estime à 2 600 le nombre total de décès prématurés liés à la pollution atmosphérique pour les secteurs modélisés. Par polluant, la majorité des décès prématurés sont attribuables aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (2 300 décès) ainsi qu'aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 (200 décès). La grande majorité des décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont attribués à la combustion du bois de chauffage (1 400 décès), suivie des aux sources mobiles, y compris 400 décès prématurés pour le transport routier, 200 décès prématurés pour le transport hors route et l'équipement mobile et 100 décès prématurés pour les modes maritime, ferroviaire et aérien combinés. Les émissions atmosphériques du secteur industriel contribuent également à une mortalité prématurée plus élevée dans cette zone atmosphérique, principalement en raison de l'industrie des minerais et des minéraux (350 décès).
- **Est :** Il s'agit d'une population comparativement faible (pop. en 2015 : ~0,25 million de personnes) et une zone atmosphérique largement rurale, où 21 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont estimés pour les secteurs modélisés. Par polluant, la majorité des décès prématurés estimés sont dus aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (15 décès). Les secteurs qui contribuent le plus aux décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont la combustion du bois de chauffage (6 décès), l'industrie des minerais et des minéraux (4 décès) et le transport routier (3 décès).
- **Nord :** Il s'agit également d'une population comparativement faible (pop. en 2015 : ~0,4 million de personnes) et une zone atmosphérique largement rurale, où 12 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont estimés pour les secteurs modélisés. Par polluant, la majorité des cas de décès prématurés estimés sont attribuables aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (7 décès). Les secteurs qui contribuent à la majorité de la mortalité estimée liée à la pollution atmosphérique dans cette zone sont l'industrie des minerais et des minéraux (5 décès) et la combustion du bois de chauffage (3 décès).

3.3.3.8 Nouveau-Brunswick

Pour toutes les zones atmosphériques du Nouveau-Brunswick (Centre, Sud et Nord), on a estimé à cinq ou plus le nombre de décès prématurés dus à la pollution atmosphérique pour les secteurs modélisés. Les résultats détaillés des impacts sanitaires par secteur sont présentés sous forme de tableau pour les zones atmosphériques du Nouveau-Brunswick à l'annexe A (section A.2.7).

Les cas de décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont moins nombreux au Nouveau-Brunswick que dans les provinces plus peuplées et présentent également une variabilité comparativement moindre dans les trois zones atmosphériques de la province (de 7 à 30 décès pour les secteurs modélisés). Les secteurs qui contribuent plus aux décès prématurés liés à la pollution atmosphérique dans les zones atmosphériques du Nouveau-Brunswick sont la combustion du bois de chauffage, l'industrie des minerais et des minéraux et le transport routier. Les autres secteurs modélisés qui contribuent à un ou deux décès par zone atmosphérique sont le transport maritime et la production d'électricité.

Les résultats clés qui suivent résument les polluants dominants et les secteurs modélisés les plus importants contribuant aux impacts sanitaires de la pollution atmosphérique dans chacune des zones atmosphériques, classées par ordre décroissant de mortalité prématurée totale. Ces résultats peuvent informer la gestion de la qualité de l'air dans les zones atmosphériques du Nouveau-Brunswick :

- **Centre :** Il s'agit de la zone atmosphérique la plus peuplée du Nouveau-Brunswick (pop. en 2015 : ~0,5 million de personnes) et un total de 31 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont estimés pour les secteurs modélisés. Par polluant, ces décès sont majoritairement attribuables à la contribution du secteur aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (21 décès), suivie de la contribution à l'O_3 (6 décès). La majorité des cas de décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont attribués à la combustion du bois de chauffage (9 décès), puis à l'industrie des minerais et des minéraux (6 décès) et au transport routier (4 décès). Les impacts sectoriels sur la qualité de l'air du transport maritime atteignent deux décès prématurés, plus que la majorité des autres secteurs dans cette zone atmosphérique.
- **Sud :** Il s'agit d'une zone atmosphérique à faible population (pop. en 2015 : ~0,2 millions de personnes). Les secteurs modélisés contribuent ensemble à 14 décès prématurés liés à la pollution atmosphérique, en grande partie attribuables à la contribution sectorielle aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (11 décès). Les secteurs modélisés contribuant plus à la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique sont l'industrie des minerais et des minéraux (5 décès) et la combustion du bois de chauffage (3 décès).
- **Nord :** Il s'agit également d'une zone atmosphérique à faible population et plus rurale (pop. en 2015 : ~0,1 millions de personnes). Les secteurs modélisés contribuent ensemble à une estimation de sept décès prématurés liés à la pollution atmosphérique, en grande partie attribuables aux impacts des secteurs sur les concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$. Les secteurs qui contribuent plus à la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique sont la combustion du bois de chauffage (2 décès) et l'industrie des minerais et minéraux (2 décès).

3.3.3.9 Nouvelle-Écosse

Pour toutes les zones atmosphériques de la Nouvelle-Écosse (Centre, Nord, Ouest et Est), on a estimé à cinq ou plus le nombre de décès prématurés dus à la pollution atmosphérique pour les secteurs modélisés. Les résultats détaillées des impacts sanitaires par secteur sont présentés sous forme de tableau pour les zones atmosphériques de la Nouvelle-Écosse à l'annexe A (section A.2.8).

Les décès prématurés liés à la pollution atmosphérique les plus importants se situent dans la zone atmosphérique du Centre (environ 22 décès pour l'ensemble des secteurs modélisés). Les trois secteurs les plus importants responsables de la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique dans la plupart des zones atmosphériques de la Nouvelle-Écosse sont la combustion du bois de chauffage, la production d'électricité et le transport maritime. La mortalité prématurée comparativement élevée du transport maritime concorde avec le trafic maritime élevé dans les ports actifs de l'Atlantique.

Les résultats clés qui suivent résument les polluants dominants et les secteurs modélisés les plus importants contribuant aux impacts sanitaires de la pollution atmosphérique dans chacune des zones atmosphériques, classées par ordre décroissant de mortalité prématurée totale. Ces résultats peuvent informer la gestion de la qualité de l'air dans les zones atmosphériques de la Nouvelle-Écosse :

- **Centrale :** Il s'agit de la zone atmosphérique la plus peuplée de la Nouvelle-Écosse (pop. en 2015 : ~0,5 million de personnes) et on estime à 23 le nombre total de cas de décès prématurés liés à la pollution atmosphérique pour les secteurs modélisés. Par polluant, la majorité de ces décès sont attribuables aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (14 décès) et aux concentrations d'O_3 annuel et estival (7 décès). Les secteurs modélisés contribuant le plus aux cas de décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont la combustion du bois de chauffage (6 décès) et la production d'électricité (4 décès, principalement liés aux centrales au charbon). Les impacts du secteur du transport maritime sur la qualité de l'air sont aussi comparativement plus élevée dans cette zone atmosphérique (4 décès). D'autres décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont attribués au transport routier (3 décès) et à l'industrie des minerais et des minéraux (3 décès).
- **Nord :** Les secteurs modélisés contribuent à 13 décès liés à la pollution atmosphérique dans cette zone atmosphérique comprenant une plus faible population (pop. en 2015 : ~0,2 million de personnes). Les décès se rattachent en grande partie aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (8 décès) et aux concentrations moyennes d'O_3 annuel et estival (4 décès). Les secteurs modélisés qui contribuent comparativement plus à la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique sont la combustion du bois de chauffage (3 décès) et la production d'électricité (3 décès, majoritairement les émissions des centrales au charbon).
- **Ouest :** Un total de 12 décès liés à la pollution atmosphérique a été estimé dans l'ensemble des secteurs modélisés au sein de cette zone atmosphérique faiblement peuplée (pop. en 2015 : ~0,2 million de personnes), principalement attribuables aux contributions du secteur aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (6 décès) et aux concentrations moyennes d'O_3 annuel et estival (4 décès) ». Les secteurs qui contribuent comparativement plus aux cas de mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique sont la combustion du bois de chauffage (3 décès), l'industrie des minerais et des minéraux (2 décès) et le transport maritime (2 décès).
- **Est :** Il s'agit de la zone atmosphérique la moins densément peuplée de la Nouvelle-Écosse (pop. en 2015 : ~0,1 million de personnes). Les secteurs modélisés contribuent à 12 cas de décès prématurés liés à la pollution atmosphérique, principalement attribuables aux concentrations de $PM_{2,5}$. Par secteur, la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique est attribuée à la production d'électricité (3 décès, majoritairement les émissions des centrales au charbon), à la combustion du bois de chauffage (3 décès) et au transport maritime (2 décès).

3.3.3.10 Île-du-Prince-Édouard

La petite province de l'Île-du-Prince-Édouard (pop. en 2015 : ~0,15 million de personnes) constitue une seule zone atmosphérique. Le nombre total de décès prématurés liés à la pollution atmosphérique pour l'ensemble des secteurs modélisés est estimé à 10. Des résultats détaillés des impacts sanitaires par secteur sont présentés pour la zone atmosphérique de l'Île-du-Prince-Édouard sous forme de tableau à l'annexe A (section A.2.9).

Par polluant, la majorité des décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont attribuables aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (6 décès). Par secteur, la

combustion du bois de chauffage (3 décès), le transport routier (2 décès) et la production d'électricité (2 décès) contribuent à la majorité des décès prématurés liés à la pollution atmosphérique.

3.3.3.11 Terre-Neuve-et-Labrador

La province de Terre-Neuve-et-Labrador est naturellement divisée en deux zones atmosphériques : Terre-Neuve (pop. en 2015 : ~0,5 million de personnes) et Labrador (pop. en 2015 : < à 0,05 million de personnes).

La majorité des décès prématurés liés à la pollution atmosphérique ont été estimés dans la zone atmosphérique de Terre-Neuve (environ 15 décès dans tous les secteurs modélisés), tandis que les impacts sont faibles dans la zone atmosphérique peu peuplée du Labrador. Des résultats détaillés des impacts sanitaires par secteur sont présentés pour la zone atmosphérique de Terre-Neuve sous forme de tableau à l'annexe A (section A.2.10).

Par polluant, les cas de décès prématurés sont principalement attribuables aux contributions des secteur aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (7 décès) et aux concentrations moyennes d'O_3 annuel et estival (4 décès). Les trois secteurs dominants contribuant environ de manière équivalente à la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique (3 décès par secteur) sont la combustion du bois de chauffage, le transport maritime et la production d'électricité (majoritairement les émissions des centrales au charbon).

4 Discussion

4.1 Polluants à l'origine de la mortalité et variations régionales

En général, pour tous les secteurs modélisés dans le cadre de cette évaluation, la majorité des cas de décès prématurés sont attribués aux effets du secteur sur les concentrations moyennes annuelles ambiantes de $PM_{2,5}$, puis aux effets sur les concentrations moyennes annuelles de NO_2 et sur les concentrations moyennes d'O_3 annuel et estival. Cependant, les polluants à l'origine des décès prématurés montrent des variations régionales, qui correspondent aux différences régionales des émissions modélisées et des effets sur la qualité de l'air. Les impacts sanitaires à l'échelle des provinces et des territoires sont présentés sous forme de tableau à l'annexe A.1.

Dans les provinces du Centre, les décès prématurés liés à la pollution atmosphérique ont été majoritairement attribués à l'influence des secteurs sur les concentrations ambiantes des $PM_{2,5}$ puis du NO_2. Les décès liés aux $PM_{2,5}$ étaient souvent environ dix fois plus nombreux que ceux liés aux NO_2, notamment au Québec, où ils étaient environ douze fois plus élevés. Dans les provinces occidentales de l'Alberta et de la Saskatchewan, les cas de décès associés aux $PM_{2,5}$ restent plus élevés que ceux causés par d'autres polluants modélisés. Par contre, les décès liés aux NO_2 contribuent à un pourcentage plus élevé du nombre total de décès que dans les provinces du Centre. Par ailleurs, une mortalité comparativement moindre est attribuée aux moyennes d'O_3 annuel et estival[20]. Dans les provinces de la région Atlantique, la plupart des décès liés à la pollution

[20] La mortalité négative associée à l'O_3 annuel et l'O_3 estival correspond à une différence négative entre la concentration ambiante modélisée de polluants pour le scénario de référence (tous les secteurs d'émissions) et le scénario sectoriel (émissions des secteurs fixées à zéro). La mesure d'O_3 annuel a plus de chance d'être négative, car elle coïncide en moyenne avec des réductions des périodes d'ensoleillement, de température et de

atmosphérique ont aussi été attribués à l'influence des secteurs sur les concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$, mais le deuxième rang se rattache à l'impact sur les concentrations moyennes d'O_3 annuel et estival. Ces impacts sanitaires sont cohérents avec les risques à la santé liés plus élevés des $PM_{2,5}$ comparativement aux autres polluants; cependant, les décès attribuables à l'exposition au NO_2 et à l'O_3 peuvent être plus élevés dans les régions où il existe des sources d'émission importantes ou nombreuses contribuant à la formation de ces polluants.

Par secteur, les polluants à l'origine des estimations de mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique reflètent généralement les profils d'émissions des polluants des secteurs. Les décès prématurés associés aux secteurs modélisés de la combustion résidentielle (combustion du bois de chauffage, utilisation résidentielle de combustibles) étaient essentiellement et entièrement attribuables aux contributions de ces secteurs aux concentrations ambiantes moyennes annuelles de $PM_{2,5}$. En ce qui concerne les cas de décès prématurés associés aux émissions du secteur des transports et de l'équipement mobile (c.-à-d. sur route, hors route, maritime, ferroviaire, aérien), la plupart de ces décès sont encore attribuables aux contributions de ces secteurs aux concentrations moyennes annuelles ambiantes de $PM_{2,5}$, mais une proportion importante est également allouée aux contributions du secteur aux concentrations moyennes annuelles de NO_2. En ce qui concerne les décès prématurés associés aux secteurs industriels, les contributions aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ demeurent prépondérantes, mais des variations plus importantes sont observées : les secteurs de l'industrie pétrolière et gazière en amont, de la production d'électricité et de la fabrication de pâtes et papiers contributions, via leurs influences sur les concentrations moyennes annuelles de NO_2 et d'O_3 annuel et estival, ont contribué à un nombre de décès prématurés.

4.2 Estimations modélisées de la mortalité par secteur à l'échelle nationale

Santé Canada a évalué les impacts sanitaires populationnels liés à la pollution atmosphérique supérieure à la concentration naturelle au Canada, y compris la pollution de l'air de sources anthropiques en Amérique du Nord, à 15 300 décès prématurés par année sur la base de données démographiques de 2016 et des concentrations de polluants atmosphériques de 2014 à 2017 (c.-à-d. NO_2, O_3 et $PM_{2,5}$). Les impacts sanitaires totaux de la pollution de l'air correspondent à un coût socioéconomique total de 120 milliards de dollars (CAD 2016). Cette évaluation a utilisé un cadre de modélisation de la qualité de l'air et des impacts sur la santé[21] qui concorde généralement aux méthodes de l'évaluation actuelle, permettant ainsi des comparaisons générales avec les estimations des impacts sanitaires par secteur et offrant une perspective plus globale des résultats.

Dans la présente analyse sectorielle de 2015, les trois secteurs contribuant le plus à la mortalité prématurée à l'échelle nationale sont la combustion du bois de chauffage (2 300 décès), le transport routier (1 200 décès) et l'industrie des minerais et minéraux (910 décès). Ainsi, en se basant sur une comparaison générale des

production d'O_3. Les impacts sur la santé de l'O_3 avec une valeur négative se produisent dans les zones où les émissions importantes de NO_x influencent la titration de l'O_3. Les valeurs négatives liées à l'O_3 doivent être prises en compte dans le contexte plus large des réductions d'émissions, car ils ne devraient pas persister avec les réductions d'émissions à grande échelle, telles que celles qui s'appliquent à l'échelle nationale.

[21] Modélisation de l'inventaire des émissions, modélisation de la qualité de l'air et évaluation des impacts sur la santé. Les méthodes de Santé Canada (2021) étaient très similaires à l'analyse actuelle quant à la modélisation et la répartition de l'inventaire des émissions, ainsi que la modélisation des impacts sur la santé. Les méthodes de modélisation de la qualité de l'air diffèrent davantage, Santé Canada (2021) se basant sur des surfaces d'exposition hybrides pour les $PM_{2,5}$, le NO_2 et l'O_3 à partir de données de surveillance, de modèles de transport chimique, de modèles de régression de l'utilisation des sols et de données satellitaires.

estimations de décès prématurés provenant des deux analyses, les résultats supposent que la combustion du bois de chauffage, le transport routier et l'activité liée à l'industrie des minerais et des minéraux contribuent à environ 15 %, 8 % et 6 %, respectivement, de l'ensemble des impacts de la pollution atmosphérique sur la santé au Canada. Ensemble, à l'échelle nationale, ces trois secteurs représenteraient environ 30 % du total estimé des cas de décès prématurés attribuables à la pollution atmosphérique au Canada.

4.3 Comparaison avec les évaluations sectorielles antérieures

Les résultats de chaque secteur individuel dans le cadre de cette évaluation multisectorielle des impacts se comparent bien à ceux d'évaluations sectorielles antérieures de Santé Canada. Parmi les évaluations des impacts sur la santé antérieures disponibles et pertinentes, celles retenues pour comparaisons comprennent les évaluations du risque pour la santé humaine des gaz d'échappement des véhicules et moteurs à essence (Santé Canada, 2017) et au diesel (Santé Canada, 2016). Ces deux évaluations (Santé Canada, 2017, 2016) ont examiné les impacts sanitaires de la pollution de l'air attribuable aux émissions des véhicules routiers et aux émissions des véhicules hors route et l'équipement mobile à moteur à essence ou diesel. Pour ces analyses, il était supposé que 97 % des véhicules légers routiers utilisaient de l'essence et 3 % du diesel, 68 % des véhicules lourds routiers utilisaient du diesel et 32 % de l'essence, et 87 % des moteurs hors route utilisaient de l'essence et 13 % du diesel.

Les évaluations antérieures de Santé Canada sur l'essence (2017) et le diesel (2016) ont utilisé un cadre de modélisation similaire[22] à la présente analyse et ont présenté des résultats pour l'année civile 2015. Conséquemment, des comparaisons avec les résultats du présent rapport pour les scénarios correspondants sont possibles, y compris tous les véhicules sur route, les véhicules légers routiers, les véhicules lourds routiers et tout les véhicules hors route et l'équipement mobile.

L'évaluation des véhicules à l'essence (Santé Canada, 2017) a permis d'estimer que l'exposition à la pollution atmosphérique provenant des véhicules routiers à essence contribuait à environ 650 décès prématurés au total pour la même série de polluants modélisés (c.-à-d. $PM_{2,5}$, NO_2, O_3, O_3 estival). Les décès prématurés sont attribués majoritairement à l'exposition chronique aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (480 décès), suivie par l'exposition aiguë aux concentrations de NO_2 (140 décès). L'évaluation du transport par des véhicules au diesel (Santé Canada, 2016) a montré que l'exposition à la pollution atmosphérique des véhicules routiers au diesel a contribué à environ 320 cas de décès prématurés au total pour les mêmes polluants modélisés, principalement en raison de contributions aux concentrations ambiantes annuelles moyennes de $PM_{2,5}$ (250 décès) et de NO_2 (150 décès)[23]. La somme des résultats des deux évaluations précédentes mène à un nombre total d'environ 970 décès prématurés liés aux émissions du transport routier

[22] Modélisation de l'inventaire des émissions, modélisation de la qualité de l'air et évaluation des impacts sur la santé. Les évaluations antérieures des impacts sur la santé des véhicules et moteurs à essence (Santé Canada, 2017) et au diesel (Santé Canada, 2016) ont utilisé des modèles d'inventaire des émissions analogues, mais non identiques (c.-à-d. le modèle MOBILE6.2c utilisé pour les émissions des véhicules légers, le modèle MOVES2010a pour les émissions des véhicules lourds, alors que l'analyse actuelle a utilisé MOVES pour les véhicules légers et les véhicules lourds), un modèle de répartition spatiale identique (c.-à-d. SMOKE) et un modèle d'évaluation des impacts sur la santé identique (c.-à-d. OEBQA), bien que la version diffère. Pour la modélisation de la qualité de l'air, un modèle de transport chimique antérieur à GEM-MACH (c.-à-d. le modèle AURAMS, *A Unified Regional Air-quality Modelling System*) a été utilisé. La résolution spatiale d'AURAMS est plus faible (22,5 km x 22,5 km pour la résolution horizontale de la grille) que le modèle GEM-MACH, plus récent, utilisé dans le présent rapport (grille de 10 km x 10 km).

[23] La somme pour les véhicules diesel routiers tient compte des décès évités grâce à la réduction de l'exposition à l'O_3.

(véhicules à essence et diesel confondus), attribuables principalement aux contributions de ces secteurs aux concentrations moyennes annuelles ambiantes de $PM_{2,5}$ (730 décès), suivies de contributions aux NO_2 (290 décès). L'évaluation actuelle estime à environ 1 200 le nombre de décès prématurés pour le secteur du transport routier (c.-à-d. tous les véhicules routiers à essence et diesel), dont 800 décès prématurés dus aux contributions du secteur aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ et 340 décès prématurés dus aux contributions aux concentrations de NO_2. Les estimations de la mortalité dans la présente évaluation se comparent bien (c.-à-d. même ordre de grandeur, différence d'environ 20 %) aux évaluations antérieures de Santé Canada pour le secteur clé du transport routier, malgré les différences méthodologiques notées précédemment.

Les estimations actuelles de la mortalité pour le secteur de le transport hors route et l'équipement mobile peuvent également être comparées aux évaluations antérieures (Santé Canada, 2017, 2016). Selon les estimations précédentes (Santé Canada, 2017), les émissions des moteurs à essence hors route contribueraient à environ 240 décès prématurés (somme des moyennes annuelles de $PM_{2,5}$, des moyennes annuelles de NO_2 et des moyennes d'O_3 annuel et estival), la majorité étant attribuée aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (~140 décès) suivis des concentrations moyennes annuelles de NO_2 (~20 décès). Les émissions des moteurs diesel hors route contribueraient à environ 390 décès prématurés (Santé Canada, 2016), la majorité étant de nouveau attribuée à l'exposition chronique aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (~210 décès) et à l'exposition aiguë aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 (~80 décès). La somme des deux évaluations précédentes porte à environ 630 le nombre de décès prématurés dus aux émissions de le transport hors route et l'équipement mobile (c.-à-d. tous les moteurs hors route à essence et diesel), dont principalement 350 décès prématurés liés aux contributions de ces secteurs aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ et 100 décès prématurés dus aux contributions aux concentrations moyennes annuelles de NO_2. L'évaluation actuelle a estimé à environ 760 le nombre de décès pour le secteur comparable de transport hors route et l'équipement mobile (c.-à-d. tous les véhicules hors route et l'équipement mobile alimentés à l'essence et au diesel), en lien principalement aux contributions de ce secteur aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (540 décès) et de NO_2 (100 décès). Encore une fois, ces estimations de la mortalité se comparent bien aux évaluations antérieures de Santé Canada. Les résultats sont du même ordre de grandeur et la différence entre les résultats de modélisation (~20 % de différence) est raisonnable compte tenu des différences méthodologiques soulignées précédemment.

Comme prévu, les tendances régionales relevées dans le présent rapport se comparent également bien aux évaluations mono-sectorielles antérieures (Santé Canada, 2017, 2016) : dans les deux séries de résultats, une mortalité prématurée plus élevée a été estimée pour les zones fortement peuplées et urbanisées, notamment la région métropolitaine de Vancouver, la Région du Grand Toronto et d'Hamilton et le Grand Montréal, ce qui correspond aux résultats des zones atmosphériques englobant ces régions dans la présente évaluation multisectorielle.

Une évaluation antérieure pertinente des impacts sur la santé a examiné les $PM_{2,5}$ liées aux feux de forêt au Canada à l'aide de deux modèles de qualité de l'air (GEM-MACH et FireWork) et l'OEBQA (Matz et coll., 2020) pour plusieurs années individuelles (c.-à-d. 2013, 2014, 2015, 2017, 2018). L'analyse a indiqué que les $PM_{2,5}$ induits par les feux de forêt contribuaient de 600 à 2 700 décès prématurés par an (exposition aiguë et chronique combinée). La grande variation entre les années reflète la gravité de la saison des feux de forêt et l'exposition de la population au cours d'une année donnée. L'analyse antérieure des incendies de forêt fournit une comparaison intéressante : pour certaines régions, les émissions liées à la combustion du bois de chauffage peuvent contribuer à un nombre de décès annuels similaire (2 300) à celui des émissions d'incendies de forêt au cours d'une année où les incendies de forêt affectent des zones peuplées

(2 700 modélisés pour 2017; Matz et coll., 2020). Cela correspond aux conclusions des récentes analyses d'impacts sanitaires qui ont modélisé à la fois la combustion du bois de chauffage et les incendies de forêt (Meng et coll., 2019; McDuffie et coll., 2021).

Une récente évaluation multisectorielle de la qualité de l'air réalisée par Meng et coll. (2019) fournit un ensemble de données de comparaison utile pour l'analyse des résultats de la présente évaluation. Bien que les auteurs n'aient pas effectué d'analyse complète des impacts sur la santé, ils ont modélisé de manière exhaustive toutes les émissions inventoriées par secteur au Canada et aux États-Unis afin de déterminer leurs effets sur l'exposition aux $PM_{2,5}$ à l'échelle nationale (c.-à-d. les concentrations de $PM_{2,5}$ pondérés par la population) et ont présenté les résultats par secteur pour le Canada et les États-Unis. Il existe plusieurs différences méthodologiques entre l'évaluation actuelle des impacts sanitaires et l'approche de Meng et coll. (2019), notamment une année de modélisation différente (2013 par rapport à 2015), un modèle de qualité de l'air différent (GEOS-Chem par rapport à GEM-MACH) et un ensemble de données d'inventaire des émissions différent (l'IEPA 2018 dans Meng et coll. par rapport à l'IEPA 2017). En outre, si la définition des secteurs de Meng et coll. est généralement comparable à celle de la présente analyse, des différences existent. Par exemple, le secteur du transport routier dans Meng et coll. (2019) comprend les émissions des poussières de route, tandis qu'elles sont exclues de la présente analyse. Malgré ces différences, leurs estimations de la concentration moyenne de $PM_{2,5}$ de référence, pondérée en fonction de la population canadienne, était de 5,5 µg/m^3 pour l'année 2013 (Meng et coll., 2019), se comparant très bien à la moyenne annuelle pondérée en fonction de la population de 5,3 µg/m^3 pour l'année 2015 modélisée dans la présente évaluation. Les auteurs ont également constaté que, pour la plupart des secteurs modélisés, la majorité de l'exposition aux $PM_{2,5}$ pondérées en fonction de la population provenaient de sources canadiennes par opposition aux émissions transfrontalières de sources américaines. Une exception concerne la production d'électricité, où la majorité des effets sur la qualité de l'air sont attribuables aux $PM_{2,5}$ d'origine transfrontalières provenant des nombreuses centrales électriques au charbon en activité aux États-Unis pendant l'année de simulation.

Les résultats de Meng et coll. (2019) indiquent que les émissions des feux de forêt ont contribué à 17 % de la moyenne nationale des $PM_{2,5}$ pondérées en fonction de la population, suivies par (en ordre décroissant) les émissions du transport (15 % au total : 9 % des émissions canadiennes et 6 % des émissions américaines), la combustion résidentielle (15 % au total : 10 % des émissions canadiennes et 5 % des émissions américaines), l'industrie (14 % au total : 10 % des émissions canadiennes et 4 % des émissions américaines), l'agriculture (10 % au total : 4 % des émissions canadiennes et 6 % des émissions américaines) et la production d'électricité (7 % au total : 1 % des émissions canadiennes et 6 % des émissions américaines). Ainsi, les trois secteurs canadiens les plus importants selon leur une incidence sur l'exposition aux $PM_{2,5}$ sont la combustion résidentielle, le transport et l'industrie (à l'exclusion des feux de forêt et de l'agriculture, qui n'ont pas été modélisés dans la présente évaluation). Ces résultats concordent avec les résultats de qualité de l'air de la présente évaluation multisectorielle des impacts sanitaires et reflètent donc aussi les trois secteurs qui contribuent le plus à la mortalité prématurée.

Les contributions des polluants atmosphériques provenant de sources d'émission canadiennes dans Meng et coll. (2019) sont comparables aux résultats de la présente évaluation quant aux contributions sectorielles aux concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$. Pour le transport routier et le transport hors route et l'équipement mobile, la présente évaluation a estimé que les émissions du secteur contribuaient à environ 12 % (0,62 µg/m^3) des concentrations de $PM_{2,5}$ pondérées en fonction de la population à l'échelle nationale. Ces résultats sont très proches de ceux estimés par Meng et coll. (c.-à-d. 9 % ou 0,50 µg/m^3 attribuables aux activités canadiennes de transport routier et le transport hors route et l'équipement mobile, y compris la poussière des routes). En ce qui concerne les émissions industrielles, cette évaluation a estimé que les

émissions combinées de l'industrie des minerais et des minéraux, du pétrole et du gaz, de la production d'électricité et de la fabrication (c.-à-d. les secteurs représentant la majorité des émissions industrielles de $PM_{2,5}$) ont contribué à environ 12 % des concentrations de $PM_{2,5}$ pondérées en fonction de la population à l'échelle nationale (0,66 µg/m^3). Ce résultat concorde étroitement avec les estimations de Meng et coll. attribuant 10 % ou 0,37 µg/m^3 des concentrations ambiantes de $PM_{2,5}$ aux émissions des installations industrielles canadiennes. Les résultats relatifs au secteur de la production d'électricité concordent également étroitement, la présente évaluation et Meng et coll. (2019) prévoyant tous deux qu'environ 1 % des concentrations de $PM_{2,5}$ pondérées en fonction de la population à l'échelle nationale provienne de cette source. Les résultats concordent aussi raisonnablement pour ce qui est de la combustion résidentielle, qui comprend la combustion du bois de chauffage et d'autres types de combustibles : environ 22 % des concentrations de $PM_{2,5}$ pondérés en fonction de la population à l'échelle nationale contre environ 15 % ou 0,8 µg/m^3 dans Meng et coll. (2019). Cette différence reflète les différences entre les études se rapportant aux années des inventaires d'émissions utilisées et à l'incertitude inhérente comparativement plus grande des données pour le secteur de la combustion résidentielle.

McDuffie et coll. (2021) ont réalisé une évaluation internationale multisectorielle des impacts sur la santé pour 204 pays, y compris le Canada. Leur analyse faisait état de contributions sectorielles, pour plusieurs combustibles, aux concentrations ambiantes de $PM_{2,5}$ pondérées en fonction de la population et à la mortalité prématurée attribuable aux $PM_{2,5}$. La méthodologie était globalement comparable à celles de l'étude actuelle, soit une approche de modélisation comprenant un inventaire des émissions, une modélisation de la qualité de l'air et une modélisation des impacts sur la santé en utilisant des fonctions concentration-réponse (FCR) propres à un effet à la santé, avec une méthode similaire de mise à zéro pour cibler les émissions de certains secteurs et leur contribution aux concentrations ambiantes de $PM_{2,5}$. Cependant, par rapport à l'évaluation multisectorielle du présent rapport, l'évaluation de McDuffie et coll. (2021) présentait plusieurs différences méthodologiques et de données précises découlant de la portée internationale de l'étude, notamment : des données d'inventaire d'émissions différentes (*Community Emissions Data System*), un modèle atmosphérique de transport chimique différent (GEOS-CHEM), une année de modélisation différente (2017), la sélection de valeurs de FCR différentes et certaines différences dans la catégorisation des secteurs (p. ex. les activités pétrolières et gazières en amont et en aval ont été incluses dans le secteur « énergie autre que le charbon »). En outre, pour tenir compte de la non-linéarité de la chimie atmosphérique et de l'application des FCR, McDuffie et coll. (2021) se sont fondés sur les résultats de la simulation du modèle pour calculer les contributions fractionnelles de chaque source dont la somme atteint 100 %. Ces fractions ont ensuite été appliquées aux estimations d'exposition aux $PM_{2,5}$ obtenues par satellite à haute résolution (1 km x 1 km) et aux décès totaux estimés imputables aux $PM_{2,5}$ afin de calculer la contribution absolue de chaque secteur à la masse des $PM_{2,5}$ et aux décès liés. Malgré les différences méthodologiques, il peut être utile de comparer l'ensemble des estimations indépendantes des impacts sur la qualité de l'air et sur la santé de McDuffie et coll. (2021) pour les secteurs du transport routier et de la combustion résidentielle de biocombustibles avec les résultats de la présente évaluation pour les secteurs canadiens analogues du transport routier et de la combustion du bois de chauffage.

Les estimations de la modélisation de la qualité de l'air de la contribution des différents secteurs de McDuffie et coll. (2021) sont cohérentes avec la présente analyse, malgré les différentes années de modélisation et les multiples différences méthodologiques. Pour les analogues du secteur des transports routiers et du secteur de la combustion du bois de chauffage, McDuffie et coll. (2021) ont estimé une contribution pondérée en fonction de la population de 7,6 % (0,54 µg/m^3) et de 14 % (1,02 µg/m^3) à la concentration ambiante moyenne annuelle de $PM_{2,5}$ au pays (2017). En comparaison, l'analyse multisectorielle de ce rapport a estimé que le secteur du transport routier a contribué à hauteur de 7 % (0,37 µg/m^3) et que la combustion du bois

de chauffage a contribué à hauteur de 21 % (0,97 µg/m^3) à la concentration ambiante moyenne annuelle pondérée en fonction de la population de $PM_{2,5}$ au pays (2015).

Les résultats de la modélisation des impacts sur la santé (c.-à-d. la contribution des secteurs à la mortalité prématurée associée aux $PM_{2,5}$) diffèrent plus fortement entre les deux analyses de manière absolue, mais sont cohérents entre eux sur une base relative. Les estimations de mortalité de McDuffie et coll. (2021) sont inférieures à celles du présent rapport (p. ex. tous les transports routiers, 280 décès contre 800 dans la présente analyse; la combustion du bois de chauffage, 516 décès contre 2 300 dans la présente analyse). Ces différences dans les estimations de la mortalité reflètent probablement les différences dans les valeurs des FCR ou les données de référence sur la mortalité utilisées dans chaque analyse, ainsi que les différences méthodologiques notées antérieurement dans la modélisation des impacts sur la santé (c.-à-d. que McDuffie et coll., 2021 ont utilisé des contributions de sources fractionnées et des degrés d'exposition au risque minimum théorique qui diffèrent des contributions de la pollution atmosphérique ambiante). Cependant, parmi les secteurs modélisés communs aux deux évaluations sectorielles, les trois secteurs contribuant le plus à la mortalité prématurée liée aux $PM_{2,5}$ au Canada selon McDuffie et coll. (2021) sont la combustion de biocombustibles en milieu résidentiel, l'industrie autre que le charbon et le transport routier. Ces résultats se comparent bien au classement relatif de la présente évaluation multisectorielle pour les secteurs analogues : la combustion du bois de chauffage, suivi de la somme des secteurs des minerais et de l'industrie des minéraux et de la fabrication (comprenant une grande partie du secteur industriel « autre que le charbon » de McDuffie et coll. 2021), suivi de tous les transports routiers.

4.4 Considérations méthodologiques

Cette évaluation des impacts sanitaires a utilisé un cadre de modélisation éprouvé comprenant l'inventaire des émissions, la modélisation des effets sur la qualité de l'air et la modélisation des impacts sanitaires et socio-économiques. Des efforts ont été faits pour utiliser les meilleures données disponibles comme intrants dans chacun des modèles (p. ex. les émissions déclarées par les installations industrielles, la caractérisation des émissions, de l'activité et du parc de véhicules du secteur des transports, les estimations des émissions du secteur de la combustion résidentielle, les données météorologiques et les fonctions concentration-réponse) et pour formuler des hypothèses appropriées tout au long du processus.

Malgré ces efforts, des limites et des incertitudes sont inhérentes à chacune des étapes de la modélisation et influencent de manière cumulative les résultats de l'évaluation des émissions, de la qualité de l'air et des impacts sanitaires. Bien que l'incertitude ne puisse pas être facilement quantifiée pour cette analyse, un résumé qualitatif de l'incertitude pour chaque étape de l'évaluation des impacts sanitaires (inventaire des émissions, modélisation de la qualité de l'air et modélisation des impacts sanitaires) est présenté ci-dessous. Pour chaque étape de la modélisation, la gamme des incertitudes répertoriées est résumée en fonction de leur influence potentielle globale sur les estimations des impacts sanitaires . Ces estimations qualitatives de l'incertitude fournissent la direction probable de l'influence et, lorsque possible, l'ampleur probable de l'influence. Étant donné que l'un des principaux points forts de cette évaluation des impacts sanitaires est le soutien méthodologique apporté aux comparaisons entre secteurs et entre les différentes échelles spatiales, les différences éventuelles d'incertitude entre secteurs ou régions géographiques sont aussi prises en compte.

Cette approche est largement fondée sur le cadre d'incertitude de l'OMS (OMS, 2008) et sur l'approche d'évaluation qualitative de l'incertitude de l'US EPA décrite dans l'évaluation de la norme nationale de qualité de l'air ambiant pour les particules (US EPA, 2012).

4.4.1 Modélisation de l'inventaire des émissions

La modélisation de l'inventaire des émissions est la première étape du cadre de modélisation (voir la section 2.1). Il s'agit de préparer un inventaire annuel des émissions par secteur et par polluant, puis de faire une répartition géographique des émissions de toutes les sources sur une grille nationale (c.-à-d. au moyen du modèle SMOKE de l'US EPA). Les inventaires d'émissions sont dynamiques : de nouvelles versions sont régulièrement élaborées pour soutenir des activités allant de la prise de décision à l'élaboration de politiques ainsi que des analyses de modélisation de la qualité de l'air visant un degré adéquat de précision, de résolution spatiale et de représentativité temporelle (Zhang et coll. 2018). Pour tous les secteurs, à l'exception de la combustion du bois de chauffage, ECCC a utilisé l'IEPA de l'année 2015; pour la combustion du bois de chauffage, un inventaire estimé plus représentatif par ECCC datant de 2010 a été utilisé.

Des incertitudes peuvent s'accumuler en raison de l'incertitude des méthodes utilisées pour obtenir les données d'émissions. Par exemple, pour les secteurs modélisés du transport (p. ex. routier, hors route, aérien, maritime, ferroviaire), la base de données de l'IEPA reposent sur des données modélisées (c.-à-d. des données d'activité et des facteurs d'émission propres à la source) et les incertitudes peuvent porter sur les données de composition du parc automobile, sur les données d'activité des véhicules et sur les facteurs d'émission choisis. Pour les secteurs industriels, la base de données de l'IEPA repose sur les données déclarées par les installations (c.-à-d. les données sur les rejets de polluants requises pour la déclaration à l'Inventaire national des rejets de polluants), qui peuvent présenter des incertitudes quant aux données sur les activités déclarées et à la représentativité des facteurs d'émission pour les procédés industriels d'une installation donnée. Les données sur les émissions des secteurs de la combustion résidentielle peuvent présenter un degré d'incertitude plus élevé en raison de la nature disparate de ces sources d'émissions et de l'incertitude quant à l'applicabilité générale des facteurs d'émission aux différents types de combustibles et aux conditions de combustion.

Outre les incertitudes liées à l'ampleur des émissions, une incertitude supplémentaire peut être induite lors de la répartition temporelle et spatiale de la base de données des émissions sur la grille nationale (c.-à-d. au moyen du modèle SMOKE de l'US EPA). La distribution des émissions nationales sur une grille dépend de substituts spatiaux (p. ex. les routes ou la population) qui sont nécessairement des simplifications. Ainsi, la précision de la distribution peut être incertaine et ne pas concorder avec la répartition spatiale réelle des émissions.

Comme souligné précédemment, l'incertitude (surestimation ou sous-estimation) associée au secteur de la combustion du bois de chauffage est probablement plus grande que pour les autres secteurs modélisés en raison des difficultés inhérentes à l'élaboration d'un ensemble de données sur les émissions suffisamment cohérent pour permettre une répartition spatiale et temporelle représentative. De nombreux facteurs liés à la combustion peuvent influer sur le profil des émissions (c.-à-d. la présence et la quantité de composés chimiques) pour la combustion du bois de chauffage; les exemples comprennent le type de bois de chauffage, le type d'appareil de combustion, la teneur en humidité du bois et l'air d'appoint alimentant la combustion. De plus, il est difficile d'obtenir des données précises sur cette activité intermittente et polyvalente (p. ex. l'utilisation du chauffage au bois est très variable et peut servir de source de chauffage principale, de source de chauffage d'appoint ou à des fins esthétiques).

Dans l'ensemble, l'incertitude accumulée quant aux données de l'inventaire des émissions ou de leur répartition spatiale pourrait entraîner une surestimation ou une sous-estimation des émissions de polluants atmosphériques provenant des différents secteurs. L'orientation et l'ampleur du biais d'incertitude dans les

estimations de l'inventaire des émissions et leur influence ultérieure sur l'incertitude globale des résultats des impacts sanitaires ne peuvent être estimées.

Les données de l'inventaire des émissions ont également fait l'objet d'un examen de 2015 à 2020 (ECCC, 2022) et sont présentées sous forme de tableau dans la documentation complémentaire (disponible sur demande). L'examen a montré des tendances stables à l'échelle nationale pour la majorité des secteurs modélisés. Cela indique que les impacts des secteurs sur la qualité de l'air et sur la santé, ainsi que le classement comparatif des secteurs présentés dans ce rapport, sont également susceptibles d'être demeurés stables pendant cette période à l'échelle nationale et provinciale et pour la majorité des zones atmosphériques.

4.4.2 Modélisation des effets sur la qualité de l'air

La modélisation de la qualité de l'air est la deuxième étape du cadre de modélisation (voir la section 2.1). Elle consiste à utiliser le *Modèle global environnemental multi-échelle – Modélisation de la qualité de l'air et de la chimie de l'atmosphère* (GEM-MACH), qui combine les données de surface des émissions réparties dans l'espace à l'échelle du Canada avec des données météorologiques et certains algorithmes pour simuler la diffusion, le transport et la transformation chimique des polluants gazeux et particulaires dans l'atmosphère et ainsi prévoir les concentrations atmosphériques sur une grille continentale.

Les incertitudes peuvent s'accumuler en raison du choix de l'échelle géographique et de la résolution de la grille, des réactions chimiques atmosphériques et des comportements de transport, ainsi que du choix des moyennes temporelles pour les polluants modélisés. Il existe également une incertitude inhérente à l'approche de modélisation de remise à zéro utilisée dans cette évaluation en vue d'estimer les effets sur la qualité de l'air pour chaque secteur modélisé et les réactions chimiques atmosphériques non linéaires (Meng et coll., 2019). Une autre incertitude est inhérente à l'interpolation entre les cellules de la grille du modèle et les unités géographiques plus grandes des divisions de recensement.

La performance du modèle GEM-MACH a été évaluée précédemment et s'est révélée généralement comparable ou meilleur que celle d'autres modèles de transport chimique (Makar et coll., 2014a, 2014b; Whaley et coll., 2018). Afin d'accroître la confiance dans les résultats déclarés, la combinaison particulière de l'inventaire des émissions, des substituts spatiaux et de la version du modèle GEM-MACH utilisée dans la présente analyse a été évaluée à l'aide d'une analyse de performance du modèle. Cette analyse a comparé les résultats modélisés des surfaces de concentrations atmosphériques du scénario de référence de 2015 (c.-à-d. toutes les émissions de secteur incluses) pour le NO_2, l'O_3 et les $PM_{2,5}$ avec les concentrations ambiantes réelles de polluants mesurées aux stations de surveillance des sites centraux à l'échelle du Canada en 2017 (l'année 2017 a été choisie pour correspondre aux données météorologiques). Les résultats de l'analyse permettent de constater une bonne concordance entre les concentrations ambiantes modélisées et observées pour les trois polluants à l'origine des impacts sanitaires estimés dans le présent rapport (NO_2, O_3 et $PM_{2,5}$).

4.4.3 Modélisation des impacts sur la santé

La modélisation des impacts sanitaires et de la valeur socioéconomique constitue la dernière étape du cadre de modélisation (voir la section 2.1). Elle consiste à utiliser l'Outil d'évaluation des bénéfices pour la qualité de l'air (OEBQA) de Santé Canada, qui, dans cette analyse, combine les contributions des secteurs aux concentrations moyennes de polluants pondérées en fonction de la population obtenues à partir de la modélisation de la qualité de l'air avec des fonctions concentration-réponse (FCR) propres aux polluants,

pour plusieurs effets de mortalité et de morbidité. La modélisation a permis d'estimer des impacts sanitaires à la population ainsi que la valeur socioéconomique correspondante aux échelles nationale et régionales (c.-à-d. province, territoire, zone atmosphérique) examinées dans cette évaluation. La présente analyse a porté sur plusieurs polluants associés à des effets nocifs à la santé : moyenne annuelle des $PM_{2,5}$, moyenne annuelle du NO_2 et moyenne l'O_3 annuel et estival.

Les incertitudes dans la modélisation des impacts sanitaires peuvent s'accumuler en fonction du choix des FCR et des limites de la résolution géographique des estimations de l'exposition dans les études épidémiologiques sur lesquelles sont basées les FCR. Cependant, la confiance à l'égard des FCR sélectionnées pour cette évaluation canadienne est élevée et l'estimation basée sur la méthode de Monte-Carlo a également été utilisée pour refléter la distribution de chaque FCR. Cependant, en raison des limites des données et des lacunes dans les connaissances, il n'est pas possible pour le moment de quantifier tous les effets à la santé associés à l'exposition aux $PM_{2,5}$, au NO_2 et à l'O_3 troposphérique. Par ailleurs, il existe d'autres contaminants atmosphériques qui contribuent aux effets à la santé de la pollution atmosphérique et qui dépassent le cadre de la présente évaluation. Ainsi, les estimations quantitatives des impacts sanitaires de la population fournies dans ce rapport devraient sous-estimer les impacts totaux de l'exposition à la pollution atmosphérique au Canada.

Les résultats du modèle de l'OEBQA présentés dans cette analyse sont considérés comme des représentations valides d'impacts régionaux et populationnels (c.-à-d. les résultats générés pour les divisions de recensement et dont la moyenne est établie pour des domaines géographiques plus vastes comme les zones atmosphériques, les provinces et territoires et le pays entier). Cependant, les impacts populationnels régionaux quantifiés dans cette analyse ne peuvent être interprétés comme une évaluation des risques locaux pour les collectivités situées directement à proximité de sources d'émissions, par exemple en bordure des routes achalandées ou près d'installations industrielles.

5 Conclusions

Cette analyse a permis d'estimer les impacts sanitaires et la valeur socioéconomique associés à l'exposition de la population aux émissions de polluants atmosphériques provenant de plusieurs secteurs d'activités canadiens et à plusieurs échelles géographiques (c.-à-d. nationale, provinciale, territoriale et zone atmosphérique). Au total, 21 secteurs principaux du transport et de l'équipement mobile, de l'industrie et du milieu résidentiel ont été évalués.

À l'échelle nationale, les secteurs modélisés ayant le plus contribué aux décès prématurés en 2015 sont la combustion du bois de chauffage (2 300 décès), le transport routier (1 200 décès) et l'industrie des minerais et des minéraux (910 décès). Le coût attribué à l'ensemble des impacts sanitaires (c.-à-d. la somme des effets mortels et non mortels) pour ces trois secteurs atteint 18 milliards de dollars pour la combustion du bois de chauffage, 9,5 milliards de dollars pour le transport routier et 7,2 milliards de dollars pour l'industrie des minerais et des minéraux (CAD 2015).

À titre de contexte, Santé Canada a évalué les impacts sanitaires populationnels liés à la pollution atmosphérique supérieure à la concentration naturelle au Canada, y compris la pollution de l'air de sources anthropiques en Amérique du Nord, à 15 300 décès prématurés par année sur la base de données démographiques de 2016 et des concentrations de polluants atmosphériques de 2014 à 2017 (c.-à-d. NO_2, O_3 and $PM_{2,5}$). Bien que ces analyses aient utilisé des approches différentes, une comparaison générale des

résultats permet de contextualiser les impacts sanitaires sectoriels rapportés dans le présent rapport. Notre analyse sectorielle des impacts sanitaires visait 21 secteurs canadiens. Au total, ces secteurs contribuent annuellement à près de 6 900 décès prématurés (en 2015). Ceci correspond à environ 45 % de la mortalité prématurée totale attribuable à la pollution de l'air au Canada estimée à 15 300 décès prématurés (Santé Canada, 2021). Selon la présente analyse, la combustion du bois de chauffage, le transport routier et l'activité industrielle des minerais et des minéraux sont les secteurs qui contribuent le plus aux impacts sanitaires, correspondant respectivement à 15 %, 8 % et 7 %, approximativement, des impacts sanitaires annuels de la pollution de l'air au Canada. Ensemble, on estime que ces trois secteurs représentent environ 30 % des décès prématurés attribuables à la pollution atmosphérique au Canada en 2015. D'autres secteurs non évalués dans cette analyse devraient également contribuer au nombre total de décès liés à la pollution atmosphérique au Canada (p. ex. l'agriculture, l'incinération et les déchets, les poussières, les feux de forêt, les sources commerciales et institutionnelles), en plus des émissions des feux de forêt et de la pollution atmosphérique transfrontalière.

À l'échelle nationale, tous secteurs et polluants modélisés confondus, la majorité des décès prématurés liés à la pollution atmosphérique étaient associés aux concentrations ambiantes moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (5 900 décès), suivies des concentrations moyennes annuelles de NO_2 (670 décès), des concentrations moyennes d'O_3 estival (270 décès) et des concentrations moyennes d'O_3 annuel (100 décès). Les polluants à l'origine des estimations de la mortalité varient selon les secteurs, reflétant généralement le profil d'activité et d'émissions de chaque secteur. Pour les secteurs de la combustion résidentielle (combustion du bois de chauffage, utilisation résidentielle de combustibles), les décès sont principalement attribuables aux contributions du secteur aux moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ (c.-à-d. aux rejets de $PM_{2,5}$ primaires et aux précurseurs de $PM_{2,5}$ secondaires). Pour les secteurs du transport et de l'équipement mobile (routier, hors route, maritime, ferroviaire et aérien), la plupart des impacts sanitaires sont aussi attribuables aux contributions du secteur aux concentrations moyennes annuelles ambiantes de $PM_{2,5}$ ainsi qu'aux contributions du secteur aux concentrations moyennes annuelles de NO_2. Pour les secteurs industriels (pétrole et gaz en amont, production d'électricité et fabrication de pâtes et papiers), la majorité de la mortalité prématurée a été attribuée aux contributions du secteur aux $PM_{2,5}$ moyennes annuelles, mais un nombre de décès prématurés sont également attribuables aux contributions du secteur aux concentrations moyennes annuelles de NO_2 et aux concentrations moyennes d'O_3 annuel ou estival.

À l'échelle provinciale et territoriale, les décès prématurés liés à la pollution atmosphérique sont plus élevés dans les provinces centrales très peuplées du Québec et de l'Ontario, suivies des provinces de l'Ouest. Un nombre comparativement plus faible de décès a été estimé dans les provinces de l'Atlantique et aucun n'a été estimé dans les territoires septentrionaux.

Les trois secteurs évalués contribuant le plus à la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique à l'échelle nationale (c.-à-d. la combustion du bois de chauffage, le transport routier, l'industrie des minerais et des minéraux) étaient responsables d'impacts considérables dans la plupart des provinces. D'autres secteurs montraient une variation régionale des impacts, se classant parmi les trois secteurs principaux dans une ou quelques provinces seulement. Ces secteurs plus régionaux comprenaient : l'industrie pétrolière et gazière en Alberta et en Saskatchewan; la production d'électricité à partir du charbon en Alberta, en Saskatchewan et dans plusieurs provinces de l'Atlantique; le transport hors route et l'équipement mobile en Colombie-Britannique et au Manitoba; et le transport maritime en Nouvelle-Écosse et à Terre-Neuve-et-Labrador.

Les secteurs qui dominent les impacts sanitaires liés à la pollution atmosphérique à l'échelle nationale ou provinciale et territoriale peuvent différer à l'échelle plus petite des zones atmosphériques, reflétant la

variabilité des caractéristiques de ces zones (p. ex. la densité de population, le degré d'urbanisation, l'industrie locale) ainsi que l'influence potentielle d'émissions provenant de sources dans les zones atmosphériques voisines. En général, le transport routier et le chauffage au bois à domicile sont les secteurs contribuant le plus à la mortalité liée à la pollution atmosphérique dans la plupart des zones atmosphériques; toutefois, les zones atmosphériques de la Saskatchewan et de l'Alberta font exception avec des impacts sanitaires moindres liés à la combustion résidentielle de bois. Quant aux secteurs industriels, les impacts sanitaires présentent des tendances régionales marquées, reflétant la présence et la concentration d'industries dans chaque zone atmosphérique : l'industrie pétrolière et gazière contribue à un nombre élevé de décès prématurés dans toutes les zones atmosphériques de l'Alberta et de la Saskatchewan; la production d'électricité à partir du charbon contribue à un nombre élevé de mortalité en Alberta, en Saskatchewan et dans la plupart des zones atmosphériques des provinces de l'Atlantique; l'industrie des minerais et des minéraux contribue à un nombre élevé de mortalité dans presque toutes les zones atmosphériques du Manitoba, de l'Ontario, du Québec, du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse.

Les résultats sectoriels de la présente évaluation multisectorielle des impacts sur la santé se comparent bien aux résultats d'évaluations sectorielles antérieures réalisées par Santé Canada, portant sur les émissions des moteurs et véhicules à essence (Santé Canada, 2017) et au diesel (Santé Canada, 2016). La comparaison avec une évaluation antérieure des impacts sanitaires des $PM_{2,5}$ produites par les feux de forêt au Canada (Matz *et coll.*, 2020) indique que, pour certaines régions, les émissions liées à la combustion du bois de chauffage peuvent contribuer à un nombre de décès semblable aux émissions des feux de forêt lors d'une saison intensive de feux de forêt. Les estimations des impacts sur la qualité de l'air et sur la santé des secteurs les plus importants (p. ex. la combustion du bois de chauffage, le transport routier) concordent également avec les résultats d'évaluations multisectorielles présentés dans des publications scientifiques antérieures (Meng *et coll.*, 2019; McDuffie *et coll.*, 2021), malgré des différences dans la modélisation et les données. L'examen des données d'inventaire des émissions de 2015 à 2020 montre une certaine constance à l'échelle nationale pour la majorité des secteurs modélisés. Cette constance suppose que les impacts sectoriels sur la qualité de l'air et sur la santé, ainsi que le classement relatif des secteurs analysés dans ce rapport, sont possiblement demeurés les mêmes pendant cette période à l'échelle nationale et provinciale et pour la majorité des zones atmosphériques.

Bien que nous ayons tenté d'utiliser les meilleurs outils et données de modélisation de la qualité de l'air et de la santé disponibles pour le Canada dans l'évaluation sanitaire actuelle, il y a des limites et des incertitudes. L'incertitude provient de diverses sources, notamment : la disponibilité et la qualité des données de l'inventaire canadien des émissions; les algorithmes représentant le transport et la transformation atmosphériques; et les données sanitaires pour appuyer la sélection et l'utilisation de FCR pertinentes et les incidence de référence pour la population canadienne. De plus, les impacts de la pollution atmosphérique sur la santé présentés dans ce rapport sont fondés uniquement sur l'exposition aux concentrations ambiantes de $PM_{2,5}$, de NO_2 et d'O_3. Cette sélection de polluants découle des preuves épidémiologiques solides de leurs impacts nocifs à la santé et de notre capacité à estimer la répartition spatiale de leurs concentrations ambiantes avec précision pour l'ensemble du Canada. Cependant, en raison de données limitées et de lacunes dans les connaissances, il n'est pas possible actuellement de quantifier tous les effets à la santé associés à une exposition aux $PM_{2,5}$, au NO_2 et à l' O_3 dans l'OEBQA. En outre, il y a d'autres contaminants atmosphériques qui contribuent aux impacts sanitaires de la pollution atmosphérique et qui dépassent le cadre de cette analyse. Par conséquent, les estimations quantitatives des impacts sur la santé de la population fournies dans ce rapport sous-estiment possiblement l'impact total de l'exposition à la pollution atmosphérique au Canada. De plus, l'analyse présente une évaluation régionale du fardeau sanitaire, plutôt qu'une évaluation des risques locaux pour les collectivités directement à proximité de sources d'émissions, comme les endroits près de routes très fréquentées et ceux situés près d'installations industrielles.

Cette évaluation des impacts sanitaires a clairement déterminé les secteurs ayant le plus d'impact sur la qualité de l'air et la santé à l'échelle nationale, provinciale et territoriale et des zones atmosphériques. À ce titre, la présente analyse contribue à notre compréhension des risques pour la santé associés à l'exposition aux émissions des transports et de l'équipement mobile, de l'industrie et du milieu résidentiel au Canada. Les résultats de la présente analyse du fardeau sanitaire de la population devrait informer les intervenants provinciaux, territoriaux et régionaux, y compris les gestionnaires des zones atmosphériques, et appuyer l'élaboration de stratégies efficientes et efficaces de gestion de la qualité de l'air.

6 Références

Anastasopolos AT, Sofowote YM, Hopke PK, Rouleau M, Shin T, Dheri A, Peng H, Kulka R, Gibson MD, Farah P-M, Sundar N (2021). Air quality in Canadian port cities after regulation of low-sulphur marine fuel in the North American Emissions Control Area. Science of the Total Environment 791: 147949. doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147949

Burnett R, Chen H, Szyszkowicz M et coll. (2018). Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. Proceedings of the National Academy of Sciences 115 (38): 9592–9597. doi: https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1803222115

[CCME] Le Conseil canadien des ministres de l'environnement (2021). Rapport sur la qualité de l'air au Canada – Le Système de gestion de la qualité de l'air- Gestion des zones atmosphériques. Disponible en ligne : https://ccme.ca/fr/qualite-de-lair; Consulté en fév. 2022.

CCME (2019). Guide de gestion pour les zones atmosphériques de gestions. PN 1594/ISBN 978-1-77202-051-9 PDF. 20 p. Disponible en ligne : https://ccme.ca/fr/res/guidancedocumentonairzonemanagement_fr_secured.pdf

CCME (2012). Le Système de gestion de la qualité de l'air – Rôles et responsabilités des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux. Disponible en ligne : https://ccme.ca/fr/res/sgqa_roles_et_resp_f.pdf

Chestnut LG, De Civita P (2009). Economic valuation of mortality risk reduction: review and recommendations for policy and regulatory analysis. Préparé pour Projet de recherche sur les politiques du gouvernement du Canada. Projet du PRP – Stratégie réglementaire.

[CMA] Canadian Medical Association (2008). No Breathing Room: National Illness Cost of Air Pollution Summary Report. Ottawa: CMA. Disponible en ligne : https://www.cvrd.ca/DocumentCenter/View/64908/No_Breathing_Room

Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, Anderson HR, Frostad J, Estep K, Feigin V et coll. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. The Lancet 389(10082): 1907–1918. doi: 10.1016/S0140-6736(17)30505-6

Crouse DL, Peters PA, van Donkelaar A, Goldberg MS, Villeneuve PJ, Brion O, Khan S, Atari DO, Jerrett M, Pope III CA, Brauer M, Brook JR, Martin RV, Stieb D, Burnett RT (2012). Risk of nonaccidental and cardiovascular mortality in relation to long-term exposure to low concentrations of fine particulate matter: a Canadian national-level cohort study. Environ Health Perspect 120(5): 708–714. doi: https://ehp.niehs.nih.gov/doi/10.1289/ehp.1104049

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada (2022). Rapport d'inventaire des émissions de polluants atmosphériques du Canada, 1990–2020. Nº de catalogue : En81-30F-PDF. ISSN : 2562-4911. 109 p. Disponible en ligne : https://publications.gc.ca/site/fra/9.869737/publication.html

ECCC (2020). Émissions de polluants atmosphériques – Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement. Nº de catalogue : En4-144/22-2020F-PDF. Disponible en ligne : https://publications.gc.ca/collections/collection_2021/eccc/en4-144/En4-144-22-2020-fra.pdf

ECCC (2015). Aperçu des données déclarées et révisées - Inventaire national des rejets de polluants (INRP) 2014. Nº de catalogue : En81-24-F-PDF. Disponible en ligne : http://publications.gc.ca/collections/collection_2016/eccc/En81-24-2015-fra.pdf.

[GBD] Global Burden of Diseases Risk Factor Collaborators (2019). Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019, The Lancet, 396, 1223-1249. Disponible en ligne : https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)30752-2/fulltext

[IHME and HEI] Institute for Health Metrics and Evaluation and Health Effects Institute (2019). State of Global Air/2019. Institute for Health Metrics and Evaluation, and Health Effects Institute. Disponible en ligne : www.stateofglobalair.org/

IHME and HEI (2018). State of Global Air/2018. Institute for Health Metrics and Evaluation, and Health Effects Institute. Disponible en ligne : www.stateofglobalair.org/

Judek S, Stieb D, Xi G, Jovic B, Edwards B (2019). Air Quality Benefits Assessment Tool (AQBAT) – User Guide – Version 3. Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des milieux, Santé Canada. 205 p.

Liu C, Chen R, Gasparrini A, et coll. (2019). Ambient particulate air pollution and daily mortality in 652 cities. New Engl J Medicine 381(8): 705–715. doi: https://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa1817364

Makar P, Akingunola A, Aherne J, Cole A, Aklilu Y, Zhang J, Wong I, Hayden K, Li S, Kirk J, Scott K, Moran M, Robichaud A, Cathcart H, Baratzedah P, Pabla B, Cheung P, Zheng Q, Jeffries DS (2018). Estimates of exceedances of critical loads for acidifying deposition in Alberta and Saskatchewan. Atmos Chem Phys 18: 9897–9927. doi: https://acp.copernicus.org/articles/18/9897/2018/

Makar PA, Gong W, Milbrandt J et coll. (2014a). Feedbacks between air pollution and weather, part 1: effects on weather. Atmos Environ 115: 442–469. doi : https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.12.003

Makar PA, Gong W, Hogrefe C et coll. (2014b). Feedbacks between air pollution and weather, part 2: effects on chemistry. Atmos Environ 115: 499–526. doi: https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.10.021

Matz CJ, Egyed M, Xi G, Racine J, Pavlovic R, Rittmaster R, Henderson SB, Stieb DM (2020). Health impact analysis of PM2.5 from wildfire smoke in Canada (2013-2015, 2017-2018). Sci Tot Environ 725: 138506. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138506

McDuffie EE, Martin RV, Spadaro JV, Burnett R, Smith SJ, O'Rourke P, Hammer MS, van Donkelaar A, Bindle L, Shah V, Jaegle L, Luo G, Yu F, Adeniran JA, Lin J, Brauer M (2021). Source sector and fuel contributions to ambient PM2.5 and attributable mortality across multiple spatial scales. Nature Communications. 12:3594. doi: https://doi.org/10.1038/s41467-021-23853-y | www.nature.com/naturecommunications

Meng J, Martin RV, Li C, van Donkelaar A, Tzompa-Sosa ZA, Yue X, Xu J-W, Weagle CL, Burnett RT (2019). Source contributions to ambient fine particulate matter for Canada. Environ Sci Technol 53 :10269−10278. doi: 10.1021/acs.est.9b02461

Moran MD, Ménard S, Talbot D, Huang P, Makar PA, Gong W, Landry H, Gravel S, Gong S, Crevier L-P, Kallaur A, Sassi M (2010). Particulate-matter forecasting with GEM-MACH15, a new Canadian air-quality

forecast model. Air pollution modelling and its application XX, edited by Steyn DG and Rao, ST, Springer, Dordrecht. pp. 289–292.

[OMS] Organisation mondiale de la Santé (2016). Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease. Geneva. Disponible en ligne : https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250141/9789241511353-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y [en anglais seulement]

OMS (2013). International Agency for Research on Cancer working group on the evaluation of carcinogenic risks to humans - volume 109 - outdoor air pollution. ISBN 978-92-832-0175-5, 448 p. Disponible en ligne : https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Outdoor-Air-Pollution-2015 [en anglais seulement]

OMS (2008). Part 1: Guidance document on characterizing and communicating uncertainty in exposure assessment – harmonization project document No. 6. Publié conjointement par l'OMS, l'Organisation internationale du Travail et le programme pour l'environnement de l'Organisation des Nations Unies. WHO Press: Genève, Suisse. Disponible en ligne : www.who.int/ipcs/methods/harmonization/areas/uncertainty%20.pdf [en anglais seulement].

Santé Canada (2021). Les impacts sur la santé de la pollution de l'air au Canada – Estimation des décès prématurés et des effets non mortels – Rapport 2021. Nº de catalogue : H144-51/2021F-PDF, ISBN : 978-0-660-37332-4, Publ. : .200424, 62 p. Disponible en ligne: www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/services/publications/healthy-living/2021-health-effects-indoor-air-pollution/hia-report-fra.pdf

Santé Canada (2019). Downstream petroleum industry air pollution in Canada – estimates of air quality impacts and population health burden. Rapport interne développé pour la Section de la politique, carburants, pétrole et gaz en aval, Environnement et changement climatique Canada. 18p.

Santé Canada (2017). Évaluation des risques pour la santé humaine des gaz d'échappement des moteurs à essence. Nº de catalogue : H144-52/2017F-PDF, ISBN : 978-0-660-23751-0, Publ. : 170280, 100 p. Disponible en ligne : https://publications.gc.ca/collections/collection_2017/sc-hc/H144-52-2017-fra.pdf

Santé Canada (2016). Évaluation des risques pour la santé humaine des gaz d'échappement des moteurs diesel. Nº de catalogue : H129-60/2016F-PDF, ISBN : 978-0-660-04556-6, Publ. : 150240, 45 p. Disponible en ligne : https://publications.gc.ca/collections/collection_2016/sc-hc/H129-60-2016-fra.pdf

Sassi M, Cousineau S, Duhamel A, Ménard S, Racine J, Zaganescu C, Mashayekhi R (2016). The 2013 Canadian air quality modelling platform and the base future cases used for policy regulations. 15th Annual CMAS Conference, Chapel Hill, NC, octobre 2016. Disponible en ligne : www.cmascenter.org/conference/2016/abstracts/sassi_2013_canadian_2016.pdf

Shin HH, Cohen A, Pope CA III, Ezzati M, Lim SS, Hubbell B, Burnett RT (2013). Critical issues in combining disparate sources of information to estimate the global burden of disease attributable to ambient fine particulate matter exposure. Presented at Methods for Research Synthesis: A Cross-Disciplinary Workshop, 2 octobre 2013, Harvard Center for Risk Analysis, Cambridge, MA. 24 pp.

Statistique Canada (Annuelle). Tableau 18-10-0005-01 – Indice des prix à la consommation, moyenne annuelle, non désaisonnalisé. Disponible en ligne : www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1810000501

Stieb DM, Judek S, van Donkelaar A, Martin RV, Brand K, Shin HH, Burnett RT, Smith-Doiron MH (2015). Estimated public health impacts of changes in concentrations of fine particle air pollution in Canada, 2000 to 2011. Can J Public Health 106(6): e362–8. doi: 10.17269/cjph.106.4983

Thakrar SK, Balasubramanian S, Adams PJ, Azevedo IM.L, Muller NZ, Pandis SN, Polasky S, Pope CA III, Robinson AL, APte JS, Tessum CW, Marshall JD, Hill JD (2020). Reducing mortality from air pollution in the United States by targeting specific emission sources. Environ. Sci. Technol. Lett. 7, 639−645. doi: 10.1021/acs.estlett.0c00424

[US EPA] United States Environmental Protection Agency (2012). Regulatory impact analysis for the proposed revision to the National Ambient Air Quality Standards for particulate matter. Office of Air Quality Planning and Standards, US Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, NC. EPA-452/R-12-003. 522 p.

Whaley CH, Galarneau E, Makar PA, Moran MD, Zhang J (2020). How much does traffic contribute to benzene and polycyclic aromatic hydrocarbon air pollution? Results from a high-resolution North American air quality model centred on Toronto, Canada. Atmos Chem Phys 20: 2911–2925. doi: https://doi.org/10.5194/acp-20-2911-2020

Whaley C, Makar PA, Shephard MW, Zhang L, Zhang J, Zheng Q, Akingunola A, Wentworth GR, Murphy JG, Kharol SK, Cady-Pereira KE (2018). Contributions of natural and anthropogenic sources to ambient ammonia in the Athabasca Oil Sands and north-western Canada. Atmos Chem Phys 18: 2011–2034. doi: https://doi.org/10.5194/acp-18-2011-2018

Zhang J, Moran MD, Zheng Q, Makar PA, Baratzadeh P, Marson G, Liu P, Li M-M (2018). Emission preparation and analysis for multiscale air quality modelling over the Athabasca Oil Sands Region of Alberta, Canada. Atmos Chem Phys 18: 10459–10481. doi: https://doi.org/10.5194/acp-18-10459-2018

A. Annexes

La présente annexe est structurée de la façon suivante :

- **A.1 :** Estimations des impacts sanitaires (mortalité, valeur économique) par polluant pour les secteurs modélisés, par province ou territoire.
- **A.2 :** Estimations des impacts sanitaires (mortalité, valeur économique) par polluant pour les secteurs modélisés, par zone atmosphérique.

Une *documentation complémentaire* est disponible sur demande. La *documentation complémentaire* comprend des données détaillées sur les émissions de chaque secteur, des cartes de répartition spatiale des émissions, des résultats supplémentaires de la modélisation de la qualité de l'air (c.-à-d. des cartes représentant la contribution des secteurs aux concentrations ambiantes), d'autres impacts sanitaires (c.-à-d. incidences de morbidité par polluant à l'échelle nationale) et d'autres renseignements sur la méthode de modélisation.

A.1 Impacts sur la santé des émissions des secteurs – mortalité par province ou territoire

Tableau A-1. Colombie-Britannique – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i]	VALEUR TOTALE[f]
				Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	(mortalité et morbidité)
COLOMBIE-BRITANNIQUE	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**110**	**48**	**7**	**160 (59 - 270)**	**1,3 G$ (0,25 G$ – 2,7 G$)**
Véhicules légers routiers	42	15	4	61 (26 - 96)	480 M$ (140 M$ – 950 M$)
Véhicules lourds routiers	64	30	-12	83 (13 - 150)	0,65 G$ (0,084 G$ – 1,6 G$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**59**	**10**	**14**	**83 (41 - 120)**	**0,65 G$ (0,24 G$ – 1,2 G$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**33**	**12**	**10**	**56 (22 - 90)**	**430 M$ (99 M$ – 890 M$)**
Aérien	4	2	-3	3 (-1 - 8)	28 M$ (25 M$ – 89 M$)
Maritime	25	8	13	46 (22 - 69)	360 M$ (130 M$ – 680 M$)
Ferroviaire	4	3	0	7 (1 - 12)	51 M$ (3,8 M$ –120 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**27**	**3**	**-18**	**13 (-12 - 38)**	**110 M$ (170 M$ – 420 M$)**
Fabrication de ciment	7	3	-19	-9 (-24 - 7)	63 M$ (250 M$ – 110 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	0	0	0	0 (0 - 1)	2,6 M$ (4,4 M$ – 10 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**8**	**0**	**4**	**12 (6 - 18)**	**94 M$ (36 M$ – 180 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	3	0	3	7 (4 - 10)	53 M$ (20 M$ – 99 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	5	0	0	5 (3 - 8)	41 M$ (16 M$ – 76 M$)
Production d'électricité	**1**	**0**	**0**	**1 (0 - 1)**	**4,9 M$ (2,3 M$ – 14 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	1	0	0	1 (0 - 1)	4,9 M$ (1,3 M$ – 9,8 M$)
Fabrication	**48**	**2**	**9**	**59 (30 - 87)**	**460 M$ (180 M$ – 870 M$)**
Industrie chimique	0	0	0	0 (0 - 0)	1,2 M$ (0,40 M$ – 2,3 M$)
Industrie des pâtes et papiers	27	1	5	33 (17 - 50)	260 M$ (100 M$ – 490 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**11**	**3**	**-3**	**12 (3 - 21)**	**96 M$ (4,1 M$ – 210 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**250**	**0**	**1**	**250 (130 - 370)**	**2,0 G$ (0,79 G$ – 3,7 G$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**540**	**80**	**24**	**650 (280 – 1 000)**	**5,1 G$ (1,4 G$ – 10 G$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-2. Alberta – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

ALBERTA	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i]	VALEUR TOTALE[f]
				Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	(mortalité et morbidité)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**43**	**20**	**18**	**82 (37 - 130)**	**0,64 G$ (0,22G$ – 1,2 G$)**
Véhicules légers routiers	11	3	4	19 (9 - 28)	150 M$ (53 M$ – 280 M$)
Véhicules lourds routiers	32	16	12	59 (27 - 92)	460 M$ (160 M$ – 900 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**23**	**5**	**14**	**42 (21 - 63)**	**330 M$ (120 M$ – 620 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**12**	**7**	**8**	**26 (12 - 40)**	**200 M$ (71 M – 390 M$)**
Aérien	0	0	0	1 (0 - 1)	5,2 M$ (1,6 M$ – 10 M$)
Maritime	0	0	2	2 (1 - 3)	15 M$ (5,5 M$ – 28 M$)
Ferroviaire	11	6	6	24 (11 - 37)	180 M$ (64 M$ – 350 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**13**	**1**	**2**	**16 (8 - 24)**	**130 M$ (51 M$ – 240 M$)**
Fabrication de ciment	2	0	1	3 (2 - 5)	27 M$ (10 M$ – 50 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	0	0	0	0 (0 - 0)	1,8 M$ (0,62 M$ – 3,4 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**93**	**29**	**58**	**180 (86 - 270)**	**1,4 G$ (0,51 G$ – 2,7 G$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	89	28	58	170 (84 - 260)	1,4 G$ (0,50 G$ – 2,6 G$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	4	1	0	5 (2 - 8)	40 M$ (13 M$ – 79 M$)
Production d'électricité	**51**	**4**	**5**	**61 (30 - 91)**	**480 M$ (180 M$ – 920 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	50	4	5	58 (29 - 88)	460 M$ (170 M$ – 870 M$)
Fabrication	**27**	**3**	**4**	**34 (17 - 50)**	**270 M$ (100 M$ – 510 M$)**
Industrie chimique	18	2	1	21 (10 - 32)	170 M$ (64 M$ – 320 M$)
Industrie des pâtes et papiers	3	0	1	4 (2 - 7)	35 M$ (14 M$ – 66 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**8**	**3**	**0**	**10 (4 - 16)**	**79 M$ (24 M$ – 160 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**30**	**0**	**0**	**30 (16 - 44)**	**240 M$ (98 M$ – 440 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**300**	**71**	**110**	**480 (230 - 730)**	**3,8 G$ (1,4 G$ – 7,2 G$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-3. Saskatchewan – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

SASKATCHEWAN	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**7**	**2**	**6**	**14 (7 - 22)**	**110 M$ (40 M$ – 210 M$)**
Véhicules légers routiers	2	0	1	4 (2 - 6)	29 M$ (10 M$ – 55 M$)
Véhicules lourds routiers	5	1	4	10 (5 - 16)	80 M$ (29 M – 150 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**5**	**1**	**7**	**14 (7 - 20)**	**100 M$ (38 M$ – 200 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**2**	**1**	**3**	**6 (3 - 8)**	**42 M$ (15 M$ – 81 M$)**
Aérien	0	0	0	0 (0 - 0)	460 000 $ (150 000 $ – 920 000 $)
Maritime	0	0	1	1 (0 - 1)	4,1 M$ (1,5 M$ – 7,7 M$)
Ferroviaire	2	1	2	5 (2 - 8)	38 M$ (14 M$ – 73 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**5**	**0**	**1**	**6 (3 - 9)**	**46 M$ (18 M$ – 86 M$)**
Fabrication de ciment	0	0	0	0 (0 - 0)	1,2 M$ (0,43 M$ – 2,3 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	2	0	0	2 (1 - 3)	15 M$ (5,9 M$ – 28 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**15**	**1**	**9**	**25 (13 - 38)**	**190 M$ (72 M$ – 370 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	14	1	8	24 (12 - 35)	180 M$ (68 M$ – 340 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	1	0	0	2 (1 - 2)	12 M$ (4,6 M$ – 23 M$)
Production d'électricité	**14**	**0**	**3**	**17 (9 - 26)**	**130 M$ (51 M$ – 250 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	13	0	3	17 (9 - 25)	130 M$ (49 M$ – 240 M$)
Fabrication	**5**	**0**	**1**	**6 (3 - 9)**	**45 M$ (17 M$ – 85 M$)**
Industrie chimique	3	0	0	4 (2 - 6)	30 M$ (12 M$ – 57 M$)
Industrie des pâtes et papiers	1	0	0	1 (0 - 1)	7,0 M$ (2,7 M – 13 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**1**	**0**	**0**	**1 (0 - 1)**	**6,3 M$ (2,0 M$– 12 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**3**	**0**	**0**	**3 (2 - 5)**	**26 M$ (10 M$ – 49 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**57**	**6**	**29**	**92 (46 - 140)**	**0,71 G$ (0,26 G$ – 1,3 G$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-4. Manitoba – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

MANITOBA	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i]	VALEUR TOTALE[f]
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]	Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	(mortalité et morbidité) Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**24**	**14**	**1**	**38 (15 - 61)**	**290 M$ (74 M$ – 600 M$)**
Véhicules légers routiers	7	4	0	10 (4 - 17)	81 M$ (16 M$ – 170 M$)
Véhicules lourds routiers	16	9	0	25 (10 - 40)	190 M$ (47 M$ – 390 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**10**	**2**	**5**	**17 (9 - 26)**	**130 M$ (49 M$ – 250 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**5**	**3**	**2**	**10 (4 - 15)**	**73 M$ (24 M – 140 M$)**
Aérien	1	0	0	1 (0 - 1)	6,9 M$ (1,9 M$ – 14 M$)
Maritime	0	0	0	0 (0 - 1)	3,2 M$ (1,2 M$ – 6,0 M$)
Ferroviaire	5	2	1	8 (4 - 13)	63 M$ (21 M$ – 120 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**17**	**0**	**1**	**18 (9 - 26)**	**140 M$ (55 M$ – 260 M$)**
Fabrication de ciment	0	0	0	0 (0 - 0)	0,83 M$ (0,31 M$ – 1,6 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	4	0	0	4 (2 - 6)	30 M$ (12 M$ – 56 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**9**	**0**	**3**	**13 (7 - 19)**	**100 M$ (39 M$ – 190 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	9	0	3	13 (7 - 19)	98 M$ (38 M$ – 180 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	0	0	0	0 (0 - 0)	2,0 M$ (0,73 M$ – 3,7 M$)
Production d'électricité	**9**	**0**	**1**	**10 (5 - 15)**	**80 M$ (31 M$ – 150 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	9	0	1	10 (5 - 15)	78 M$ (30 M$ – 150 M$)
Fabrication	**5**	**0**	**1**	**6 (3 - 9)**	**45 M$ (18 M$ – 86 M$)**
Industrie chimique	2	0	0	3 (1 - 4)	21 M$ (8,2 M$ – 40 M$)
Industrie des pâtes et papiers	0	0	0	0 (0 - 0)	2,4 M$ (0,91 M$ – 4,6 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**3**	**1**	**0**	**4 (2 - 7)**	**32 M$ (7,7 M$ – 67 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**17**	**0**	**0**	**17 (9 - 25)**	**130 M$ (52 M$ – 250 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**99**	**20**	**13**	**130 (63 - 200)**	**1,0 G$ (0,35 G$ – 2,0 G$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-5. Ontario – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

ONTARIO	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[c, i]	VALEUR TOTALE[f]
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]	Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	(mortalité et morbidité) Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**350**	**130**	**15**	**500 (200 - 790)**	**3,9 G$ (1,0 G$ – 7,9 G$)**
Véhicules légers routiers	160	45	0	200 (83 - 320)	1,6 G$ (0,43 G$ – 3,2 G$)
Véhicules lourds routiers	190	83	-1	270 (100 - 450)	2,1 G$ (0,45 G$ – 4,4 G$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**290**	**58**	**42**	**390 (190 - 590)**	**3,0 G$ (1,1 G$ – 5,8 G$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**63**	**27**	**7**	**96 (38 - 150)**	**0,75 G$ (0,18 G$ – 1,5 G$)**
Aérien	11	10	-6	14 (0 - 29)	110 M$ (33 M$ – 300 M$)
Maritime	19	3	7	29 (15 - 44)	230 M$ (87 M$ – 430 M$)
Ferroviaire	33	14	6	53 (23 - 82)	410 M$ (130 M$ – 800 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**460**	**11**	**5**	**480 (240 - 710)**	**3,8 G$ (1,4 G$ – 7,1 G$)**
Fabrication de ciment	57	5	2	63 (29 - 98)	500 M$ (160 M$ – 970 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	120	0	1	120 (63 - 180)	0,96 G$ (0,39 G$ – 1,8 G$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**59**	**3**	**13**	**74 (38 - 110)**	**0,58 G$ (0,23 G$ – 1,1 G$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	17	1	10	28 (15 - 42)	220 M$ (85 M$ – 410 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	42	2	2	46 (23 - 69)	360 M$ (140 M$ – 680 M$)
Production d'électricité	**25**	**5**	**1**	**30 (14 - 47)**	**240 M$ (72 M$ – 480 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	17	0	1	18 (9 - 26)	140 M$ (54 M$ – 260 M$)
Fabrication	**90**	**7**	**17**	**110 (58 - 170)**	**0,90 G$ (0,35 G$ – 1,7 G$)**
Industrie chimique	30	2	2	34 (17 - 51)	270 M$ (99 M$ – 510 M$)
Industrie des pâtes et papiers	15	1	3	20 (10 - 30)	160 M$ (60 M$ – 300 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**100**	**32**	**-11**	**130 (50 - 200)**	**0,99 G$ (0,25 G$ – 2,0 G$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**550**	**1**	**2**	**550 (300 - 820)**	**4,4 G$ (1,8 G$ – 8,2 G$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**2000**	**280**	**91**	**2 400 (1 100 – 3 600)**	**19 G$ (6,4 G$ – 36 G$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-6. Québec – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

QUÉBEC	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i]	VALEUR TOTALE[f]
				Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	(mortalité et morbidité)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**260**	**120**	**28**	**410 (170 - 640)**	**3,1 G$ (0,86 G$ – 6,3 G$)**
Véhicules légers routiers	78	30	5	110 (46 - 180)	0,88 G$ (0,24 G$ – 1,8 G$)
Véhicules lourds routiers	180	80	10	270 (110 - 430)	2,1 G$ (0,55 G$ – 4,2 G$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**150**	**26**	**32**	**210 (100 - 310)**	**1,6 G$ (0,59 G$ – 3,1 G$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**56**	**30**	**20**	**110 (47 - 160)**	**0,81 G$ (0,26 G$ – 1,6 G$)**
Aérien	5	4	-1	8 (2 - 14)	64 M$ (7,1 M$ – 140 M$)
Maritime	29	15	13	58 (26 - 88)	440 M$ (150 M$ – 860 M$)
Ferroviaire	21	10	8	40 (18 - 61)	300 M$ (100 M$ – 590 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**340**	**8**	**11**	**360 (190 - 530)**	**2,8 G$ (1,1 G$ – 5,3 G$)**
Fabrication de ciment	43	4	3	50 (24 - 76)	390 M$ (140 M$ – 750 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	69	0	0	70 (36 - 100)	0,55 G$ (0,22 G$ – 1,0 G$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**28**	**4**	**4**	**36 (16 - 56)**	**280 M$ (78 M$ – 560 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	5	0	6	11 (6 - 17)	87 M$ (33 M$ – 160 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	23	4	-2	25 (10 - 40)	190 M$ (46 M$ – 390 M$)
Production d'électricité	**12**	**1**	**4**	**16 (8 - 24)**	**120 M$ (47 M$ – 240 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	8	0	1	9 (5 - 13)	71 M$ (27 M$ – 130 M$)
Fabrication	**59**	**7**	**10**	**76 (37 - 110)**	**0,59 G$ (0,22 G$ – 1,1 G$)**
Industrie chimique	12	1	1	14 (7 - 21)	110 M$ (39 M$ – 210 M$)
Industrie des pâtes et papiers	18	2	6	25 (13 - 38)	200 M$ (74 M$ – 370 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**20**	**6**	**-1**	**26 (11 - 41)**	**200 M$ (58 M$ – 410 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**1 400**	**3**	**2**	**1 400 (740 - 2000)**	**11 G$ (4,3 G$ – 20 G$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**2 300**	**200**	**110**	**2 600 (1 300 - 3 900)**	**20 G$ (7,6 G$ – 39 G$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-7. Nouveau-Brunswick – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

NOUVEAU-BRUNSWICK	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i]	VALEUR TOTALE[f]
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]	Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	(mortalité et morbidité) Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**2**	**1**	**4**	**6 (3 - 10)**	**49 M$ (18 M$ – 94 M$)**
Véhicules légers routiers	1	0	1	2 (1 - 3)	14 M$ (5,1 M$ – 27 M$)
Véhicules lourds routiers	1	0	3	4 (2 - 7)	34 M$ (12 M$ – 65 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**1**	**0**	**2**	**3 (1 - 4)**	**20 M$ (7,3 M$ – 38 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**1**	**1**	**4**	**5 (3 - 8)**	**41 M$ (15 M$ – 78 M$)**
Aérien	0	0	0	0 (0 - 0)	0,69 M$ (0,25 M$ – 1,3 M$)
Maritime	1	0	3	4 (2 - 6)	28 M$ (10 M$ – 53 M$)
Ferroviaire	0	0	1	2 (1 - 2)	12 M$ (4,2 M$ – 23 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**12**	**0**	**1**	**13 (7 - 19)**	**100 M$ (40 M$ – 190 M$)**
Fabrication de ciment	0	0	0	1 (0 - 1)	5,4 M$ (2,1 M$ – 10 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	4	0	0	4 (2 - 6)	32 M$ (13 M$ – 60 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**2**	**0**	**1**	**3 (1 - 5)**	**24 M$ (8,0 M$ – 46 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	0	0	1	1 (0 - 1)	6,5 M$ (2,4 M$ – 12 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	2	0	0	2 (1 - 3)	17 M$ (5,6 M$ – 34 M$)
Production d'électricité	**2**	**0**	**1**	**3 (2 - 5)**	**25 M$ (9,3 M$ – 47 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	2	0	1	3 (1 - 4)	20 M$ (7,5 M$ – 37 M$)
Fabrication	**2**	**0**	**1**	**4 (2 - 5)**	**28 M$ (10 M$ – 53 M$)**
Industrie chimique	0	0	0	0 (0 - 0)	2,1 M$ (0,80 M$ – 3,9 M$)
Industrie des pâtes et papiers	1	0	1	2 (1 - 3)	17 M$ (6,6 M$ – 33 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**2,5 M$ (0,94 M$ – 4,8 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**14**	**0**	**0**	**14 (8 - 21)**	**110 M$ (44 M$ – 210 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**37**	**2**	**13**	**52 (27 - 77)**	**400 M$ (150 M$ – 760 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-8. Nouvelle-Écosse – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

NOUVELLE-ÉCOSSE	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i]	VALEUR TOTALE[f]
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]	Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	(mortalité et morbidité) Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**2**	**1**	**5**	**7 (4 - 11)**	**55 M$ (19 M$ – 110 M$)**
Véhicules légers routiers	1	0	1	2 (1 - 3)	16 M$ (5,7 M$ – 31 M$)
Véhicules lourds routiers	1	1	3	5 (3 - 8)	39 M$ (14 M$ – 75 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**1**	**0**	**2**	**3 (1 - 4)**	**21 M$ (7,5 M$ – 40 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**1**	**1**	**8**	**10 (5 - 15)**	**77 M$ (27 M$ – 150 M$)**
Aérien	0	0	0	0 (0 - 0)	0,77 M$ (0,26 M$ – 1,5 M$)
Maritime	1	0	7	9 (5 - 13)	66 M$ (24 M$ – 130 M$)
Ferroviaire	0	0	1	1 (1 - 2)	9,8 M$ (3,4 M$ – 19 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**7**	**0**	**1**	**8 (4 - 12)**	**63 M$ (24 M$ – 120 M$)**
Fabrication de ciment	0	0	0	1 (0 - 1)	5,4 M$ (2,0 M$ – 10 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	3	0	0	3 (2 - 5)	27 M$ (11 M$ – 51 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**1**	**0**	**1**	**2 (1 - 3)**	**18 M$ (6,5 M$ – 33 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	0	0	1	1 (1 - 2)	8,2 M$ (3,0 M$ – 16 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	1	0	0	1 (1 - 2)	9,3 M$ (3,5 M$ – 18 M$)
Production d'électricité	**8**	**0**	**3**	**11 (6 - 16)**	**85 M$ (32 M$ – 160 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	7	0	2	9 (5 - 13)	69 M$ (26 M$ – 130 M$)
Fabrication	**2**	**0**	**1**	**3 (2 - 4)**	**23 M$ (8,6 M$ – 43 M$)**
Industrie chimique	0	0	0	0 (0 - 0)	2,1 M$ (0,80 M$ – 4,0 M$)
Industrie des pâtes et papiers	1	0	0	2 (1 - 3)	14 M$ (5,5 M$ – 27 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 1)**	**3,2 M$ (1,1 M$ – 6,3 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**15**	**0**	**0**	**15 (8 - 23)**	**120 M$ (47 M$ – 230 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**38**	**2**	**20**	**60 (31 - 90)**	**460 M$ (170 M$ – 880 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-9. Île-du-Prince-Édouard – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**1**	**0**	**1**	**2 (1 - 2)**	**12 M$ (4,1 M$ – 22 M$)**
Véhicules légers routiers	0	0	0	0 (0 - 1)	3,0 M$ (1,0 M$ – 5,7 M$)
Véhicules lourds routiers	0	0	1	1 (1 - 2)	8,0 M$ (2,9 M$ – 15 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**0**	**0**	**0**	**1 (0 - 1)**	**4,8 M$ (1,7 M$ – 9,1 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**0**	**0**	**1**	**1 (1 - 2)**	**11 M$(4,0 M$ – 21 M$)**
Aérien	0	0	0	0 (0 - 0)	0,57 M$ (0,23 M$ – 1,1 M$)
Maritime	0	0	1	1 (1 - 2)	8,6 M$ (3,1 M$ – 16 M$)
Ferroviaire	0	0	0	0 (0 - 0)	1,8 M$ (0,65 M$ – 3,5 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**1**	**0**	**0**	**1 (1 - 2)**	**11 M$ (4,2 M$ – 20 M$)**
Fabrication de ciment	0	0	0	0 (0 - 0)	0,79 M$ (0,30 M$ – 1,5 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	1	0	0	1 (0 - 1)	4,4 M$ (1,7 M$ – 8,2 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 1)**	**3,3 M$ (1,2 M$ – 6,1 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	0	0	0	0 (0 - 0)	1,3 M$ (0,49 M$ – 2,5 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	0	0	0	0 (0 - 0)	1,9 M$ (0,73 M$ – 3,6 M$)
Production d'électricité	**1**	**0**	**1**	**2 (1 - 2)**	**13 M$ (4,8 M$ – 24 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	1	0	0	1 (1 - 2)	10 M$ (3,8 M$ – 19 M$)
Fabrication	**0**	**0**	**0**	**1 (0 - 1)**	**4,1 M$ (1,5 M$ – 7,7 M$)**
Industrie chimique	0	0	0	0 (0 - 0)	520 000 $ (210 000$ – 970 000 $)
Industrie des pâtes et papiers	0	0	0	0 (0 - 1)	2,7 M$ (1,1 M$ – 5,2 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**0,74 M$ (0,27 M$ – 1,4 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**3**	**0**	**0**	**3 (1 - 4)**	**20 M$ (7,9 M$ – 37 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**7**	**0**	**3**	**10 (5 - 15)**	**79 M$ (30 M$ – 150 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-10. Terre-Neuve-et-Labrador – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

TERRE-NEUVE ET LABRADOR	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**0**	**0**	**1**	**2 (1 - 2)**	**11 M$ (4,0 M$ – 22 M$)**
Véhicules légers routiers	0	0	0	0 (0 - 0)	2,4 M$ (0,83 M$ – 4,5 M$)
Véhicules lourds routiers	0	0	1	1 (0 - 1)	7,2 M$ (2,5 M$ – 14 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**0**	**0**	**1**	**1 (0 - 1)**	**7,3 M$ (2,6 M$ – 14 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**0**	**0**	**3**	**3 (2 - 5)**	**26 M$ (9,4 M$ – 49 M$)**
Aérien	0	0	0	0 (0 - 0)	96 000 $ (37 000$ – 180 000 $)
Maritime	0	0	3	3 (2 - 5)	24 M$ (8,7 M$ – 46 M$)
Ferroviaire	0	0	0	0 (0 - 0)	1,8 M$ (0,66 M$ – 3,4 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**1**	**0**	**0**	**2 (1 - 2)**	**12 M$ (4,8 M$ – 23 M$)**
Fabrication de ciment	0	0	0	0 (0 - 0)	0,73 M$ (0,28 M$ – 1,4 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	1	0	0	1 (0 - 1)	4,5 M$ (1,8 M$ – 8,4 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**1**	**0**	**0**	**1 (1 - 2)**	**8,0 M$ (3,0 M$ – 15 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	0	0	0	0 (0 - 0)	2,5 M$ (0,88 M$ – 4,7 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	1	0	0	1 (0 - 1)	5,5 M$ (2,1 M$ – 10 M$)
Production d'électricité	**2**	**0**	**1**	**3 (1 - 4)**	**21 M$ (8,1 M$ – 41 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	1	0	0	2 (1 - 3)	15 M$ (5,7 M$ – 28 M$)
Fabrication	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**2,0 M$ (0,75 M$ – 3,9 M$)**
Industrie chimique	0	0	0	0 (0 - 0)	95 000 $ (37 000 $ – 170 000 $)
Industrie des pâtes et papiers	0	0	0	0 (0 - 0)	1,2 M$ (0,45 M$ – 2,3 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**330 000 $ (110 000 $ – 650 000 $)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**3**	**0**	**0**	**3 (2 - 5)**	**26 M$ (10 M$ – 49 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**8**	**1**	**6**	**15 (8 - 22)**	**110 M$ (43 M$ – 220 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-11. Yukon – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

YUKON	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i]	VALEUR TOTALE[f]
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]	Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	(mortalité et morbidité) Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**85 000 $ (30 000 $ – 160 000 $)**
Véhicules légers routiers	0	0	0	0 (0 - 0)	19 000 $ (7 200 $ – 34 000 $)
Véhicules lourds routiers	0	0	0	0 (0 - 0)	79 000 $ (28 000 $ – 150 000 $)
Véhicules hors route et équipement mobile	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**43 000 $ (16 000 $ – 81 000 $)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**150 000 $ (53 000 $ – 280 000 $)**
Aérien	0	0	0	0 (0 - 0)	5 800 $ (1 700 $ – 12 000 $)
Maritime	0	0	0	0 (0 - 0)	120 000 $ (43 000 $ – 220 000 $)
Ferroviaire	0	0	0	0 (0 - 0)	24 000 $ (8 900 $ – 46 000 $)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**43 000 $ (16 000 $ – 81 000 $)**
Fabrication de ciment	0	0	0	0 (0 - 0)	5 800 $ (1 600 $ – 12 000 $)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	0	0	0	0 (0 - 0)	0 $ (0 $ – 0 $)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**190 000 $ (68 000 $ – 360 000 $)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	0	0	0	0 (0 - 0)	190 000 $ (68 000 $ – 360 000 $)
Secteur aval du pétrole et du gaz	0	0	0	0 (0 - 0)	0 $ (0 $ – 0 $)
Production d'électricité	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**30 000 $ (11 000 $ – 58 000 $)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	0	0	0	0 (0 - 0)	5 800 $ (1 700 $ – 12 000 $)
Fabrication	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**24 000 $ (8 900 $ – 47 000 $)**
Industrie chimique	0	0	0	0 (0 - 0)	5 800 $ (1 600 $ – 12 000 $)
Industrie des pâtes et papiers	0	0	0	0 (0 - 0)	5 800 $ (1 700 $ – 12 000 $)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**5 800 $ (1 700 $ – 12 000 $)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**160 000 $ (63 000 $ – 290 000 $)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**0,72 M$ (0,27 M$ – 1,4 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-12. Territoires du Nord-Ouest – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

TERRITOIRES DU NORD-OUEST	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i]	VALEUR TOTALE[f]
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]	Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	(mortalité et morbidité) Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**220 000 $ (79 000 $ – 420 000 $)**
Véhicules légers routiers	0	0	0	0 (0 - 0)	29 000 $ (10 000 $ – 56 000 $)
Véhicules lourds routiers	0	0	0	0 (0 - 0)	180 000 $ (66 000 $ – 340 000 $)
Véhicules hors route et équipement mobile	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**200 000 $ (74 000 $ – 380 000 $)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**180 000 $ (64 000 $ – 340 000 $)**
Aérien	0	0	0	0 (0 - 0)	0 $ (0 $ – 0 $)
Maritime	0	0	0	0 (0 - 0)	98 000 $ (35 000 $ – 190 000 $)
Ferroviaire	0	0	0	0 (0 - 0)	81 000 $ (29 000 $ – 160 000 $)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**240 000 $ (90 000 $ – 460 000 $)**
Fabrication de ciment	0	0	0	0 (0 - 0)	0 $ (0 $ – 0 $)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	0	0	0	0 (0 - 0)	69 000 $ (29 000 $ – 130 000 $)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**1,2 M$ (0,44 M$ – 2,3 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	0	0	0	0 (0 - 0)	1,2 M$ (0,42 M$ – 2,2 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	0	0	0	0 (0 - 0)	47 000 $ (20 000 $ – 84 000 $)
Production d'électricité	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**350 000 $ (140 000 $ – 660 000 $)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	0	0	0	0 (0 - 0)	280 000 $ (110 000 $ – 510 000 $)
Fabrication	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**140 000 $ (54 000 $ – 270 000 $)**
Industrie chimique	0	0	0	0 (0 - 0)	25 000 $ (11 000 $ – 44 000 $)
Industrie des pâtes et papiers	0	0	0	0 (0 - 0)	59 000 $ (24 000 $ – 110 000 $)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**1 300 $ (380 $ – 2 600 $)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**45 000 $ (19 000 $ – 82 000 $)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**2,6 M$ (0,96 M$ – 4,9 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-13. Nunavut – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

NUNAVUT	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i]	VALEUR TOTALE[f]
				Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	(mortalité et morbidité)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		Médiane (2,5 % – 97,5 % IC)
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**37 000 $ (13 000 $ – 72 000 $)**
Véhicules légers routiers	0	0	0	0 (0 - 0)	6 000 $ (1 700 $ – 12 000 $)
Véhicules lourds routiers	0	0	0	0 (0 - 0)	26 000 $ (8 900 $ – 52 000 $)
Véhicules hors route et équipement mobile	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**34 000 $ (12 000 $ – 67 000 $)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**84 000 $ (29 000 $ – 160 000 $)**
Aérien	0	0	0	0 (0 - 0)	440 $ (150 $ – 870 $)
Maritime	0	0	0	0 (0 - 0)	69 000 $ (24 000 $ – 130 000 $)
Ferroviaire	0	0	0	0 (0 - 0)	14 000 $ (4 800 $ – 28 000 $)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**100 000 $ (37 000 $ – 190 000 $)**
Fabrication de ciment	0	0	0	0 (0 - 0)	440 $ (140 $ – 850 $)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	0	0	0	0 (0 - 0)	25 000 $ (11 000 $ – 46 000 $)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**140 000 $ (50 000 $ – 260 000 $)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	0	0	0	0 (0 - 0)	140 000 $ (50 000 $ – 260 000 $)
Secteur aval du pétrole et du gaz	0	0	0	0 (0 - 0)	440 $ (140 $ – 870 $)
Production d'électricité	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**68 000 $ (24 000 $ – 130 000 $)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	0	0	0	0 (0 - 0)	25 000 $ (9 500 $ – 46 000 $)
Fabrication	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**9 700 $ (3 100 $ – 20 000 $)**
Industrie chimique	0	0	0	0 (0 - 0)	440 $ (140 $ – 870 $)
Industrie des pâtes et papiers	0	0	0	0 (0 - 0)	2 300 $ (680 $ – 4 600 $)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**440 $ (150 $ – 870 $)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**0**	**0**	**0**	**0 (0 - 0)**	**0 $ (0 $ – 0 $)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**0**	**0**	**0**	**(0 - 0)**	**470 000 $ (170 000 $ – 900 000 $)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

A.2 Impacts sur la santé des émissions des secteurs – mortalité par zone atmosphérique

A.2.1 Zones atmosphériques de la Colombie-Britannique

Tableau A-14. Zone atmosphérique de la Vallée du bas Fraser en Colombie-Britannique – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique C.-B. – VALLÉE DU BAS FRASER	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**90**	**41**	**-13**	**120 (38 - 200)**	**0,93 G$ (0,080 G$ – 2,1 G$)**
Véhicules légers routiers	37	13	-2	49 (20 - 77)	380 M$ (89 M$ – 810 M$)
Véhicules lourds routiers	53	25	-25	53 (-2 - 110)	0,42 G$ (-20 G$ – 1,2 G$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**54**	**9**	**9**	**71 (35 - 110)**	**0,56 G$ (0,19 G$ – 1,1 G$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**28**	**8**	**-4**	**32 (10 - 54)**	**260 M$ (18 M$ – 580 M$)**
Aérien	4	2	-3	3 (-2 - 7)	23 M$ (-30 M$ – 84 M$)
Maritime	21	4	1	26 (12 - 40)	210 M$ (63 M$ – 420 M$)
Ferroviaire	3	2	-2	4 (< - 7)	28 M$ (-15 M$ – 80 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**25**	**3**	**-19**	**9 (-14 - 33)**	**83 M$ (-210 M$ – 400 M$)**
Fabrication de ciment	7	3	-20	-10 (-25 - 5)	-69 M$ (-270 M$ – 110 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	<	<	<	<	26 000 $ (9 500 $– 50 000 $)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**6**	**<**	**<**	**7 (3 - 10)**	**57 M$ (18 M$ – 110 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	2	<	<	2 (1 - 3)	17 M$ (5,9 M$ – 34 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	4	<	<	5 (2 - 7)	40 M$ (12 M$ – 79 M$)
Production d'électricité	**<**	**<**	**<**	**<**	**1,8 M$ (4,8 M$ – 0,75 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	<	<	<	<	27 000 $ (9 500 $ – 53 000 $)
Fabrication	**31**	**1**	**6**	**39 (20 - 57)**	**310 M$ (100 M$ – 610 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	0,51 M$ (0,13 M$ – 1,1 M$)
Industrie des pâtes et papiers	15	<	3	18 (9 - 27)	140 M$ (48 M$ – 280 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**10**	**3**	**-3**	**10 (2 - 18)**	**79 M$ (-6,3 M$ – 190 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**173**	**<**	**1**	**170 (93 - 260)**	**1,4 G$ (0,47 G$ – 2,7 G$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**420**	**65**	**-23**	**460 (190 - 730)**	**3,7 G$ (0,66 G$ – 7,8 G$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-15. Zone atmosphérique du Détroit de Georgia en Colombie-Britannique – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique C.-B. – DÉTROIT DE GEORGIA	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**11**	**5**	**7**	**23 (11 - 36)**	**180 M$ (58 M$ – 350 M$)**
Véhicules légers routiers	3	1	2	7 (3 - 10)	52 M$ (17 M$ – 100 M$)
Véhicules lourds routiers	7	4	3	14 (6 - 22)	110 M$ (31 M$ – 210 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**3**	**1**	**2**	**6 (3 - 9)**	**45 M$ (15 M$ – 88 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**4**	**4**	**10**	**18 (8 - 27)**	**130 M$ (42 M$ – 270 M$)**
Aérien	<	<	<	<	1,9 M$ (0,58 M$ – 3,9 M$)
Maritime	4	4	10	17 (8 - 26)	130 M$ (40 M$ – 250 M$)
Ferroviaire	<	<	<	1 (< - 1)	5,6 M$ (1,7 M$ – 11 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**1**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**7,6 M$ (2,5 M$ – 15 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	1,7 M$ (0,16 M$ – 3,9 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	<	<	<	< (-1 - <)	-3,6 M$ (-6,9 M$ – -1,3 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**4,2 M$ (1,4 M$ – 8,1 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	<	<	<	<	2,6 M$ (0,90 M$ – 4,9 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	1,6 M$ (0,54 M$ – 3,2 M$)
Production d'électricité	**<**	**<**	**<**	**<**	**320 000 $ (23 000 $ – 710 000 $)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	<	<	<	<	350 000 $ (670 000 $ – 120 000 $)
Fabrication	**11**	**<**	**2**	**13 (7 - 19)**	**100 M$ (35 M$ – 210 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	36 000 $ (14 000 $ – 66 000 $)
Industrie des pâtes et papiers	10	<	2	11 (6 - 17)	91 M$(30 M$ – 180 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**1**	**<**	**<**	**1 (< - 2)**	**7,0 M$ (1,1 M$ – 15 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**42**	**<**	**<**	**43 (23 - 63)**	**330 M$ (110 M$ – 650 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**73**	**10**	**21**	**110 (53 - 160)**	**0,81 G$ (0,27 G$ – 1,6 G$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-16. Zone atmosphérique Intérieur-Sud de la Colombie-Britannique – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique C.-B. – INTÉRIEUR-SUD	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	6	2	12	20 (10 - 31)	150 M$ (52 M$ – 300 M$)
Véhicules légers routiers	2	1	2	5 (2 - 7)	37 M$ (13 M$ – 73 M$)
Véhicules lourds routiers	4	2	8	15 (7 - 22)	110 M$ (37 M$ – 220 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	2	<	2	4 (2 - 7)	34 M$ (12 M$ – 67 M$)
Modes aérien, maritime et ferroviaire	1	<	2	4 (2 - 5)	27 M$ (9,1 M$ – 52 M$)
Aérien	<	<	<	< (< - 1)	3,7 M$ (1,3 M$ – 7,2 M$)
Maritime	<	<	1	1 (1 - 2)	9,7 M$ (3,4 M$ – 19 M$)
Ferroviaire	1	<	1	2 (1 - 3)	13 M$ (4,5 M$ – 26 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	1	<	<	2 (1 - 3)	17 M$ (5,6 M$ – 33 M$)
Fabrication de ciment	<	<	<	1 (< - 1)	4,4 M$ (1,5 M$ – 8,6 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	1	<	<	1 (< - 1)	6,6 M$ (2,2 M$ – 13 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	1	<	2	3 (1 - 4)	20 M$ (7,0 M$ – 39 M$)
Secteur amont du pétrole et du gaz	1	<	2	2 (1 - 3)	18 M$ (6,2 M$ – 35 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	2,2 M$ (0,77 M$ – 4,3 M$)
Production d'électricité	<	<	<	1 (< - 1)	4,4 M$ (1,5 M$ – 8,6 M$)
Production d'électricité par les centrales au charbon	<	<	<	1 (< - 1)	4,2 M$ (1,4 M$ – 8,2 M$)
Fabrication	3	<	2	5 (2 - 7)	37 M$ (13 M$ – 73 M$)
Industrie chimique	<	<	<	<	150 000 $ (55 000 $ – 280 000 $)
Industrie des pâtes et papiers	2	<	<	2 (1 - 3)	17 M$ (6,0 M$ – 33 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	1	<	<	1 (1 - 2)	8,5 M$ (2,9 M$ – 17 M$)
Combustion de bois – milieu résidentiel	28	<	<	28 (15 - 42)	220 M$ (76 M$ – 430 M$)
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	43	2	20	68 (35 - 100)	0,52 G$ (0,18 G$ – 1,0 G$)

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-17. Zone atmosphérique Intérieur-Centre de la Colombie-Britannique – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique C.-B. – INTÉRIEUR-CENTRE	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	<	<	1	2 (1 - 2)	**12 M$ (4,1 M$ – 24 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	< (< - 1)	3,1 M$ (1,1 M$ – 6,0 M$)
Véhicules lourds routiers	<	<	<	1 (1 - 2)	9,1 M$ (3,1 M$ – 18 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	<	<	<	**1 (< - 1)**	**4,6 M$ (1,6 M$ – 8,9 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	<	<	<	**1 (1 - 2)**	**7,8 M$ (2,6 M$ – 15 M$)**
Aérien	<	<	<	<	0,58 M$ (0,21 M$ – 1,1 M$)
Maritime	<	<	<	< (< - 1)	3,5 M$ (1,2 M$ – 6,8 M$)
Ferroviaire	<	<	<	< (< - 1)	3,7 M$ (1,2 M$ – 7,3 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	<	<	<	<	**2,4 M$ (0,80 M$ – 4,7 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	0,86 M$ (0,29 M$ – 1,7 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	<	<	<	<	280 $ (-53 $ – 680 $)
Industrie pétrolière et gazière[g]	<	<	<	**1 (1 - 2)**	**8,5 M$ (2,8 M$ – 17 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	<	<	<	1 (1 - 2)	7,9 M$ (2,7 M$ – 15 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	0,55 M$ (0,17 M$ – 1,1 M$)
Production d'électricité	<	<	<	<	**1,4 M$ (0,45 M$ – 2,7 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	<	<	<	<	0,61 M$ (0,20 M$ – 1,2 M$)
Fabrication	2	<	<	**2 (1 - 3)**	**17 M$ (5,6 M$ – 33 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	460 000 $ (150 000 $ – 910 000 $)
Industrie des pâtes et papiers	1	<	<	1 (1 - 2)	11 M$ (3,7 M$ – 22 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	<	<	<	<	**0,61 M$ (0,21 M$ – 1,2 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	2	<	<	**2 (1 - 3)**	**13 M$ (4,6 M$ – 26 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	4	<	1	9 (4 - 13)	**67 M$ (23 M$ – 130 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

A.2.2 Zones atmosphériques de l'Alberta

Tableau A-18. Zone atmosphérique Saskatchewan-Nord, Alb. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Alb. – SASKATCHEWAN-NORD	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	20	9	4	32 (14 - 51)	250 M$ (74 M$ – 520 M$)
Véhicules légers routiers	5	2	1	8 (4 - 12)	63 M$ (20 M$ – 130 M$)
Véhicules lourds routiers	14	7	1	23 (10 - 37)	180 M$ (48 M$ – 380 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	12	3	5	20 (10 - 30)	160 M$ (51 M$ – 310 M$)
Modes aérien, maritime et ferroviaire	5	3	2	11 (5 - 17)	85 M$ (26 M$ – 170 M$)
Aérien	<	<	<	<	1,7 M$ (0,46 M$ – 3,5 M$)
Maritime	<	<	<	1 (< - 1)	5,3 M$ (1,8 M$ – 10 M$)
Ferroviaire	5	3	2	10 (4 - 16)	78 M$ (23 M$ – 160 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	5	<	<	6 (3 - 9)	48 M$ (15 M$ – 95 M$)
Fabrication de ciment	<	<	<	<	2,1 M$ (0,58 M$ – 4,2 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	<	<	<	<	0,56 M$ (-0,42 M$ – 1,6 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	43	13	27	83 (39 - 130)	0,66 G$ (0,21 G$ – $1,3 G$)
Secteur amont du pétrole et du gaz	40	12	27	79 (38 - 120)	0,63 G$ (0,20 G$ – 1,3 G$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	3	1	<	4 (2 - 7)	32 M$ (6,5 M$ – 68 M$)
Production d'électricité	28	3	2	33 (16 - 50)	280 M$ (82 M$ – 560 M$)
Production d'électricité par les centrales au charbon	27	3	2	32 (16 - 48)	270 M$ (78 M$ – 550 M$)
Fabrication	16	2	1	19 (10 - 29)	150 M$ (49 M$ – 310 M$)
Industrie chimique	12	1	<	14 (7 - 22)	110 M$ (35 M$ – 230 M$)
Industrie des pâtes et papiers	2	<	<	2 (1 - 3)	18 M$ (5,9 M$ – 35 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	3	1	<	4 (2 - 6)	30 M$ (6,4 M$ – 65 M$)
Combustion de bois – milieu résidentiel	15	<	<	15 (8 - 22)	120 M$ (41 M$ – 240 M$)
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	150	34	41	220 (110 - 340)	1,8 G$ (0,55 G$ – 3,6 G$)

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-19. Zone atmosphérique Saskatchewan-Sud, Alb. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Alb. – SASKATCHEWAN-SUD	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**15**	**7**	**8**	**31 (14 - 47)**	**240 M$ (76 M$ – 480 M$)**
Véhicules légers routiers	4	1	2	6 (3 - 10)	51 M$ (17 M$ – 100 M$)
Véhicules lourds routiers	11	5	6	22 (10 - 34)	170 M$ (55 M$ – 350 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**7**	**1**	**4**	**12 (6 - 18)**	**96 M$ (32 M$ – 190 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**3**	**2**	**2**	**9 (4 - 13)**	**66 M$ (20 M$ – 130 M$)**
Aérien	<	<	<	<	1,6 M$ (0,46 M$ – 3,3 M$)
Maritime	<	<	<	1 (< - 1)	4,5 M$ (1,6 M$ – 8,6 M$)
Ferroviaire	3	2	2	8 (4 - 12)	60 M$ (18 M$ – 120 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**5**	**<**	**2**	**7 (3 - 10)**	**52 M$ (17 M$ – 100 M$)**
Fabrication de ciment	1	<	<	2 (1 - 3)	16 M$ (5,2 M$ – 31 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	<	<	<	<	0,43 M$ (-0,18 M$ – 1,1 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**27**	**8**	**15**	**49 (23 - 74)**	**390 M$ (120 M$ – 790 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	26	8	15	48 (23 - 73)	390 M$ (120 M$ – 780 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	1	<	<	1 (< - 1)	5,5 M$ (1,8 M$ – 11 M$)
Production d'électricité	**12**	**<**	**2**	**14 (7 - 21)**	**110 M$ (37 M$ – 220 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	12	<	2	14 (7 - 20)	110 M$ (36 M$ – 220 M$)
Fabrication	**6**	**1**	**2**	**8 (4 - 12)**	**62 M$ (20 M$ – 120 M$)**
Industrie chimique	3	<	<	4 (2 - 6)	32 M$ (10 M$ – 63 M$)
Industrie des pâtes et papiers	1	<	<	1 (< - 1)	7,2 M$ (2,5 M$ – 14 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**3**	**1**	**<**	**4 (2 - 6)**	**31 M$ (8,3 M$ – 65 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**9**	**<**	**<**	**9 (5 - 13)**	**72 M$ (24 M$ – 140 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**87**	**20**	**35**	**140 (69 - 210)**	**1,1 G$ (0,36 G$ – 2,3 G$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-20. Zone atmosphérique Red Deer, Alb. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Alb. – RED DEER	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT					
Tous les véhicules routiers	**8**	**4**	**5**	**16 (7 - 24)**	**120 M$ (39 M$ – 250 M$)**
Véhicules légers routiers	2	1	1	3 (2 - 5)	27 M$ (8,8 M$ – 54 M$)
Véhicules lourds routiers	6	3	3	12 (5 - 18)	90 M$ (28 M$ – 180 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**4**	**1**	**2**	**7 (3 - 10)**	**53 M$ (17 M$ – 110 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**2**	**1**	**1**	**5 (2 - 8)**	**38 M$ (12 M$ – 77 M$)**
Aérien	<	<	<	<	1,8 M$ (0,58 M$ – 3,6 M$)
Maritime	<	<	<	< (< - 1)	3,2 M$ (1,1 M$ – 6,3 M$)
Ferroviaire	2	1	1	4 (2 - 7)	33 M$ (10 M$ – 67 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**2**	**<**	**<**	**3 (2 - 5)**	**25 M$ (8,2 M$ – 50 M$)**
Fabrication de ciment	1	<	<	1 (1 - 2)	8,2 M$ (2,7 M$ – 16 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	<	<	<	<	-13 000 $ (260 000 $ - 200 000 $)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**18**	**6**	**9**	**32 (15 - 49)**	**260 M$ (81 M$ – 520 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	17	6	9	32 (15 - 50)	250 M$ (79 M$ – 510 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	1	<	<	1 (< - 1)	5,0 M$ (1,6 M$ – 9,9 M$)
Production d'électricité	**8**	**<**	**1**	**10 (5 - 16)**	**82 M$ (27 M$ – 160 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	8	<	1	10 (5 - 15)	79 M$ (25 M$ – 160 M$)
Fabrication	**3**	**<**	**<**	**5 (2 - 7)**	**37 M$ (12 M$ – 73 M$)**
Industrie chimique	2	<	<	2 (1 - 4)	20 M$ (6,3 M$ – 39 M$)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	1 (< - 1)	5,2 M$ (1,8 M$ – 10 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**2**	**<**	**<**	**2 (1 - 3)**	**16 M$ (4,4 M$ – 34 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**4**	**<**	**<**	**4 (2 - 7)**	**36 M$ (12 M$ – 71 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**51**	**12**	**18**	**84 (41 - 130)**	**0,67 G$ (0,21 G$ – 1,3 G$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-21. Zone atmosphérique Peace, Alb. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Alb. – PEACE	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 2)**	**7,8 M$ (2,5 M$ – 16 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	<	1,4 M$ (0,46 M$ – 2,8 M$)
Véhicules lourds routiers	<	<	<	1 (< - 1)	6,2 M$ (2,0 M – 12 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**7,6 M$ (2,5 M$ – 15 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**5,7 M$ (1,8 M$ – 11 M$)**
Aérien	<	<	<	<	10 000 $ (3 100 $ – 21 000 $)
Maritime	<	<	<	<	0,86 M$ (0,29 M$ – 1,7 M$)
Ferroviaire	<	<	<	1 (< - 1)	4,8 M$ (1,5 M$ – 9,7 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**<**	**<**	**<**	**<**	**340 000 $ (110 000 $ – 670 000 $)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	64 000 $ (21 000 $ – 130 000 $)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	<	<	<	<	-56 000 $ (-110 000 $ – -17 000$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**3**	**1**	**4**	**7 (3 - 11)**	**58 M$ (18 M$ – 120 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	3	1	4	7 (3 - 11)	57 M$ (18 M$ – 120 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	110 000 $ (25 000 $ – 220 000 $)
Production d'électricité	**1**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**7,6 M$ (2,5 M$ – 15 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	1	<	<	1 (< - 1)	6,8 M$ (2,2 M$ – 13 M$)
Fabrication	**1**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**7,5 M$ (2,4 M$ – 15 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	0,93 M$ (0,30 M$ – 1,8 M$)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	< (< - 1)	2,7 M$ (0,89 M$ – 5,4 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**180 000 $ (51 000 $ – 370 000 $)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**1**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**5,3 M$ (1,8 M$ – 11 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**6**	**1**	**4**	**13 (6 - 19)**	**100 M$ (32 M$ – 200 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-22. Zone atmosphérique Haut-Athabasca, Alb. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Alb. – HAUT-ATHABASCA	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**1**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**10 M$ (3,4 M$ – 21 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	<	2,1 M$ (0,69 M$ – 4,1 M$)
Véhicules lourds routiers	<	<	<	1 (< - 2)	7,9 M$ (2,5 M$ – 16 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**<**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**8,3 M$ (2,8 M$ – 16 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**5,5 M$ (1,7 M$ – 11 M$)**
Aérien	<	<	<	<	59 000 $ (16 000 $ – 120 000 $)
Maritime	<	<	<	<	0,55 M$ (0,18 M$ – 1,1 M$)
Ferroviaire	<	<	<	1 (< - 1)	4,9 M$ (1,5 M$ – 9,9 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**<**	**<**	**<**	**<**	**1,6 M$ (0,50 M$ – 3,2 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	310 000 $ (98 000 $ – 620 000 $)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	<	<	<	<	-12 000 $ (-41 000 $ – 11 000 $)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**2**	**1**	**2**	**5 (2 - 8)**	**39 M$ (13 M$ – 78 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	2	1	2	5 (2 - 8)	38 M$ (12 M$ – 76 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	1,2 M$ (0,37 M$ – 2,3 M$)
Production d'électricité	**1**	**<**	**<**	**2 (1 - 3)**	**14 M$ (4,6 M$ – 28 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	1	<	<	2 (1 - 3)	14 M$ (4,4 M$ – 27 M$)
Fabrication	**1**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**9,4 M$ (3,1 M$ – 19 M$)**
Industrie chimique	1	<	<	1 (< - 1)	5,1 M$ (1,7 M$ – 10 M$)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	<	2,2 M$ (0,74 M$ – 4,4 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**0,64 M$ (0,21 M$ – 1,3 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**1**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**4,0 M$ (1,4 M$ – 7,8 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**6**	**1**	**2**	**12 (6 - 18)**	**93 M$ (30 M$ – 190 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-23. Zone atmosphérique Bas-Athabasca, Alb. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Alb. – BAS-ATHABASCA	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**<**	**<**	**<**	**< (< - 1)**	**3,8 M$ (1,2 M$ – 7,5 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	<	0,96 M$ (0,32 M$ – 1,9 M$)
Véhicules lourds routiers	<	<	<	< (< - 1)	3,0 M$ (0,97 M$ – 6,0 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**<**	**<**	**<**	**< (< - 1)**	**3,8 M$ (1,3 M$ – 7,6 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**<**	**<**	**<**	**< (< - 1)**	**2,5 M$ (0,80 M$ – 5,1 M$)**
Aérien	<	<	<	<	12 000 $ (4 100 $ – 25 000 $)
Maritime	<	<	<	<	230 000 $ (78 000 $ – 440 000 $)
Ferroviaire	<	<	<	<	2,3 M$ (0,72 M$ – 4,6 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**<**	**<**	**<**	**<**	**0,72 M$ (0,24 M$ – 1,4 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	290 000 $ (100 000 $ – 560 000 $)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	<	<	<	<	250 000 $ (86 000 $ – 490 000 $)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**1**	**<**	**2**	**3 (1 - 4)**	**21 M$ (6,8 M$ – 43 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	1	<	2	3 (1 - 4)	21 M$ (6,6 M$ – 41 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	0,60 M$ (0,20 M$ – 1,2 M$)
Production d'électricité	**1**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**5,6 M$ (1,8 M$ – 11 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	1	<	<	1 (< - 1)	5,5 M$ (1,8 M$ – 11 M$)
Fabrication	**<**	**<**	**<**	**< (< - 1)**	**3,6 M$ (1,2 M$ – 7,1 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	2,3 M$ (0,77 M$ – 4,6 M$)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	<	0,85 M$ (0,28 M$ – 1,7 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**320 000 $ (110 000 $ – 640 000 $)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**1,6 M$ (0,53 M$ – 3,1 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**2**	**<**	**2**	**5 (3 - 8)**	**43 M$ (14 M$ – 86 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

A.2.3 Zones atmosphériques de la Saskatchewan

Tableau A-24. Zone atmosphérique Great Plains, Sask. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Sask. – GREAT PLAINS	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[c, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**3**	**1**	**2**	**7 (3 - 10)**	**51 M$ (17 M$ – 100 M$)**
Véhicules légers routiers	1	<	<	2 (1 - 3)	13 M$ (4,3 M$ – 26 M$)
Véhicules lourds routiers	2	1	2	5 (2 - 7)	37 M$ (12 M$ – 73 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**2**	**<**	**2**	**6 (3 - 8)**	**43 M$ (15 M$ – 84 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**1**	**<**	**<**	**2 (1 - 3)**	**17 M$ (5,4 M$ – 34 M$)**
Aérien	<	<	<	<	89 000 $ (24 000 $ – 190 000 $)
Maritime	<	<	<	<	1,5 M$ (0,50 M$ – 2,9 M$)
Ferroviaire	1	<	<	2 (1 - 3)	15 M$ (4,9 M$ – 31 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**2**	**<**	**<**	**3 (1 - 4)**	**22 M$ (7,6 M$ – 44 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	360 000 $ (120 000 $ – 700 000 $)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	1	<	<	1 (< - 1)	6,8 M$ (2,3 M$ – 13 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**6**	**<**	**2**	**9 (5 - 14)**	**72 M$ (24 M$ – 140 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	5	<	2	8 (4 - 12)	65 M$ (22 M$ – 130 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	1	<	<	1 (< - 1)	6,9 M$ (2,2 M$ – 14 M$)
Production d'électricité	**6**	**<**	**2**	**7 (4 - 11)**	**58 M$ (19 M$ – 110 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	6	<	2	7 (4 - 10)	56 M$ (18 M$ – 110 M$)
Fabrication	**2**	**<**	**<**	**3 (1 - 4)**	**20 M$ (6,6 M$ – 39 M$)**
Industrie chimique	2	<	<	2 (1 - 3)	14 M$ (4,8 M$ – 28 M$)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	< (< - 1)	3,0 M$ (1,0 M$ – 5,8 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**< (< - 1)**	**2,9 M$ (0,82 M$ – 6,0 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**1**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**11 M$ (3,8 M$ – 22 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**23**	**1**	**8**	**38 (19 - 57)**	**300 M$ (99 M$ – 590 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-25. Zone atmosphérique Yellowhead-Ouest, Sask. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Sask. – YELLOWHEAD-OUEST	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**2**	**<**	**2**	**4 (2 - 5)**	**28 M$ (9,2 M$ – 55 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	1 (< - 1)	7,2 M$ (2,4 M$ – 14 M$)
Véhicules lourds routiers	1	<	1	3 (1 - 4)	20 M$ (6,6 M$ – 40 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**1**	**<**	**2**	**3 (2 - 5)**	**26 M$ (8,9 M$ – 51 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**1**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**11 M$ (3,6 M$ – 22 M$)**
Aérien	<	<	<	<	110 000 $ (30 000 $ – 220 000 $)
Maritime	<	<	<	<	1,0 M$ (0,34 M$ – 1,9 M$)
Ferroviaire	1	<	<	1 (1 - 2)	10 M$ (3,2 M$ – 20 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**1**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**11 M$ (3,7 M$ – 21 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	370 000 $ (120 000 $ – 730 000 $)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	<	<	<	<	2,5 M$ (0,87 M$ – 4,9 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**4**	**1**	**3**	**8 (4 - 12)**	**60 M$ (20 M$ – 120 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	4	1	3	7 (4 - 11)	58 M$ (19 M$ – 110 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	2,3 M$ (0,75 M$ – 4,5 M$)
Production d'électricité	**3**	**<**	**<**	**4 (2 - 6)**	**32 M$ (11 M$ – 63 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	3	<	<	4 (2 - 6)	30 M$ (10 M$ – 60 M$)
Fabrication	**1**	**<**	**<**	**2 (1 - 2)**	**12 M$ (4,0 M$ – 24 M$)**
Industrie chimique	1	<	<	1 (< - 1)	7,4 M$ (2,5 M$ – 14 M$)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	<	1,8 M$ (0,62 M$ – 3,6 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**1,4 M$ (0,35 M$ – 3,0 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**1**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**6,3 M$ (2,1 M$ – 12 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**14**	**1**	**7**	**24 (12 - 36)**	**190 M$ (62 M$ – 370 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-26. Zone atmosphérique Nord-Est, Sask. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Sask. – NORD-EST	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**1**	**<**	**<**	**2 (1 - 3)**	**14 M$ (4,8 M$ – 28 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	1 (< - 1)	3,8 M$ (1,3 M$ – 7,5 M$)
Véhicules lourds routiers	1	<	<	1 (1 - 2)	10 M$ (3,4 M$ – 20 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**1**	**<**	**1**	**2 (1 - 3)**	**14 M$ (4,7 M$ – 27 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**5,6 M$ (1,8 M$ – 11 M$)**
Aérien	<	<	<	<	63 000 $ (17 000 $ – 130 000 $)
Maritime	<	<	<	<	0,56 M$ (0,19 M$ – 1,1 M$)
Ferroviaire	<	<	<	1 (< - 1)	4,9 M$ (1,6 M$ – 9,8 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**1**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**6,3 M$ (2,2 M$ – 12 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	83 000 $ (23 000 $ – 170 000 $)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	<	<	<	< (< - 1)	2,8 M$ (0,97 M$ – 5,4 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**2**	**<**	**1**	**3 (2 - 4)**	**23 M$ (7,8 M$ – 46 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	2	<	1	3 (1 - 4)	22 M$ (7,4 M$ – 44 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	1,2 M$ (0,39 M$ – 2,3 M$)
Production d'électricité	**1**	**<**	**<**	**2 (1 - 3)**	**14 M$ (4,7 M$ – 27 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	1	<	<	2 (1 - 3)	14 M$ (4,5 M$ – 27 M$)
Fabrication	**1**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**5,2 M$ (1,8 M$ – 10 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	< (< - 1)	2,7 M$ (0,93 M$ – 5,4 M$)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	<	1,1 M$ (0,37 M$ – 2,1 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**0,98 M$ (0,26 M$ – 2,0 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**1**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**4,3 M$ (1,5 M$ – 8,5 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**8**	**<**	**2**	**11 (6 - 17)**	**88 M$ (29 M$ – 170 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-27. Zone atmosphérique Sud, Sask. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Sask. – SUD	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[c, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
TOUS les véhicules routiers	**1**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**10 M$ (3,4 M$ – 20 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	< (< - 1)	2,8 M$ (0,93 M$ – 5,5 M$)
Véhicules lourds routiers	<	<	<	1 (< - 1)	7,4 M$ (2,4 M$ – 15 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**1**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**11 M$ (3,7 M$ – 22 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**4,5 M$ (1,5 M$ – 9,0 M$)**
Aérien	<	<	<	<	82 000 $ (30 000 $ – 160 000 $)
Maritime	<	<	<	<	450 000 $ (150 000 $ – 870 000 $)
Ferroviaire	<	<	<	1 (< - 1)	4,0 M$ (1,3 M$ – 8,0 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**4,4 M$ (1,5 M$ – 8,7 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	160 000 $ (57 000$ – 310 000 $)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	<	<	<	<	1,9 M$ (0,65 M$ – 3,6 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**1**	**<**	**<**	**2 (1 - 4)**	**19 M$ (6,3 M$ – 37 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	1	<	<	2 (1 - 3)	17 M$ (5,8 M$ – 34 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	1,4 M$ (0,47 M$ – 2,8 M$)
Production d'électricité	**2**	**<**	**<**	**2 (1 - 3)**	**16 M$ (5,2 M$ – 31 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	1	<	<	2 (1 - 3)	16 M$ (5,1 M$ – 31 M$)
Fabrication	**<**	**<**	**<**	**< (< - 1)**	**3,9 M$ (1,3 M$ – 7,6 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	< (< - 1)	2,9 M$ (0,99 M$ – 5,6 M$)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	<	0,60 M$ (0,21 M$ – 1,2 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**0,56 M$ (0,18 M$ – 1,1 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**2,5 M$ (0,87 M$ – 4,9 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**5**	**<**	**<**	**9 (5 - 14)**	**72 M$ (24 M$ – 140 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-28. Zone atmosphérique Grasslands, Sask. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Sask. – GRASSLANDS	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	<	<	<	**1 (0 - 1)**	**7,1 M$ (2,4 M$ – 14 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	<	1,6 M$ (0,54 M$ – 3,2 M$)
Véhicules lourds routiers	<	<	<	1 (< - 1)	5,3 M$ (1,7 M$ – 10 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	<	<	<	**1 (1 - 2)**	**8,9 M$ (3,0 M$ – 17 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	<	<	<	**1 (< - 1)**	**3,8 M$ (1,2 M$ – 7,5 M$)**
Aérien	<	<	<	<	120 000 $ (41 000 $ – 240 000 $)
Maritime	<	<	<	<	480 000 $ (160 000 $ – 930 000 $)
Ferroviaire	<	<	<	< (< - 1)	3,2 M$ (1,0 M$ – 6,4 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	<	<	<	<	**1,8 M$ (0,62 M$ – 3,6 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	240 000 $ (80 000 $ – 470 000 $)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	<	<	<	<	0,54 M$ (0,18 M$ – 1,0 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	1	<	1	**2 (1 - 4)**	**18 M$ (6,1 M$ – 36 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	1	<	1	2 (1 - 3)	17 M$ (5,8 M$ – 34 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	0,83 M$ (0,28 M$ – 1,6 M$)
Production d'électricité	2	<	<	**2 (1 - 3)**	**16 M$ (5,3 M$ – 31 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	2	<	<	2 (1 - 3)	16 M$ (5,1 M$ – 31 M$)
Fabrication	<	<	<	**< (< - 1)**	**3,8 M$ (1,3 M$ – 7,5 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	< (< - 1)	2,9 M$ (1,0 M$ – 5,7 M$)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	<	470 000 $ (160 000 $ – 930 000 $)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	<	<	<	<	**390 000 $ (130 000 $ – 770 000 $)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	<	<	<	<	**1,4 M$ (0,50 M$ – 2,8 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**3**	**<**	**1**	**8 (4 - 12)**	**61 M$ (21 M$ – 120 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

A.2.4 Zone atmosphérique du Manitoba

Tableau A-29. Zone atmosphérique Manitoba, Man. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Man. – MANITOBA	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[a, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**24**	**14**	**1**	**38 (15 - 61)**	**290 M$ (65 M$ – 620 M$)**
Véhicules légers routiers	7	4	<	10 (4 - 17)	81 M$ (13 M$ – 180 M$)
Véhicules lourds routiers	16	9	<	25 (10 - 40)	190 M$ (40 M$ – 410 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**10**	**2**	**5**	**17 (9 - 26)**	**130 M$ (45 M$ – 260 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**6**	**2**	**1**	**10 (4 - 15)**	**74 M$ (21 M$ – 150 M$)**
Aérien	1	<	<	1 (< - 1)	6,9 M$ (1,7 M$ – 14 M$)
Maritime	<	<	<	< (< - 1)	3,2 M$ (1,1 M$ – 6,3 M$)
Ferroviaire	5	2	1	8 (4 - 13)	63 M$ (18 M$ – 130 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**17**	**<**	**<**	**18 (9 - 26)**	**140 M$ (48 M$ – 280 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	0,84 M$ (0,30 M$ – 1,6 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	4	<	<	4 (2 - 6)	31 M$ (10 M$ – 61 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**9**	**<**	**4**	**13 (7 - 19)**	**100 M$ (34 M$ – 200 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	9	<	4	13 (7 - 19)	99 M$ (34 M$ – 190 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	2,0 M$ (0,67 M$ – 4,0 M$)
Production d'électricité	**9**	**<**	**1**	**10 (5 - 15)**	**81 M$ (27 M$ – 160 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	9	<	<	10 (5 - 15)	79 M$ (26 M$ – 160 M$)
Fabrication	**5**	**<**	**<**	**6 (3 - 9)**	**48 M$ (16 M$ – 97 M$)**
Industrie chimique	2	<	<	3 (1 - 4)	24 M$ (7,4 M$ – 48 M$)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	<	2,5 M$ (0,85 M$ – 4,8 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**3**	**1**	**<**	**4 (2 - 7)**	**32 M$ (6,3 M$ – 70 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**17**	**<**	**<**	**17 (9 - 25)**	**130 M$ (45 M$ – 260 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**100**	**19**	**12**	**130 (63 - 200)**	**1,0 G$ (0,31 G$ – 2,1 G$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

A.2.5 Zones atmosphériques de l'Ontario

Tableau A-30. Zone atmosphérique Sud, Ont. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Ont. – SUD	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i]	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]	médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**330**	**130**	**10**	**470 (190 - 740)**	**3,7 G$ (0,75 G$ – 7,8 G$)**
Véhicules légers routiers	150	42	-1	190 (79 - 300)	1,5 G$ (0,33 G$ – 3,2 G$)
Véhicules lourds routiers	180	78	-4	250 (91 - 410)	2,0 G$ (0,28 G$ – 4,3 G$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**280**	**56**	**37**	**370 (180 - 560)**	**2,9 G$ (0,90 G$ – 5,8 G$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**58**	**25**	**4**	**88 (33 - 140)**	**0,69 G$ (0,12 G$ – 1,5 G$)**
Aérien	10	9	-6	14 (0 - 28)	110 M$ (-40 M$ – 300 M$)
Maritime	18	3	6	27 (13 - 40)	210 M$ (68 M$ – 410 M$)
Ferroviaire	30	13	4	47 (20 - 74)	360 M$ (91 M$ – 760 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**390**	**9**	**6**	**400 (210 - 600)**	**3,3 G$ (1,1 G$ – 6,7 G$)**
Fabrication de ciment	54	4	1	59 (27 - 92)	0,48 G$ (0,12 G$ – 1,0 G$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	100	<	<	100 (55 - 150)	0,88 G$ (0,29 G$ – 1,7 G$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**53**	**3**	**11**	**66 (34 - 98)**	**0,53 G$ (0,17 G$ – 1,1 G$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	15	1	9	24 (13 - 36)	190 M$ (65 M$ – 370 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	38	2	2	42 (21 - 62)	340 M$ (110 M$ – 680 M$)
Production d'électricité	**22**	**5**	**<**	**27 (12 - 42)**	**210 M$ (51 M$ – 430 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	14	<	<	15 (8 - 22)	120 M$ (39 M$ – 230 M$)
Fabrication	**82**	**6**	**16**	**100 (54 - 160)**	**0,84 G$ (0,27 G$ – 1,7 G$)**
Industrie chimique	27	2	2	30 (15 - 45)	250 M$ (79 M$ – 510 M$)
Industrie des pâtes et papiers	14	1	2	18 (9 - 26)	140 M$ (46 M$ – 280 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**99**	**31**	**-11**	**120 (49 - 190)**	**0,94 G$ (0,18 G$ – 2,0 G$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**510**	**1**	**2**	**510 (270 - 760)**	**4,1 G$ (1,4 G$ – 8,0 G$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**1 800**	**260**	**75**	**2 200 (1 000 - 3 300)**	**17 G$ (4,9 G$ – 35 G$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-31. Zone atmosphérique Hamilton, Ont. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Ont. – HAMILTON	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**18**	**7**	**2**	**27 (13 - 42)**	**210 M$ (68 M$ – 420 M$)**
Véhicules légers routiers	7	2	1	10 (5 - 15)	78 M$ (24 M$ – 160 M$)
Véhicules lourds routiers	11	5	1	16 (7 - 25)	120 M$ (38 M$ – 250 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**11**	**2**	**2**	**16 (8 - 24)**	**120 M$ (41 M$ – 240 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**3**	**1**	**<**	**5 (2 - 8)**	**41 M$ (12 M$ – 83 M$)**
Aérien	<	<	<	1 (< - 1)	4,3 M$ (0,38 M$ – 9,7 M$)
Maritime	1	<	<	2 (1 - 3)	13 M$ (4,3 M$ – 26 M$)
Ferroviaire	2	1	<	3 (1 - 5)	24 M$ (7,4 M$ – 47 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**55**	**2**	**-1**	**56 (27 - 84)**	**450 M$ (130 M$ – 910 M$)**
Fabrication de ciment	3	<	<	4 (2 - 5)	28 M$ (9,4 M$ – 55 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	5	<	<	5 (3 - 7)	39 M$ (13 M$ – 77 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**4**	**<**	**<**	**5 (3 - 7)**	**40 M$ (13 M$ – 78 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	1	<	<	2 (1 - 3)	14 M$ (4,7 M$ – 27 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	3	<	<	3 (2 - 5)	26 M$ (8,5 M$ – 51 M$)
Production d'électricité	**1**	**<**	**<**	**2 (1 - 2)**	**13 M$ (4,1 M$ – 25 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	1	<	<	1 (< - 1)	6,6 M$ (2,2 M$ – 13 M$)
Fabrication	**6**	**<**	**<**	**7 (3 - 10)**	**57 M$ (17 M$ – 110 M$)**
Industrie chimique	3	<	<	3 (1 - 5)	29 M$ (5,3 M$ – 61 M$)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	1 (< - 1)	4,5 M$ (1,5 M$ – 8,9 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**5**	**2**	**<**	**6 (3 - 10)**	**47 M$ (12 M$ – 99 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**35**	**<**	**<**	**36 (19 - 53)**	**280 M$ (96 M$ – 550 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**140**	**14**	**3**	**160 (78 - 240)**	**1,3 G$ (0,40 G$ – 2,5 G$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-32. Zone atmosphérique Nord, Ont. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Ont. – NORD	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**1**	**<**	**2**	**4 (2 - 6)**	**28 M$ (9,7 M$ – 55 M$)**
Véhicules légers routiers	1	<	<	1 (1 - 2)	9,5 M$ (3,3 M$ – 18 M$)
Véhicules lourds routiers	1	<	2	2 (1 - 4)	18 M$ (6,1 M$ – 35 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**1**	**<**	**2**	**3 (1 - 4)**	**19 M$ (6,7 M$ – 37 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**<**	**<**	**1**	**2 (1 - 3)**	**16 M$ (5,2 M$ – 31 M$)**
Aérien	<	<	<	<	110 000 $ (39 000 $ – 220 000 $)
Maritime	<	<	<	1 (< - 1)	3,8 M$ (1,3 M$ – 7,5 M$)
Ferroviaire	<	<	1	2 (1 - 2)	12 M$ (3,9 M$ – 23 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**7**	**<**	**<**	**8 (4 - 12)**	**66 M$ (22 M$ – 130 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	< (< - 1)	2,9 M$ (0,98 M$ – 5,6 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	6	<	<	6 (3 - 9)	51 M$ (17 M$ – 100 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**1**	**<**	**1**	**2 (1 - 3)**	**17 M$ (5,9 M$ – 33 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	1	<	1	2 (1 - 3)	13 M$ (4,6 M$ – 26 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	< (< - 1)	3,8 M$ (1,3 M$ – 7,3 M$)
Production d'électricité	**1**	**<**	**<**	**2 (1 - 3)**	**14 M$ (4,7 M$ – 26 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	1	<	<	1 (1 - 2)	10 M$ (3,6 M$ – 20 M$)
Fabrication	**1**	**<**	**<**	**2 (1 - 3)**	**15 M$ (5,3 M$ – 30 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	2,2 M$ (0,76 M$ – 4,3 M$)
Industrie des pâtes et papiers	1	<	<	1 (1 - 2)	8,6 M$ (3,0 M$ – 17 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**1,9 M$ (0,65 M$ – 3,9 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**4**	**<**	**<**	**4 (2 - 6)**	**30 M$ (10 M$ – 58 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**16**	**<**	**6**	**26 (14 - 39)**	**210 M$ (70 M$ – 410 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-33. Zone atmosphérique Sudbury, Ont. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Ont. – SUDBURY	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**2**	**<**	**<**	**3 (2 - 5)**	**24 M$ (7,9 M$ – 47 M$)**
Véhicules légers routiers	1	<	<	1 (1 - 2)	8,3 M$ (2,8 M$ – 16 M$)
Véhicules lourds routiers	1	<	<	2 (1 - 3)	14 M$ (4,6 M$ – 28 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**1**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**11 M$ (3,6 M$ – 21 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**<**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**9,2 M$ (3,0 M$ – 18 M$)**
Aérien	<	<	<	<	1,1 M$ (0,38 M$ – 2,1 M$)
Maritime	<	<	<	<	1,9 M$ (0,63 M$ – 3,6 M$)
Ferroviaire	<	<	<	1 (< - 1)	6,3 M$ (2,0 M$ – 12 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**8**	**<**	**<**	**8 (4 - 12)**	**80 M$ (23 M$ – 160 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	1,3 M$ (0,43 M$ – 2,5 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	6	<	<	7 (4 - 10)	67 M$ (19 M$ – 140 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**5,7 M$ (1,9 M$ – 11 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	<	<	<	< (< - 1)	3,4 M$ (1,2 M$ – 6,6 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	2,3 M$ (0,78 M$ – 4,5 M$)
Production d'électricité	**<**	**<**	**<**	**< (< - 1)**	**2,7 M$ (0,94 M$ – 5,2 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	<	<	<	<	2,2 M$ (0,77 M$ – 4,4 M$)
Fabrication	**1**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**7,1 M$ (2,4 M$ – 14 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	1,3 M$ (0,43 M$ – 2,5 M$)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	1 (< - 1)	5,4 M$ (1,9 M$ – 11 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**< (< - 1)**	**2,8 M$ (0,81 M$ – 5,8 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**3**	**<**	**<**	**3 (1 - 4)**	**20 M$ (6,8 M$ – 39 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**15**	**<**	**<**	**19 (10 - 28)**	**160 M$ (51 M$ – 320 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

A.2.6 Zones atmosphériques du Québec

Tableau A-34. Zone atmosphérique Sud, Qc – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique QC – SUD	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**260**	**120**	**25**	**400 (170 - 630)**	**3,1 G$ (0,74 G$ – 6,5 G$)**
Véhicules légers routiers	77	30	4	110 (47 - 180)	0,87 G$ (0,21 G$ – 1,8 G$)
Véhicules lourds routiers	181	79	8	270 (110 - 430)	2,1 G$ (0,46 G$ – 4,4 G$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**150**	**26**	**30**	**200 (100 - 310)**	**1,6 G$ (0,52 G$ – 3,2 G$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**54**	**29**	**17**	**100 (44 - 160)**	**0,78 G$ (0,22 G$ – 1,6 G$)**
Aérien	5	4	-1	8 (2 - 14)	65 M$ (4,9 M$ – 150 M$)
Maritime	28	15	11	55 (24 - 84)	420 M$ (130 M$ – 840 M$)
Ferroviaire	21	10	7	38 (17 - 60)	300 M$ (85 M$ – 600 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**330**	**8**	**10**	**350 (180 - 520)**	**2,9 G$ (0,95 G$ – 5,7 G$)**
Fabrication de ciment	43	4	3	50 (24 - 76)	420 M$ (120 M$ – 840 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	66	<	<	67 (35 - 99)	0,55 G$ (0,18 G$ – 1,1 G$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**27**	**4**	**3**	**35 (15 - 54)**	**290 M$ (63 M$ – 610 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	5	<	5	11 (6 - 16)	82 M$ (28 M$ – 160 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	22	4	-2	24 (10 - 39)	210 M$ (35 M$ – 450 M$)
Production d'électricité	**11**	**<**	**4**	**15 (8 - 22)**	**120 M$ (39 M$ – 230 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	7	<	<	8 (4 - 12)	63 M$ (21 M$ – 120 M$)
Fabrication	**58**	**7**	**9**	**74 (37 - 110)**	**0,60 G$ (0,19 G$ – 1,2 G$)**
Industrie chimique	12	1	1	14 (7 - 21)	120 M$ (35 M$ – 240 M$)
Industrie des pâtes et papiers	17	2	6	24 (12 - 36)	190 M$ (64 M$ – 380 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**20**	**6**	**-1**	**26 (11 - 41)**	**200 M$ (49 M$ – 420 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**1 400**	**3**	**2**	**1 400 (730 - 2 000)**	**11 G$ (3,7 G$ – 21 G$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**2 300**	**200**	**99**	**2 600 (1 300 - 3 900)**	**20 G$ (6,5 G$ – 40 G$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-35. Zone atmosphérique Est, Qc – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique QC – EST	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[c, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**1**	**<**	**2**	**3 (1 - 4)**	**20 M$ (6,8 M$ – 39 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	1 (< - 1)	5,5 M$ (1,9 M$ – 11 M$)
Véhicules lourds routiers	1	<	2	2 (1 - 3)	14 M$ (4,9 M$ – 28 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**1**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**10 M$ (3,6 M$ – 20 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**1**	**<**	**2**	**3 (2 - 5)**	**23 M$ (7,7 M$ – 46 M$)**
Aérien	<	<	<	<	230 000 $ (75 000 $ – 450 000 $)
Maritime	1	<	2	2 (1 - 4)	18 M$ (6,0 M$ – 36 M$)
Ferroviaire	<	<	<	1 (< - 1)	4,8 M$ (1,6 M$ – 9,5 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**4**	**<**	**<**	**4 (2 - 6)**	**35 M$ (12 M$ – 68 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	2,0 M$ (0,69 M$ – 3,9 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	2	<	<	2 (1 - 2)	13 M$ (4,6 M$ – 26 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**6,0 M$ (2,1 M$ – 12 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	<	<	<	< (< - 1)	3,0 M$ (1,0 M$ – 5,8 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	< (< - 1)	3,0 M$ (1,0 M$ – 5,8 M$)
Production d'électricité	**1**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**7,6 M$ (2,5 M$ – 15 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	1	<	<	1 (< - 1)	6,4 M$ (2,1 M$ – 13 M$)
Fabrication	**1**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**9,0 M$ (3,0 M$ – 18 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	0,83 M$ (0,29 M$ – 1,6 M$)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	1 (< - 1)	5,5 M$ (1,9 M$ – 11 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**0,59 M$ (0,20 M$ – 1,2 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**6**	**<**	**<**	**6 (3 - 9)**	**46 M$ (16 M$ – 90 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**15**	**<**	**4**	**20 (11 - 30)**	**160 M$ (54 M$ – 310 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-36. Zone atmosphérique Nord, Qc – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique QC – NORD	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**<**	**<**	**1**	**1 (1 - 2)**	**11 M$ (3,6 M$ – 21 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	<	2,4 M$ (0,81 M$ – 4,7 M$)
Véhicules lourds routiers	<	<	<	1 (< - 1)	7,3 M$ (2,5 M$ – 14 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**6,6 M$ (2,3 M$ – 13 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**<**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**7,7 M$ (2,6 M$ – 15 M$)**
Aérien	<	<	<	<	58 000 $ (15 000 $ – 120 000 $)
Maritime	<	<	<	1 (< - 1)	4,7 M$ (1,6 M$ – 9,2 M$)
Ferroviaire	<	<	<	0 (< - 1)	3,0 M$ (1,0 M$ – 5,8 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**4**	**<**	**<**	**5 (2 - 7)**	**39 M$ (13 M$ – 77 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	0,71 M$ (0,24 M$ – 1,4 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	2	<	<	2 (1 - 2)	14 M$ (4,6 M$ – 27 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**<**	**<**	**<**	**< (< - 1)**	**3,2 M$ (1,1 M$ – 6,3 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	<	<	<	<	2,5 M$ (0,87 M$ – 4,9 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	0,72 M$ (0,24 M$ – 1,4 M$)
Production d'électricité	**<**	**<**	**<**	**< (< - 1)**	**2,7 M$ (0,91 M$ – 5,2 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	<	<	<	<	1,4 M$ (0,47 M$ – 2,8 M$)
Fabrication	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**5,9 M$ (2,0 M$ – 12 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	260 000 $ (84 000 $ – 520 000 $)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	<	2,2 M$ (0,74 M$ – 4,2 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**430 000 $ (150 000 $ – 850 000 $)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**3**	**<**	**<**	**3 (1 - 4)**	**21 M$ (7,1 M$ – 41 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**7**	**<**	**1**	**12 (6 - 18)**	**97 M$ (33 M$ – 190 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

A.2.7 Zones atmosphériques du Nouveau-Brunswick

Tableau A-37. Zone atmosphérique Centre, N.-B. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique N.-B. – CENTRE	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[c, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**1**	**<**	**2**	**4 (2 - 6)**	**33 M$ (11 M$ – 64 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	1 (1 - 2)	9,7 M$ (3,3 M$ – 19 M$)
Véhicules lourds routiers	1	<	2	3 (2 - 4)	23 M$ (7,6 M$ – 45 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**1**	**<**	**2**	**2 (1 - 3)**	**13 M$ (4,6 M$ – 26 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**<**	**<**	**2**	**3 (2 - 5)**	**24 M$ (8,1 M$ – 48 M$)**
Aérien	<	<	<	<	290 000 $ (98 000 $ – 570 000 $)
Maritime	<	<	2	2 (1 - 3)	16 M$ (5,3 M$ – 30 M$)
Ferroviaire	<	<	<	1 (1 - 2)	8,4 M$ (2,7 M$ – 17 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**6**	**<**	**<**	**6 (3 - 9)**	**50 M$ (17 M$ – 99 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	1 (< - 1)	4,1 M$ (1,4 M$ – 7,9 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	3	<	<	3 (1 - 4)	21 M$ (7,2 M$ – 41 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**1**	**<**	**<**	**2 (1 - 2)**	**13 M$ (4,3 M$ – 25 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	<	<	<	1 (< - 1)	4,5 M$ (1,6 M$ – 8,7 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	1	<	<	1 (1 - 2)	8,2 M$ (2,7 M$ – 16 M$)
Production d'électricité	**1**	**<**	**<**	**2 (1 - 3)**	**15 M$ (5,1 M$ – 29 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	1	<	<	2 (1 - 2)	12 M$ (4,1 M$ – 24 M$)
Fabrication	**2**	**<**	**<**	**2 (1 - 3)**	**18 M$ (6,0 M$ – 35 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	1,7 M$ (0,58 M$ – 3,3 M$)
Industrie des pâtes et papiers	1	<	<	1 (1 - 2)	11 M$ (3,8 M$ – 22 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**1,9 M$ (0,64 M$ – 3,8 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**9**	**<**	**<**	**9 (5 - 14)**	**72 M$ (25 M$ – 140 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**21**	**<**	**6**	**31 (16 - 46)**	**240 M$ (82 M$ – 470 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-38. Zone atmosphérique Sud, N.-B. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique N.-B. – SUD	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**<**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**10 M$ (3,4 M$ – 20 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	< (< - 1)	3,0 M$ (1,0 M$ – 5,9 M$)
Véhicules lourds routiers	<	<	<	1 (< - 1)	6,9 M$ (2,3 M$ – 14 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**3,9 M$ (1,4 M$ – 7,7 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**<**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**11 M$ (3,5 M$ – 22 M$)**
Aérien	<	<	<	<	120 000 $ (44 000 $ – 230 000 $)
Maritime	<	<	<	1 (1 - 2)	8,7 M$ (2,8 M$ – 17 M$)
Ferroviaire	<	<	<	<	2,1 M$ (0,68 M$ – 4,1 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**5**	**<**	**<**	**5 (3 - 8)**	**41 M$ (14 M$ – 80 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	0,91 M$ (0,32 M$ – 1,8 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	1	<	<	1 (< - 1)	6,1 M$ (2,1 M$ – 12 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**1**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**9,7 M$ (2,1 M$ – 20 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	<	<	<	<	0,98 M$ (0,35 M$ – 1,9 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	1	<	<	1 (< - 2)	8,7 M$ (1,8 M$ – 18 M$)
Production d'électricité	**1**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**5,5 M$ (1,9 M$ – 11 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	<	<	<	1 (< - 1)	4,0 M$ (1,3 M$ – 7,8 M$)
Fabrication	**1**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**7,2 M$ (2,3 M$ – 14 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	120 000 $ (44 000 $ – 230 000 $)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	1 (< - 1)	5,0 M$ (1,6 M$ – 9,9 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**260 000 $ (84 000 $ – 520 000 $)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**3**	**<**	**<**	**3 (2 - 4)**	**23 M$ (7,8 M$ – 44 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**11**	**<**	**<**	**14 (7 - 21)**	**110 M$ (37 M$ – 220 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-39. Zone atmosphérique Nord, N.-B. – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique N.-B. – NORD	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**<**	**<**	**<**	**1 (0 - 1)**	**6,4 M$ (2,2 M$ – 13 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	<	1,5 M$ (0,50 M$ – 2,9 M$)
Véhicules lourds routiers	<	<	<	1 (< - 1)	4,4 M$ (1,5 M$ – 8,6 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**<**	**<**	**<**	**< (< - 1)**	**3,0 M$ (1,0 M$ – 5,8 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**5,7 M$ (1,9 M$ – 11 M$)**
Aérien	<	<	<	<	270 000 $ (99 000 $ – 530 000 $)
Maritime	<	<	<	1 (< - 1)	3,8 M$ (1,3 M$ – 7,3 M$)
Ferroviaire	<	<	<	<	1,6 M$ (0,55 M$ – 3,2 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**1**	**<**	**<**	**2 (1 - 2)**	**13 M$ (4,3 M$ – 26 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	440 000 $ (150 000 $ – 860 000 $)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	1	<	<	1 (< - 1)	6,1 M$ (2,0 M$ – 12 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**<**	**<**	**<**	**<**	**2,2 M$ (0,76 M$ – 4,2 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	<	<	<	<	1,1 M$ (0,37 M$ – 2,0 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	1,1 M$ (0,39 M$ – 2,2 M$)
Production d'électricité	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**4,6 M$ (1,5 M$ – 9,1 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	<	<	<	1 (< - 1)	4,2 M$ (1,4 M$ – 8,4 M$)
Fabrication	**<**	**<**	**<**	**< (< - 1)**	**3,2 M$ (1,1 M$ – 6,2 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	290 000 $ (100 000 $ – 550 000 $)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	<	1,8 M$ (0,61 M$ – 3,5 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**390 000 $ (140 000 $ – 760 000 $)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**2**	**<**	**<**	**2 (1 - 3)**	**16 M$ (5,6 M$ – 32 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**5**	**<**	**2**	**7 (4 - 10)**	**55 M$ (19 M$ – 110 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

A.2.8 Zones atmosphériques de la Nouvelle-Écosse

Tableau A-40. Zone atmosphérique Centre, Nouvelle-Écosse – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique N.-É. – CENTRE	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**1**	**<**	**2**	**3 (2 - 5)**	**24 M$ (7,9 M$ – 47 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	1 (< - 1)	6,8 M$ (2,3 M$ – 13 M$)
Véhicules lourds routiers	1	<	2	2 (1 - 3)	16 M$ (5,4 M$ – 32 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**<**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**8,5 M$ (2,9 M$ – 17 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**<**	**<**	**4**	**4 (2 - 7)**	**33 M$ (11 M$ – 65 M$)**
Aérien	<	<	<	<	0,52 M$ (0,16 M$ – 1,0 M$)
Maritime	<	<	4	4 (2 - 6)	30 M$ (9,8 M$ – 58 M$)
Ferroviaire	<	<	<	< (< - 1)	3,0 M$ (1,0 M$ – 5,9 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**3**	**<**	**<**	**3 (2 - 4)**	**24 M$ (8,2 M$ – 47 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	1,1 M$ (0,36 M$ – 2,3 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	1	<	<	1 (1 - 2)	9,7 M$ (3,3 M$ – 19 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**5,5 M$ (1,9 M$ – 11 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	<	<	<	<	2,3 M$ (0,81 M$ – 4,4 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	< (< - 1)	3,2 M$ (1,1 M$ – 6,3 M$)
Production d'électricité	**3**	**<**	**1**	**4 (2 - 6)**	**31 M$ (10 M$ – 60 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	2	<	<	3 (1 - 4)	22 M$ (7,2 M$ – 44 M$)
Fabrication	**1**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**6,6 M$ (2,2 M$ – 13 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	370 000 $ (120 000 $ – 730 000 $)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	< (< - 1)	3,5 M$ (1,2 M$ – 6,8 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**0,95 M$ (0,28 M$ – 2,0 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**6**	**<**	**<**	**6 (3 - 9)**	**50 M$ (17 M$ – 98 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**14**	**<**	**7**	**23 (12 - 35)**	**180 M$ (61 M$ – 360 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-41. Zone atmosphérique Nord, Nouvelle-Écosse – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique N.-É. – NORD	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[c, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	<	<	2	2 (1 - 2)	**11 M$ (3,9 M$ – 23 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	< (< - 1)	3,5 M$ (1,2 M$ – 6,9 M$)
Véhicules lourds routiers	<	<	<	1 (1 - 2)	8,5 M$ (2,8 M$ – 17 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	<	<	<	1 (< - 1)	**4,6 M$ (1,6 M$ – 8,9 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	<	<	2	2 (1 - 3)	**13 M$ (4,2 M$ – 25 M$)**
Aérien	<	<	<	<	110 000 $ (33 000 $ – 220 000 $)
Maritime	<	<	2	1 (1 - 2)	10 M$ (3,3 M$ – 20 M$)
Ferroviaire	<	<	<	< (< - 1)	2,9 M$ (0,94 M$ – 5,7 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	2	<	<	2 (1 - 3)	**14 M$ (5,0 M$ – 28 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	1,7 M$ (0,59 M$ – 3,4 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	1	<	<	1 (< - 1)	6,2 M$ (2,2 M$ – 12 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	<	<	<	1 (< - 1)	**3,9 M$ (1,3 M$ – 7,5 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	<	<	<	<	1,9 M$ (0,66 M$ – 3,7 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	1,9 M$ (0,67 M$ – 3,8 M$)
Production d'électricité	2	<	<	3 (1 - 4)	**22 M$ (7,0 M$ – 44 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	2	<	<	2 (1 - 3)	19 M$ (6,1 M$ – 39 M$)
Fabrication	1	<	<	1 (1 - 2)	**9,2 M$ (3,1 M$ – 18 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	350 000 $ (120 000 $ – 670 000 $)
Industrie des pâtes et papiers	1	<	<	1 (< - 1)	7,3 M$ (2,5 M$ – 14 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	<	<	<	<	**0,93 M$ (0,32 M$ – 1,8 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	3	<	<	3 (2 - 5)	**24 M$ (8,3 M$ – 47 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	8	<	4	13 (7 - 20)	**100 M$ (35 M$ – 200 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-42. Zone atmosphérique Ouest, Nouvelle-Écosse – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique N.-É. – OUEST	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[c, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
TOUS les véhicules routiers	**<**	**<**	**2**	**1 (1 - 2)**	**11 M$ (3,7 M$ – 22 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	< (< - 1)	3,1 M$ (1,0 M$ – 6,1 M$)
Véhicules lourds routiers	<	<	<	1 (1 - 2)	7,9 M$ (2,6 M$ – 15 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**4,5 M$ (1,6 M$ – 8,8 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**<**	**<**	**2**	**2 (1 - 3)**	**14 M$ (4,6 M$ – 27 M$)**
Aérien	<	<	<	<	77 000 $ (25 000 $ – 160 000 $)
Maritime	<	<	2	2 (1 - 2)	12 M$ (4,0 M$ – 24 M$)
Ferroviaire	<	<	<	<	1,6 M$ (0,54 M$ – 3,1 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**2**	**<**	**<**	**2 (1 - 3)**	**16 M$ (5,7 M$ – 32 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	1,4 M$ (0,48 M$ – 2,7 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	1	<	<	1 (< - 1)	6,9 M$ (2,4 M$ – 13 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**4,6 M$ (1,6 M$ – 9,0 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	<	<	<	<	1,7 M$ (0,59 M$ – 3,3 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	< (< - 1)	3,0 M$ (1,0 M$ – 5,8 M$)
Production d'électricité	**1**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**9,7 M$ (3,3 M$ – 19 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	1	<	<	1 (< - 1)	7,3 M$ (2,5 M$ – 14 M$)
Fabrication	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**4,1 M$ (1,4 M$ – 8,1 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	420 000 $ (150 000 $ – 820 000 $)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	<	2,1 M$ (0,71 M$ – 4,0 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**310 000 $ (94 000 $ – 630 000 $)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**3**	**<**	**<**	**3 (2 - 5)**	**27 M$ (9,2 M$ – 52 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**6**	**<**	**4**	**12 (6 - 18)**	**91 M$ (31 M$ – 180 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

Tableau A-43. Zone atmosphérique Est, Nouvelle-Écosse – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique N.-É. – EST	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
TOUS les véhicules routiers	<	<	<	1 (1 - 2)	**8,7 M$ (2,9 M$ – 17 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	< (< - 1)	2,6 M$ (0,87 M$ – 5,1 M$)
Véhicules lourds routiers	<	<	<	1 (< - 1)	6,1 M$ (2,0 M$ – 12 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	<	<	<	< (< - 1)	**3,4 M$ (1,2 M$ – 6,6 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	<	<	2	2 (1 - 3)	**17 M$ (5,6 M$ – 34 M$)**
Aérien	<	<	<	<	65 000 $ (18 000 $ – 140 000 $)
Maritime	<	<	2	2 (1 - 3)	15 M$ (4,8 M$ – 29 M$)
Ferroviaire	<	<	<	<	2,3 M$ (0,77 M$ – 4,6 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	1	<	<	1 (1 - 2)	**8,8 M$ (3,1 M$ – 17 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	1,3 M$ (0,45 M$ – 2,4 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	1	<	<	1 (< - 1)	4,4 M$ (1,5 M$ – 8,4 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	<	<	<	< (< - 1)	**3,6 M$ (1,2 M$ – 6,9 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	<	<	<	<	2,3 M$ (0,80 M$ – 4,5 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	1,3 M$ (0,44 M$ – 2,4 M$)
Production d'électricité	2	<	<	3 (2 - 5)	**28 M$ (8,9 M$ – 54 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	2	<	<	3 (2 - 5)	25 M$ (8,0 M$ – 50 M$)
Fabrication	<	<	<	< (< - 1)	**2,9 M$ (1,0 M$ – 5,7 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	0,97 M$ (0,34 M$ – 1,9 M$)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	<	1,5 M$ (0,53 M$ – 3,0 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	<	<	<	<	**1,0 M$ (0,35 M$ – 2,0 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	3	<	<	3 (1 - 4)	**20 M$ (6,9 M$ – 38 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	6	<	2	12 (6 - 18)	**93 M$ (31 M$ – 180 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

A.2.9 Zone atmosphérique de l'Île-du-Prince-Édouard

Tableau A-44. Zone atmosphérique Île-du-Prince-Édouard – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique Î-P-É – ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	**1**	**<**	**<**	**2 (1 - 2)**	**12 M$ (3,8 M$ – 23 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	< (< - 1)	3,0 M$ (0,98 M$ – 5,9 M$)
Véhicules lourds routiers	<	<	<	1 (1 - 2)	8,0 M$ (2,6 M$ – 16 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**4,8 M$ (1,6 M$ – 9,3 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	**<**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**11 M$ (3,7 M$ – 22 M$)**
Aérien	<	<	<	<	0,57 M$ (0,20 M$ – 1,1 M$)
Maritime	<	<	<	1 (1 - 2)	8,6 M$ (2,9 M$ – 17 M$)
Ferroviaire	<	<	<	<	1,8 M$ (0,61 M$ – 3,6 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	**1**	**<**	**<**	**1 (1 - 2)**	**11 M$ (3,8 M$ – 22 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	0,79 M$ (0,27 M$ – 1,5 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	1	<	<	1 (< - 1)	4,4 M$ (1,5 M$ – 8,6 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	**<**	**<**	**<**	**< (< - 1)**	**3,3 M$ (1,1 M$ – 6,3 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	<	<	<	<	1,3 M$ (0,46 M$ – 2,6 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	<	<	<	<	1,9 M$ (0,66 M$ – 3,8 M$)
Production d'électricité	**1**	**<**	**<**	**2 (1 - 2)**	**13 M$ (4,4 M$ – 26 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	1	<	<	1 (1 - 2)	11 M$ (3,4 M$ – 21 M$)
Fabrication	**<**	**<**	**<**	**1 (< - 1)**	**4,1 M$ (1,4 M$ – 8,0 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	0,52 M$ (0,19 M$ – 1,0 M$)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	< (< - 1)	2,7 M$ (0,95 M$ – 5,4 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	**<**	**<**	**<**	**<**	**0,74 M$ (0,24 M$ – 1,5 M$)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	**3**	**<**	**<**	**3 (1 - 4)**	**20 M$ (6,8 M$ – 39 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	**6**	**<**	**<**	**10 (5 - 15)**	**80 M$ (27 M$ – 160 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément).

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

A.2.10 Zones atmosphériques de Terre-Neuve-et-Labrador

Tableau A-45. Zone atmosphérique Terre-Neuve-et-Labrador – Mortalité prématurée toutes causes confondues et valeur socio-économique par secteur et polluant (2015).

Zone atmosphérique T.-N.-L. – TERRE–NEUVE-ET-LABRADOR	MORTALITÉ PAR POLLUANT[a, b, c, i]			MORTALITÉ TOUS LES POLLUANTS[e, i] médiane (2,5 % – 97,5 % IC)	VALEUR TOTALE[f] (mortalité et morbidité) médiane (2,5 % – 97,5 % CI)
	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3[d]		
SECTEURS DU TRANSPORT ET DE L'ÉQUIPEMENT MOBILE					
Tous les véhicules routiers	<	<	1	1 (1 - 2)	**11 M$ (3,8 M$ – 22 M$)**
Véhicules légers routiers	<	<	<	<	2,3 M$ (0,79 M$ – 4,5 M$)
Véhicules lourds routiers	<	<	<	1 (< - 1)	7,1 M$ (2,4 M$ – 14 M$)
Véhicules hors route et équipement mobile	<	<	<	1 (< - 1)	**7,2 M$ (2,4 M$ – 14 M$)**
Modes aérien, maritime et ferroviaire	<	<	3	3 (2 - 5)	**26 M$ (8,7 M$ – 50 M$)**
Aérien	<	<	<	<	93 000 $ (36 000 $ – 170 000 $)
Maritime	<	<	3	3 (2 - 5)	24 M$ (8,0 M$ – 46 M$)
Ferroviaire	<	<	<	<	1,8 M$ (0,64 M$ – 3,4 M$)
SECTEURS INDUSTRIELS					
Industrie des minerais et des minéraux	1	<	<	2 (1 - 2)	**12 M$ (4,2 M$ – 23 M$)**
Fabrication de ciment	<	<	<	<	0,72 M$ (0,26 M$ – 1,4 M$)
Affinage et fusion des métaux non ferreux	1	<	<	1 (< - 1)	4,4 M$ (1,5 M$ – 8,4 M$)
Industrie pétrolière et gazière[g]	1	<	<	1 (1 - 2)	**8,9 M$ (2,8 M$ – 18 M$)**
Secteur amont du pétrole et du gaz	<	<	<	<	2,4 M$ (0,85 M$ – 4,6 M$)
Secteur aval du pétrole et du gaz	1	<	<	1 (< - 1)	6,6 M$ (1,9 M$ – 13 M$)
Production d'électricité	2	<	<	3 (1 - 4)	**22 M$ (7,4 M$ – 43 M$)**
Production d'électricité par les centrales au charbon	1	<	<	2 (1 - 3)	15 M$ (5,1 M$ – 30 M$)
Fabrication	<	<	<	<	**2,0 M$ (0,70 M$ – 3,9 M$)**
Industrie chimique	<	<	<	<	93 000 $ (36 000 $ – 170 000 $)
Industrie des pâtes et papiers	<	<	<	<	1,2 M$ (0,43 M$ – 2,3 M$)
SECTEURS RÉSIDENTIELS					
Utilisation de combustibles – milieu résidentiel	<	<	<	<	**330 000 $ (110 000 $ – 650 000 $)**
Combustion de bois – milieu résidentiel	3	<	<	3 (2 - 5)	**26 M$ (9,0 M$ – 51 M$)**
TOTAL DES SECTEURS MODÉLISÉS[h]	7	<	4	15 (8 - 22)	**120 M$ (39 M$ – 230 M$)**

[a] Mortalité due à l'exposition chronique ($PM_{2,5}$), mortalité due à l'exposition aiguë (NO_2, O_3) et mortalité respiratoire due à l'exposition chronique (O_3 estival).

[b] Médiane des estimations de décès prématurés, arrondie au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les totaux peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[c] Une mortalité négative correspond à une différence négative de la concentration ambiante modélisée de polluant (scénario de référence moins les émissions du secteur fixées à zéro). Les impacts négatifs à la santé de l'O_3 peuvent se produire dans les zones d'émissions de NO_x élevées.

[d] Somme des concentrations d'O_3 annuel (mortalité due à une exposition aiguë) et des concentrations d'O_3 estival (mortalité respiratoire due à une exposition chronique).

[e] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme de la mortalité due à une exposition aiguë (NO_2, O_3), de la mortalité due à une exposition chronique ($PM_{2,5}$) et de la mortalité respiratoire due à une exposition chronique (O_3 estival) (à partir de la simulation Monte-Carlo dans l'OEBQA); arrondis au nombre entier le plus proche et à un maximum de deux chiffres significatifs; les valeurs totales peuvent ne pas correspondre en raison des chiffres arrondis.

[f] Médiane, 2,5e centile et 97,5e centile de la somme des estimations de la valeur socio-économique des effets à la santé (tous les polluants, tous les effets de mortalité et de morbidité) (à partir de la simulation de Monte-Carlo dans l'OEBQA). Exprimée en milliards (G) ou en millions (M) de dollars canadiens et basée sur la devise de 2015.

[g] Les données du secteur de l'industrie du pétrole et du gaz sont la somme des secteurs visés (pétrole et gaz en amont, pétrole et gaz en aval).

[h] Estimation de la somme des simulations du modèle par secteur (non modélisés séparément)..

[i] Un nombre de décès inférieur à 1 est indiqué par <.

A.2.11 Limites des zones atmosphériques



Figure A-1 Noms et limites des zones atmosphériques dans les provinces de l'Ouest (Colombie-Britannique, Alberta, Saskatchewan, Manitoba).

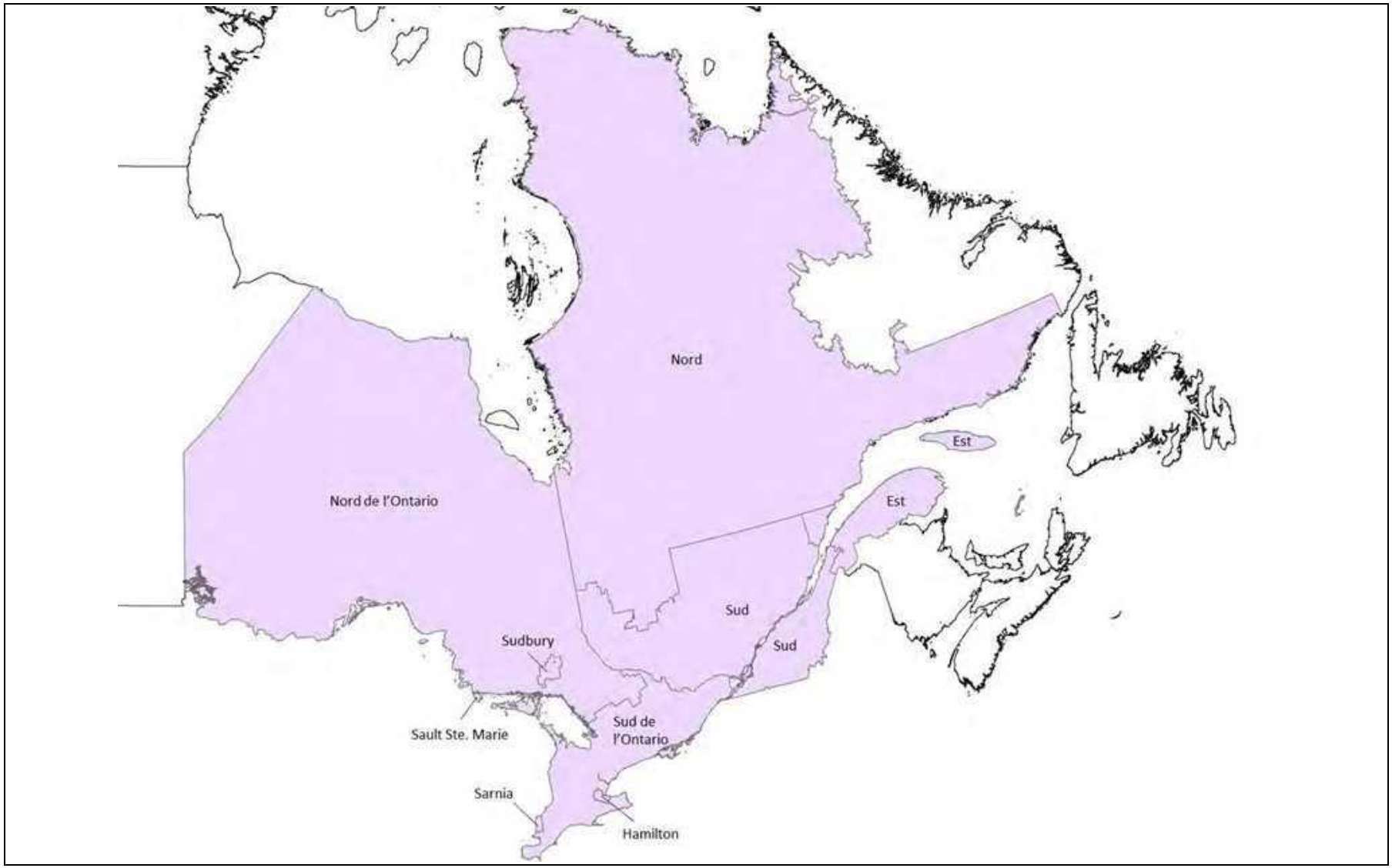


Figure A-2 Noms et limites des zones atmosphériques dans les provinces du Centre (Ontario, Québec).

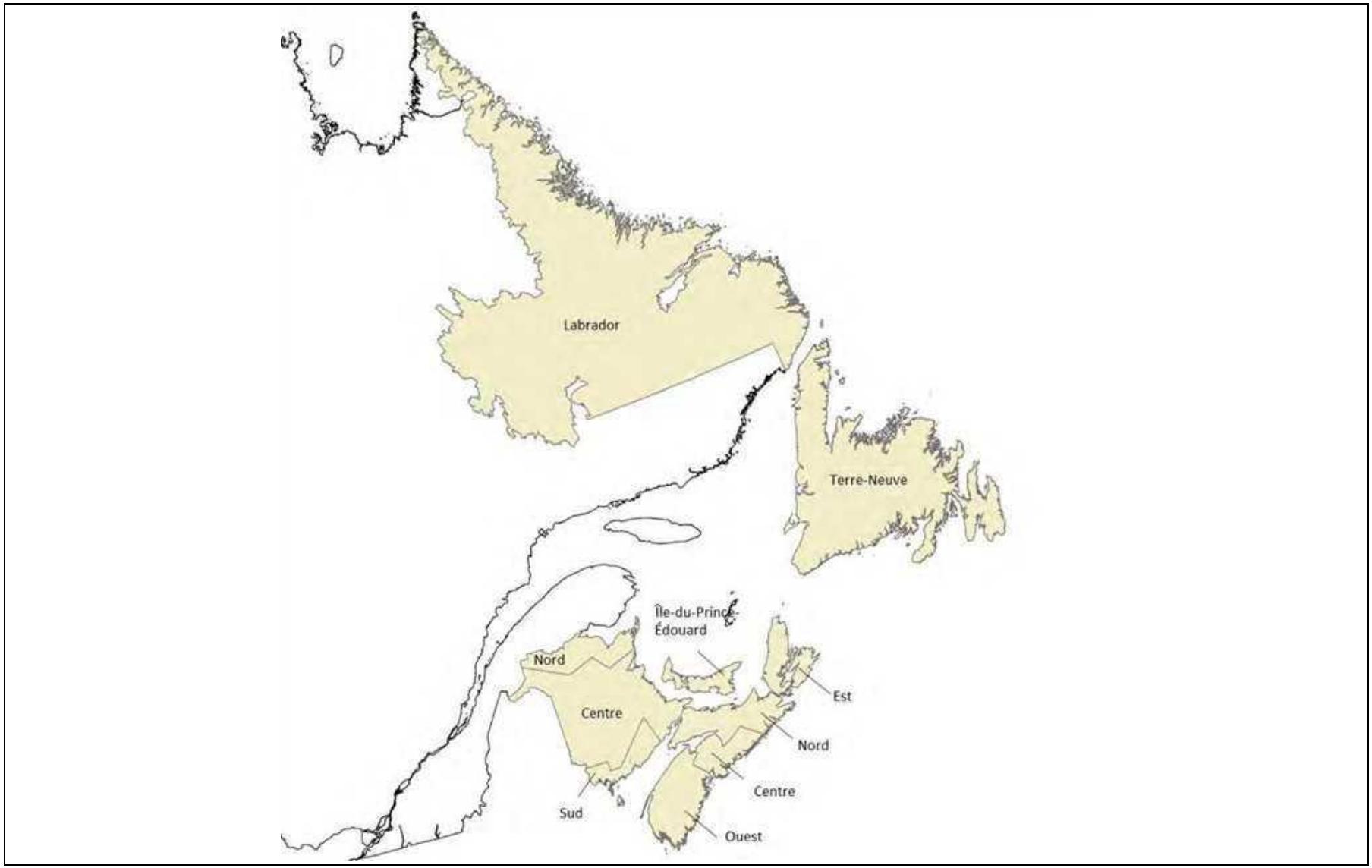


Figure A-3 Noms et limites des zones atmosphériques des provinces de l'Atlantique (Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse, Île-du-Prince-Édouard, Terre-Neuve et Labrador).



Figure A-4 Noms et limites des zones atmosphériques de la région du Nord (Yukon, Territoires du Nord-Ouest, Nunavut).

Supplementary Information

Improving residential wood burning emission inventories with the integration of readily available data sources

Jad Zalzal[1]
Email: jad.zalzal@mail.utoronto.ca
Ying Liu[2]
Email: ying.liu.2@umontreal.ca
Audrey Smargiassi[2]
Email: audrey.smargiassi@umontreal.ca
and Marianne Hatzopoulou[1*]
Email: marianne.hatzopoulou@utoronto.ca
Phone: 416-978-0864, **Fax:** 416-978-6813

[1]Department of Civil & Mineral Engineering, University of Toronto, 35 St George Street, Toronto, ON M5S1A4
[2]Université de Montréal, Département de santé environnementale et santé au travail, Montréal, Québec, Canada
[*]Corresponding author.

Keywords: Air pollution, Residential Wood Burning, Machine Learning, Emissions Modeling, Household Surveys

This file includes 46 pages, 28 Figures and 11 Tables

Table of Contents

1 Methodology 7

1.1 Census data 7

1.2 Real estate data 9

1.3 Spatial autocorrelation 11

1.4 Model Development 12

1.5 Monte Carlo simulation 14

1.6 Reference stations 16

2 Results 17

2.1 Real estate data descriptive statistics 17

2.2 Survey descriptive statistics 18

2.3 LightGBM model performance 25

2.4 LightGBM model outputs 26

2.5 Regional emissions estimates 28

2.6 Comparison with APEI 40

2.7 Comparison with $PM_{2.5}$ measurements 44

2.8 Comparison with number of detached homes and population 47

References 48

List of Figures

Figure S1. Economic regions of the province of Quebec 9
Figure S2. Dissemination areas of the province of Quebec 10
Figure S3. Sample of Centris real estate data around the region of Montreal 11
Figure S4. Fractions of (a) apartments with fireplaces and of (b) detached homes with wood stoves at the DA level. DAs labeled with insufficient data did not meet the cutoff of 20 for detached homes or 10 for apartments 12
Figure S5. $PM_{2.5}$ concentrations at 42 reference stations during the winter of 2019 18
Figure S6. Number of respondents from the first household survey per economic region 20
Figure S7. Kg of dry wood burned per wood stove (non-pellet) and fireplace per region per year (obtained from surveys #1 and #2) in primary residences. The dashed horizontal lines show the mean weight of wood burned per year across all respondents per wood stove in blue and fireplace in pink. 21
Figure S8. Frequency of use of different wood burning appliances obtained from surveys #1 and #2. N refers to the total number of appliances in the survey. Some respondents had multiple appliances. 25
Figure S9. Ownership rates of fireplaces (top) and woodstoves (bottom) per DA for all residences (i.e., not broken down by residence type) 28
Figure S10. Total number of fireplaces (top figures) and wood stoves (bottom figures) per DA obtained using Equation (2). 29
Figure S11. PM_{10} RWB emissions per economic region. The bars show the 95% confidence interval 30
Figure S12. CO RWB emissions per economic region. The bars show the 95% confidence interval 31
Figure S13. NOx RWB emissions per economic region. The bars show the 95% confidence interval 32
Figure S14. SO_2 RWB emissions per economic region. The bars show the 95% confidence interval 33
Figure S15. VOC RWB emissions per economic region. The bars show the 95% confidence interval 34

Figure S16. $PM_{2.5}$ RWB emissions per economic region. The bars show the 95% confidence interval 35
Figure S17. Emission intensities per residence at the DA level (top) and the number of residences at the DA level (bottom) 37
Figure S18. Distribution of $PM_{2.5}$ RWB emissions at a random sample of 25 DAs..... 38
Figure S19. Coefficient of variation of $PM_{2.5}$ emissions at the DA level..... 39
Figure S20. Annual $PM_{2.5}$ emissions from fireplaces, wood stoves and air furnaces per economic region. The remaining appliances all had annual emissions less than 100 Tons per region. The bars show the 95% confidence interval 40
Figure S21. Annual $PM_{2.5}$ emissions from detached homes, apartments, attached homes and secondary homes per economic region. The bars show the 95% confidence interval..... 41
Figure S22. $PM_{2.5}$ emissions from the new emission inventory at the DA level plotted against ECCC's APEI inventory. Each dot represents a DA and the dashed line represents the best fit line. 42
Figure S23. Spatial distribution of RWB emissions estimated using the new emission inventory on the left and the APEI inventory on the right 43
Figure S24. Spatially gridded, annual $PM_{2.5}$ emissions from the RWB sector and reductions under different scenarios at a $1Km^2$ spatial resolution. 45
Figure S25. Diurnal trends of $PM_{2.5}$ measurements at 42 reference stations for the winter and summer seasons. The stations are sorted by increasing RWB emissions. 46
Figure S26. Diurnal trends of $PM_{2.5}$ measurements at 42 reference stations for winter season weekdays and weekends. The stations are sorted by increasing RWB emissions. 47
Figure S27. Scatter plot showing (1) average $PM_{2.5}$ concentrations, (2) the difference between peak and non-peak $PM_{2.5}$ concentrations on weekdays and (3) the difference between peak and non-peak $PM_{2.5}$ concentrations on weekends at 42 reference stations for the summer season (top) and the winter season (bottom) plotted versus the log of APEI RWB emissions at a $1Km^2$ resolution. The dashed lines represent the best fit lines..... 48
Figure S28. Annual $PM_{2.5}$ emissions at the DA level, plotted against population (left) and number of detached homes (right). Each dot refers to a single DA and the dashed line is the best fit line. 49

List of Tables

Table S1. Moran's I values for the six combinations of appliance type and residence type 14
Table S2. Hyperparameters used to train the LightGBM models 15
Table S3. Details of Monte Carlo simulation 17
Table S4. Fractions of residences that own a fireplace or a woodstove per residence type obtained from Centris after data cleaning 20
Table S5. Annual average weight of dry wood (in Kg) burned per appliance and region in primary residences from surveys #1 and #2 23
Table S6. Fraction of respondents that owned the different types of RWB appliances from survey #1 24
Table S7. Fractions of pellet stoves and open fireplaces from surveys #1 and #2. The fractions of non-pellet stoves are equal to: 1-fraction of pellet stoves and the fractions of enclosed fireplaces are equal to: 1-fraction of open fireplaces 25
Table S8. Summary of RWB in secondary residences from surveys #1 and #2. The total number of appliances in secondary residences is 1,533 (from 8,990 secondary residences). 27
Table S9. Performance of LightGBM models for fireplaces and wood stoves 28
Table S10. Summary of yearly $PM_{2.5}$ emissions from the RWB sector per region 37
Table S11. $PM_{2.5}$ emissions per economic region for scenarios 2 (base case), 3 (full certification) and 4 (pellet stoves + full certification) 45

1 Methodology

1.1 Census data

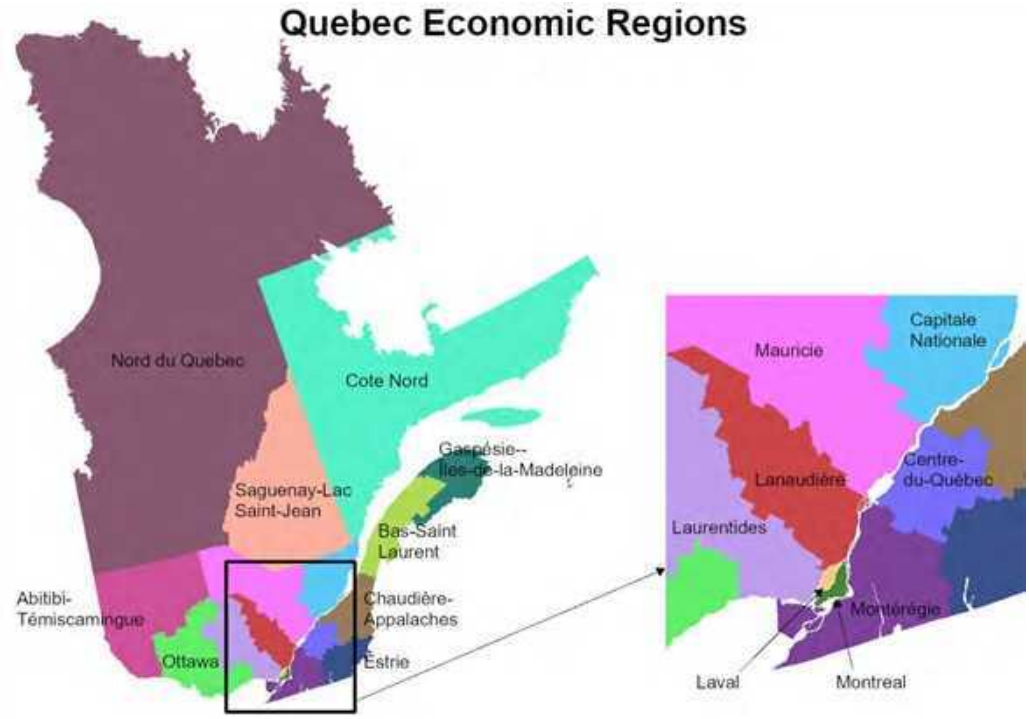


Figure S1. Economic regions of the province of Quebec

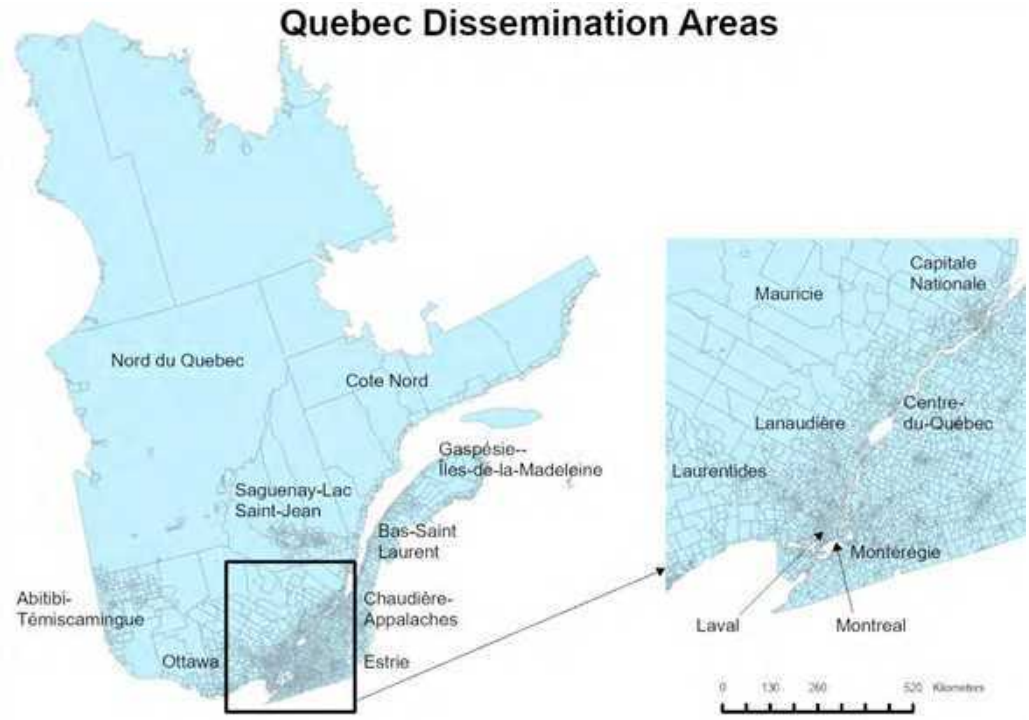


Figure S2. Dissemination areas of the province of Quebec

1.2 Real estate data

Figure S3 shows a sample of the real estate data obtained from Centris in the region of Montreal. **Figure S4** shows the Centris data aggregated at the DA level according to the cut-off of 20 detached homes, 10 attached homes and 10 apartments per DA. Figure S4 only shows the fractions of apartments that own a fireplace (Figure S4a) and the fractions of detached homes that own a wood stove (Figure S4b).

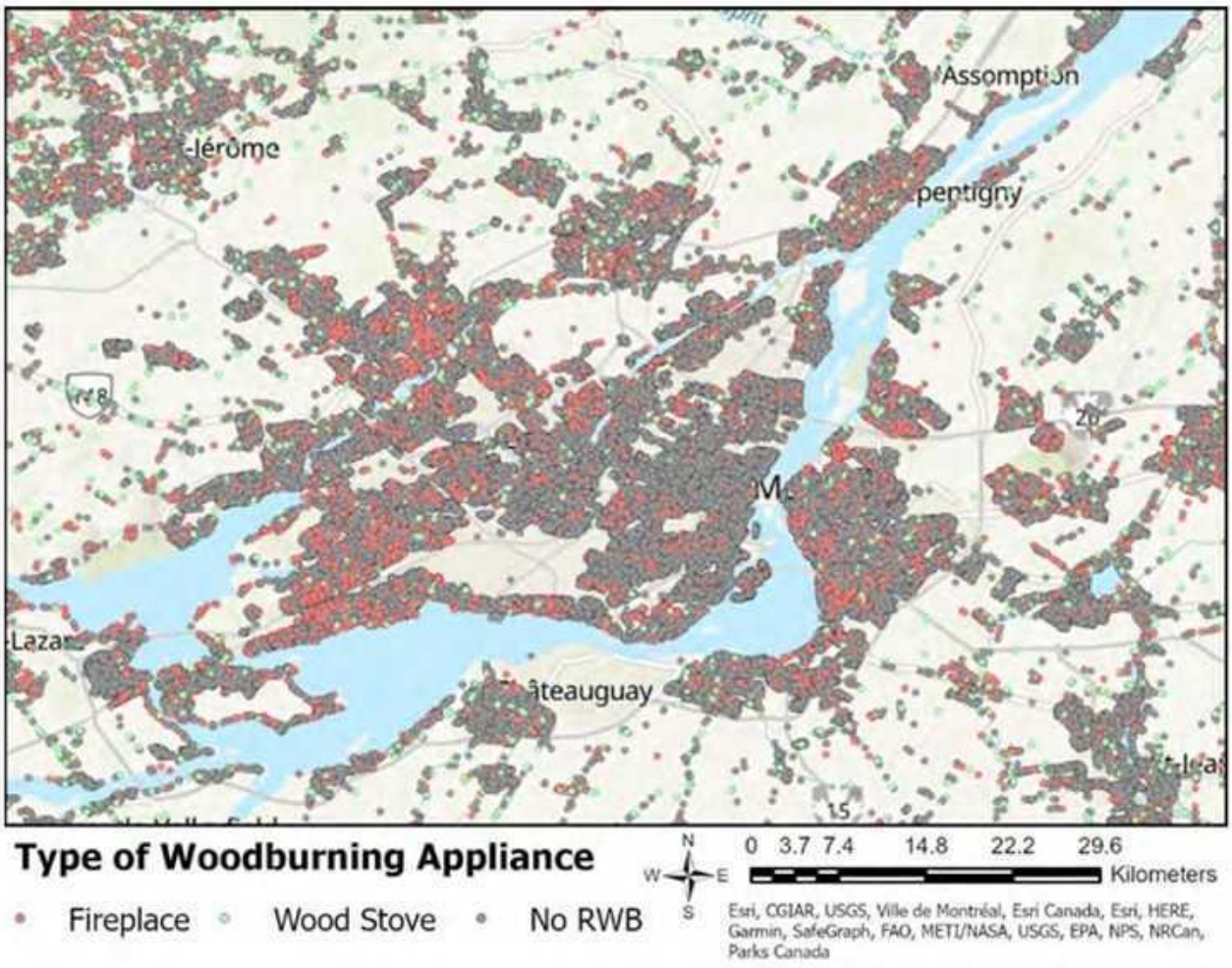


Figure S3. Sample of Centris real estate data around the region of Montreal

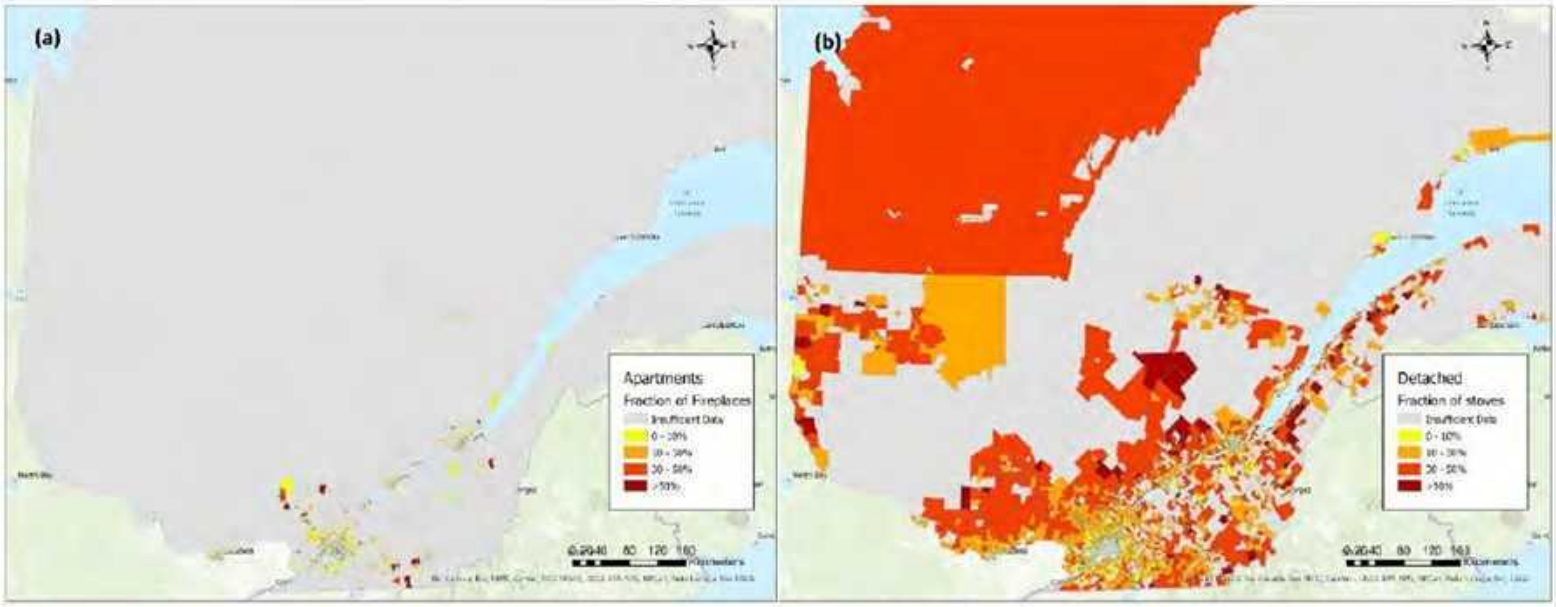


Figure S4. Fractions of (a) apartments with fireplaces and of (b) detached homes with wood stoves at the DA level. DAs labeled with insufficient data did not meet the cutoff of 20 for detached homes or 10 for apartments.

1.3 Spatial autocorrelation

We assessed the spatial autocorrelation of fireplace and wood stove ownership rates for detached homes, attached homes and apartments at the DA level using Moran's I. Moran's I is a measure of spatial autocorrelation that quantifies the degree to which similar values are clustered together in a spatial distribution. It ranges from -1 to 1, where a value close to 1 indicates strong positive spatial autocorrelation (similar values are clustered), a value close to -1 indicates strong negative spatial autocorrelation (dissimilar values are clustered), and a value near 0 suggests no spatial autocorrelation (values are randomly distributed). Our results show that all combinations of appliance and residence types had a positive and significant (p-value<0.01) spatial autocorrelation. The Moran's I values are summarized in Table S1.

Table S1. Moran's I values for the six combinations of appliance type and residence type

Residence type	**Appliance type**	**Moran's I**	**p-value**
Apartment	Fireplace	0.27	<0.01
Apartment	Stove	0.07	<0.01
Detached home	Fireplace	0.58	<0.01
Detached home	Stove	0.58	<0.01
Attached home	Fireplace	0.32	<0.01
Attached home	Stove	0.08	<0.01

1.4 Model Development

Table S2 summarizes the hyperparameters that were used for hyperparameter tuning of the LightGBM models, as well as the final hyperparameters that were used for model training.

Table S2. Hyperparameters used to train the LightGBM models

Hyperparameter	**Description**	**Range tested**	**Final Hyperparameter for stove model**	**Final Hyperparameter for fireplace model**
n_estimators	Number of boosting rounds (trees) to be run.	50-400	100	100
learning_rate	Step size shrinkage to prevent overfitting. Lower values make the algorithm more robust but slower.	0.02-0.5	0.15	0.11
max_depth	Maximum depth of a tree, controls the complexity of the individual trees.	3-8	3	7
num_leaves	Maximum number of leaves in each tree, controls the complexity of individual trees.	5-10	7	9
feat_frac	Fraction of features used for training each tree.	0.1-1	0.8	0.8
lambda_l1	L1 regularization term on weights. Adds penalty to the absolute values of the weights.	0-1	0.7	0.6

1.5 Monte Carlo simulation

Table S3. Details of Monte Carlo simulation

Parameter	Description	Distribution	Source
$TOTres_{jd}$	Total number of residences of type j in DA d	**No uncertainty** was assumed for this variable since it was obtained from the official census	(CHASS, 2023)
$RWBfrac_{ijdr}$ for i = fireplace or wood stove	Fraction of residences of type j in DA d and economic region r that own an appliance of type i. Fractions are estimated from LightGBM models and are different for each DA and each residence type (for both primary and secondary residences)	Distribution obtained through residual-based bootstrap of LightGBM models (1,000 bootstrap with replacement samples per DA)	LightGBM models
$RWBfrac_{ijdr}$ for i = air furnace, hydronic radiator, water heater or stove oven	Fraction of residences of type j in DA d and economic region r that own an appliance of type i	**Normal distribution** with the mean and standard deviation estimated using a bootstrap simulation (1,000 bootstrap samples with replacement per economic region)	Fractions estimated from survey#1 and only vary by economic region and appliance type (for both primary and secondary residences)
$Ncords_{ir}$	Number of cords of wood burned in a year in appliance i and economic region r. The amounts are the same for every DA and only vary by economic region.	**Normal distribution** with the mean and standard deviation estimated using a bootstrap simulation (1,000 bootstrap samples with replacement per economic region)	Amount of wood burned estimated from Suveys#1 and #2 and only vary by economic region and appliance type
$Conv$	Conversion factor to convert from number of cords to weight of dry wood burned	**Uniform distribution** (920,1360)	Equation 3 in the main manuscript.
EF_{ic}	Emission factor of appliance type i and certification level c	**Normal distribution** with COV=30% (European Energy Agency, 2023)	-
$Cert_{irc}$	Fractions of appliance type i and certification level c in economic region r	**Normal distribution** with the mean and standard deviation estimated using a bootstrap simulation (1,000 bootstrap samples with replacement per economic region)	Certification fractions for different appliance types were determined per economic region from surveys#1 and #2.

The residual based bootstrap of the LightGBM models was conducted by first training the models and computing the residuals on the training set. Then, for every data point in the training set, we randomly select a residual value (for the same residence type and economic region) and add it to the original value and train the model again. This new model is then used to predict the fractions

at DAs where we had insufficient data. This process is repeated 1,000 times to generate a distribution of the fireplace and wood stove ownership rates at each DA.

The number of secondary homes (accounting for a total of 7% of all residences) at the DA level was obtained from census data (CHASS, 2023). Secondary residences were assumed to be detached homes since 95% of secondary homes were identified as detached homes in the surveys.

1.6 Reference stations

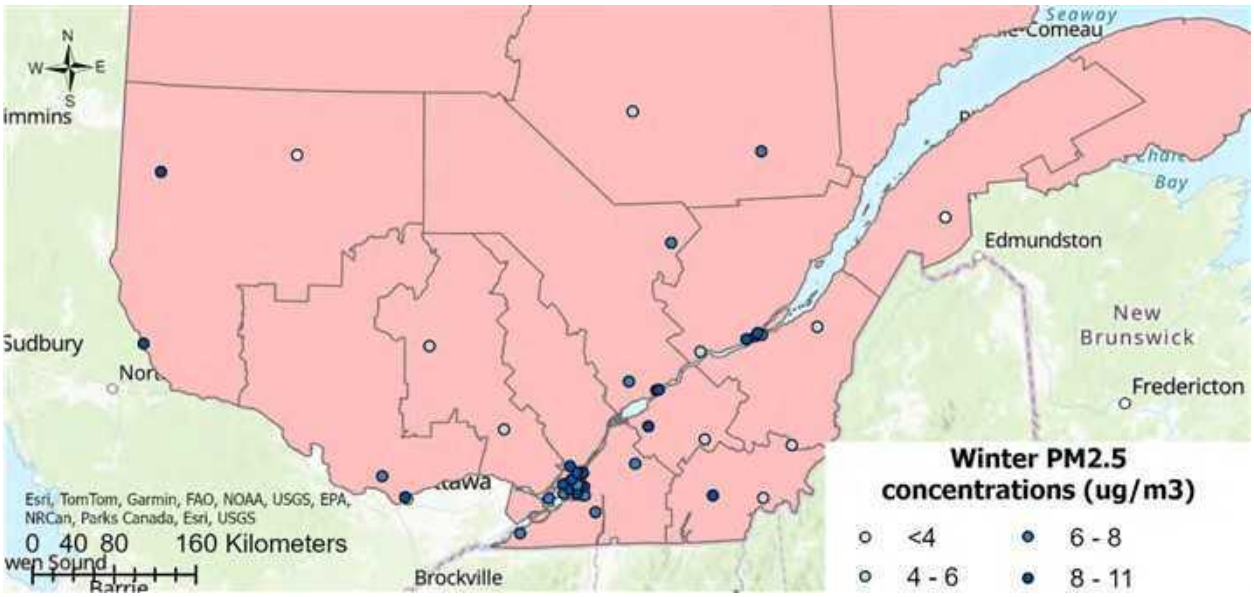


Figure S5. $PM_{2.5}$ concentrations at 42 reference stations during the winter of 2019

2 Results

2.1 Real estate data descriptive statistics

Table S4. Fractions of residences that own a fireplace or a woodstove per residence type obtained from Centris after data cleaning

Economic Region	Number of residences from Centris	Fraction of residences with fireplaces			Fraction of residences with wood stoves		
		Detached	Attached	Apartments	Detached	Attached	Apartments
Abitibi-Temiscamingue	5,445	5.9%	13.2%	0.0%	23.6%	16.5%	0.0%
Bas-Saint-Laurent	7,227	6.9%	12.1%	0.7%	30.0%	24.6%	0.0%
Capitale-Nationale	35,854	19.0%	24.4%	6.0%	17.2%	10.1%	0.5%
Centre-du-Quebec	7,031	8.9%	14.5%	4.5%	26.1%	15.8%	0.0%
Chaudiere-Appalaches	15,129	10.9%	9.3%	1.4%	21.3%	5.1%	0.3%
Cote-Nord	2,459	6.0%	25.0%	0.0%	13.0%	4.2%	0.0%
Estrie	13,744	17.2%	46.3%	20.3%	26.3%	11.1%	1.3%
Gaspesie-ile-de-la-madeleine	1,676	6.1%	11.1%	6.8%	27.3%	29.6%	0.0%
Lanaudiere	36,915	17.5%	18.6%	18.5%	18.3%	5.2%	0.6%
Laurentides	52,676	28.0%	34.5%	9.2%	18.4%	3.3%	0.5%
Laval	20,983	22.6%	24.4%	9.1%	7.6%	4.5%	0.2%
Mauricie	8,826	12.3%	12.6%	4.9%	27.7%	13.7%	0.1%
Monteregie	94,996	17.0%	21.7%	5.8%	13.3%	3.8%	0.2%
Montreal	69,704	30.1%	26.4%	5.8%	3.8%	2.2%	0.2%
Nord-du-Quebec	377	6.9%	12.5%	NA	12.2%	12.5%	NA
Outaouais	26,670	12.7%	22.9%	9.7%	14.9%	5.6%	0.2%
Saguenay-Lac-Saint-Jean	6,599	11.3%	12.6%	2.9%	20.0%	3.9%	0.3%

2.2 Survey descriptive statistics

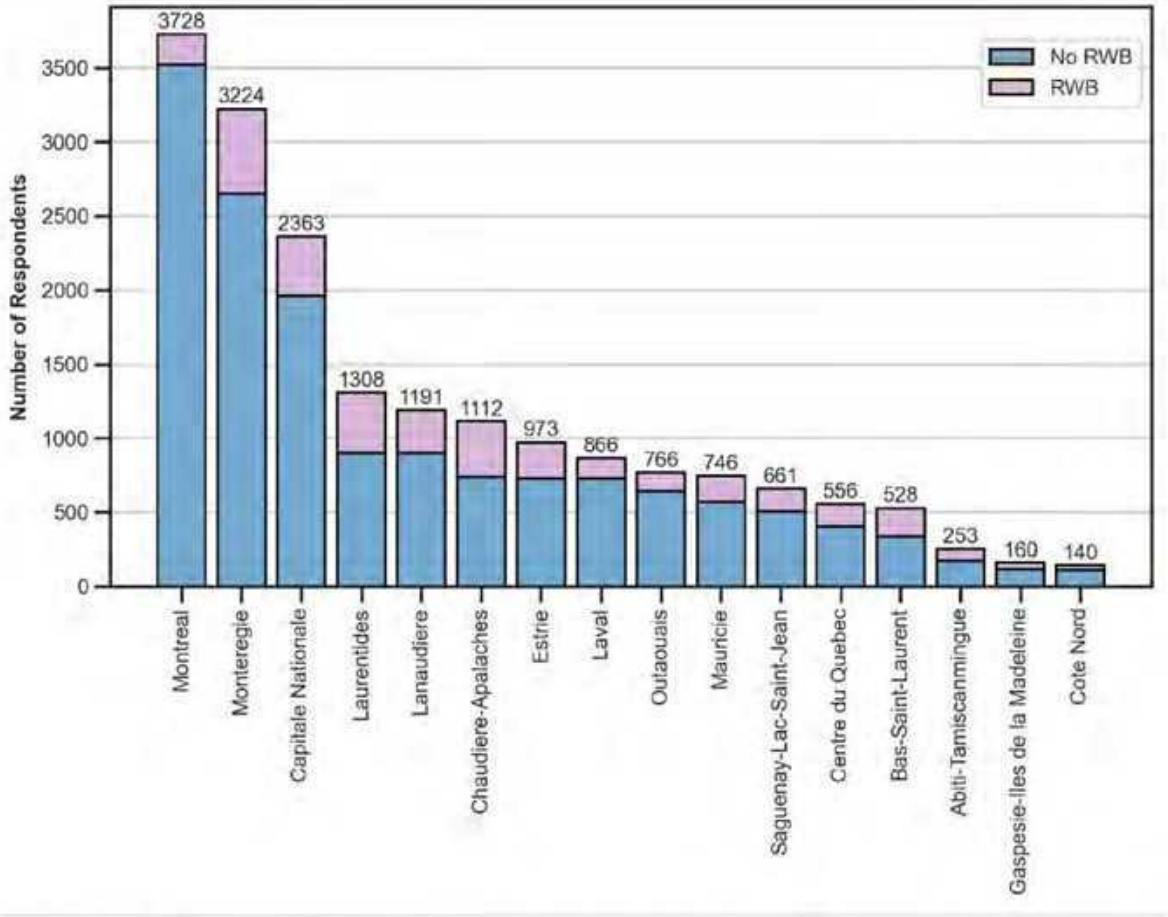


Figure S6. Number of respondents from the first household survey per economic region

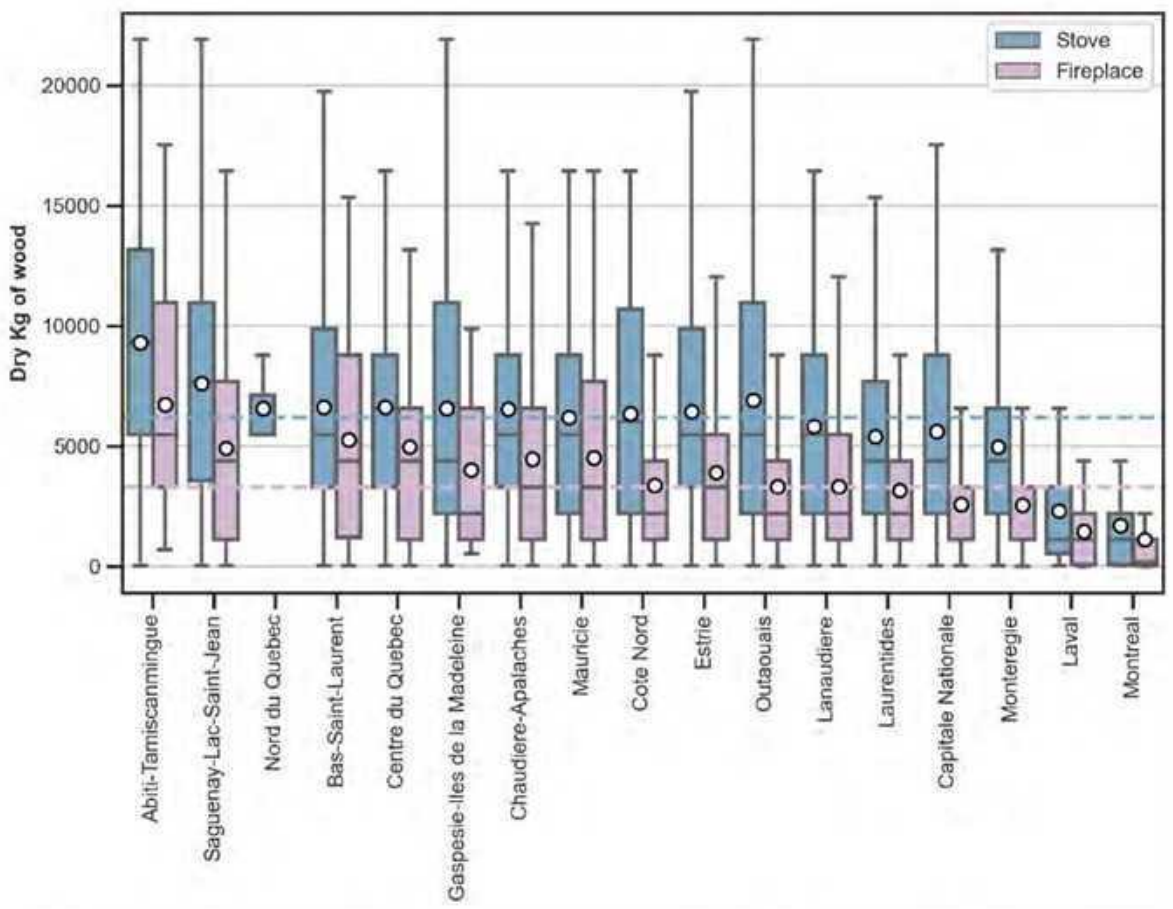


Figure S7. Kg of dry wood burned per wood stove (non-pellet) and fireplace per region per year (obtained from surveys #1 and #2) in primary residences. The dashed horizontal lines show the mean weight of wood burned per year across all respondents per wood stove in blue and fireplace in pink.

Table S5. Annual average weight of dry wood (in Kg) burned per appliance and region in primary residences from surveys #1 and #2

Region	Air Furnace	Fireplace	Hydronic Radiator	Pellet Stove	Stove	Stove Oven	Water Heater
Abiti-Tamiscanmingue	12,237	6,725	18,172	1,248	9,307	12,266	20,834
Bas-Saint-Laurent	8,504	5,256	13,512	1,055	6,616	5,289	10,301
Capitale Nationale	9,351	2,580	-	880	5,600	6,038	10,722
Centre du Quebec	10,289	4,956	13,154	1,202	6,613	6,163	4,815
Chaudiere-Apalaches	9,883	4,450	6,955	1,136	6,524	5,358	12,637
Cote Nord	12,623	3,363	-	392	6,353	-	-
Estrie	10,215	3,895	7,128	885	6,423	6,359	10,275
Gaspesie-Iles de la Madeleine	8,812	3,999	-	1,332	6,563	2,629	15,347
Lanaudiere	8,847	3,314	5,481	873	5,815	6,651	4,631
Laurentides	9,804	3,159	21,982	1,085	5,401	6,097	7,056
Laval	1,093	1,480	-	248	2,306	-	1,096
Mauricie	8,886	4,519	16,811	1,080	6,192	5,439	4,520
Monteregie	7,307	2,543	-	893	4,981	3,558	2,212
Montreal	1,377	1,125	-	304	1,702	1,170	-
Nord du Quebec	-	-	-	2,475	6,580	16,443	-
Outaouais	11,143	3,350	-	991	6,915	7,071	-
Saguenay-Lac-Saint-Jean	9,534	4,904	10,962	1,004	7,610	8,969	3,289

Table S6. Fraction of respondents that owned the different types of RWB appliances from survey #1.

Economic Region	Number of respondents in survey #1	Fireplaces	Woodstoves (including pellet stoves)	Stove ovens	Hydronic radiators	Water heaters	Air furnaces
Abitibi-Temiscamingue	253	7.9%	20.6%	0.0%	0.4%	0.4%	3.2%
Bas-Saint-Laurent	528	11.9%	22.7%	1.3%	0.6%	0.4%	3.8%
Capitale-Nationale	2,363	11.0%	6.1%	0.4%	0.0%	0.2%	0.5%
Centre-du-Quebec	556	10.3%	14.2%	1.1%	0.0%	0.5%	2.5%
Chaudiere-Appalaches	1,112	11.4%	18.4%	1.2%	0.2%	0.6%	5.7%
Cote-Nord	140	5.7%	15.0%	0.7%	0.0%	0.7%	0.7%
Estrie	973	11.4%	13.1%	1.0%	0.1%	0.5%	2.0%
Gaspesie-ile-de-la-madeleine	160	8.8%	16.3%	1.9%	0.0%	1.3%	3.8%
Lanaudiere	1,191	15.1%	10.0%	0.4%	0.1%	0.2%	0.5%
Laurentides	1,308	21.3%	10.7%	0.8%	0.1%	0.5%	0.8%
Laval	866	12.8%	3.3%	0.6%	0.1%	0.6%	0.1%
Mauricie	746	10.6%	13.3%	0.3%	0.1%	0.7%	1.1%
Montreal	3,728	3.1%	2.0%	0.8%	0.2%	0.5%	0.2%
Monteregie	3,224	10.7%	7.0%	0.5%	0.0%	0.3%	0.4%
Outaouais	766	9.4%	6.1%	0.5%	0.0%	0.7%	1.0%
Saguenay-Lac-Saint-Jean	661	9.8%	13.2%	1.5%	0.2%	0.8%	1.4%

Table S7. Fractions of pellet stoves and open fireplaces from surveys #1 and #2. The fractions of non-pellet stoves are equal to: 1-fraction of pellet stoves and the fractions of enclosed fireplaces are equal to: 1-fraction of open fireplaces

Region	Pellet stoves fractions				Open fireplaces fraction			
	Detached	Secondary	Attached	Apartment	Detached	Secondary	Attached	Apartment
Abiti-Tamiscanmingue	0.14	0.16	0.22	0.16	0.59	0.59	0.00	1.00
Bas-Saint-Laurent	0.11	0.16	0.12	0.11	0.55	0.59	0.67	0.67
Capitale Nationale	0.11	0.16	0.21	0.31	0.32	0.59	0.26	0.39
Centre du Quebec	0.11	0.16	0.34	0.73	0.49	0.59	0.33	0.67
Chaudiere-Apalaches	0.11	0.16	0.36	0.33	0.47	0.59	0.46	0.75
Cote Nord	0.17	0.16	0.67	0.00	0.39	0.59	0.00	0.00
Estrie	0.17	0.16	0.18	0.43	0.41	0.59	0.27	0.45
Gaspesie-Iles de la Madeleine	0.08	0.16	0.20	0.00	0.46	0.59	0.75	1.00
Lanaudiere	0.12	0.16	0.25	0.80	0.37	0.59	0.31	0.23
Laurentides	0.12	0.16	0.13	0.18	0.30	0.59	0.13	0.29
Laval	0.17	0.16	0.00	0.25	0.24	0.59	0.18	0.12
Mauricie	0.14	0.16	0.23	0.11	0.48	0.59	0.56	0.44
Monteregie	0.15	0.16	0.15	0.38	0.34	0.59	0.33	0.32
Montreal	0.36	0.16	0.41	0.55	0.30	0.59	0.39	0.37
Nord du Quebec	0.25	0.16	0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00
Outaouais	0.14	0.16	0.14	0.00	0.29	0.59	0.25	0.30
Saguenay-Lac-Saint-Jean	0.24	0.16	0.47	0.33	0.49	0.59	0.46	0.25

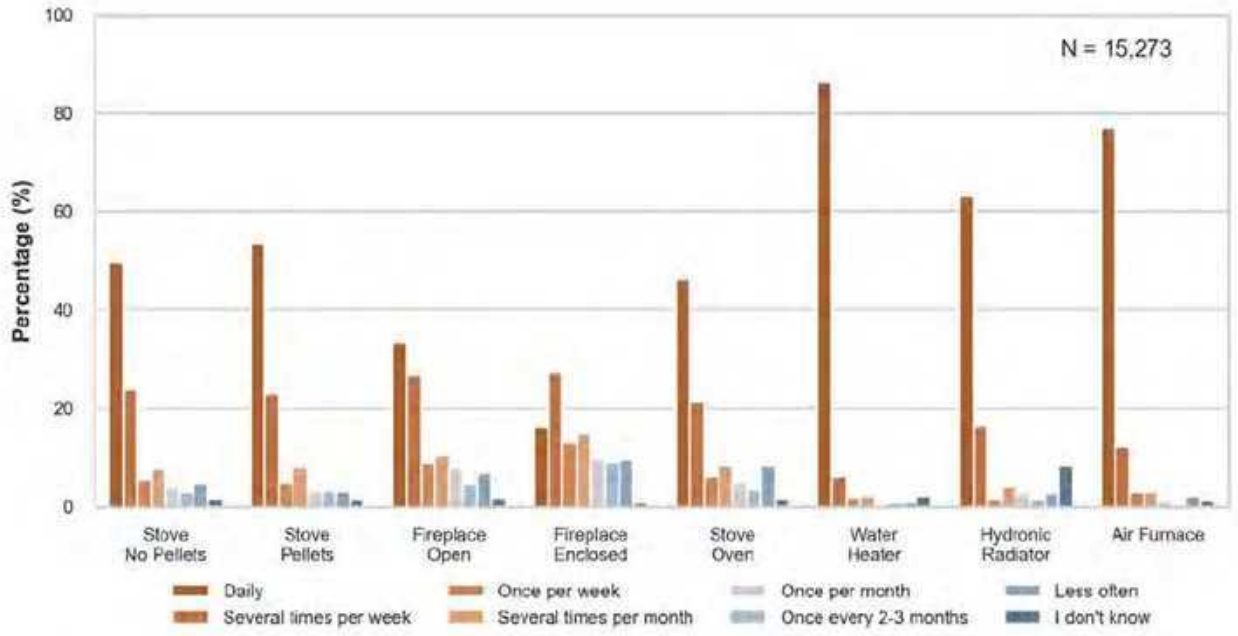


Figure S8. Frequency of use of different wood burning appliances obtained from surveys #1 and #2. N refers to the total number of appliances in the survey. Some respondents had multiple appliances.

Table S8. Summary of RWB in secondary residences from surveys #1 and #2. The total number of appliances in secondary residences is 1,533 (from 8,990 secondary residences).

	Fireplaces	**Wood stoves**	**Pellet stoves**	**Stove ovens**	**Hydronic radiators**	**Water heaters**	**Air furnaces**
Number of appliances	513	651	117	91	1	9	28
Ownership rates	5.7%	7.2%	1.3%	1.0%	0%	0%	0.3%
Weight of dry wood burned per appliance per year	2,327Kg	860Kg	360Kg	2,455Kg	-	-	5,740Kg

2.3 LightGBM model performance

Pearson correlations (r) were computed for fireplace and wood stove fractions per residence type and various socioeconomic variables at the DA level. The fractions for detached homes were found to be highly correlated with several variables, whereas correlations were poor for apartments and attached homes. Fireplace fractions in detached homes had a strong positive correlation with median income (r = 0.46) and portion of the population that had a university degree (r = 0.56), whereas wood stove fractions in detached homes were negatively correlated with these variables (r = -0.38 and -0.42 respectively). This indicates that fireplaces are more prevalent among higher income households that have a higher education, whereas the opposite is true for wood stoves. Additionally, the fraction of wood stoves in detached homes had a strong negative correlation with the fraction of immigrants (r = -0.45) and CMA (census metropolitan areas) (r = -0.56), indicating that wood stoves are more prevalent in rural areas, whereas fireplaces were not correlated with these variables. This was also observed in the KNN variables, as wood stove fractions had a correlation of 0.9 with Stove KNN, whereas fireplace fractions had a lower correlation of 0.74 with Fire KNN. Interestingly, fireplace and wood stove fractions were not highly correlated with each other, with a correlation of only 0.24.

Table S9. Performance of LightGBM models for fireplaces and wood stoves

Model	**CV-R^2**	**CV-RMSE**	**CV-MAE**	**Test Sample R^2**	**Test Sample RMSE**
Fireplaces with KNN	0.63	0.1	0.066	0.65	0.098
Wood stoves with KNN	0.803	0.06	0.041	0.79	0.061
Fireplaces without KNN	0.51	0.115	0.08	0.52	0.11
Wood stoves without KNN	0.73	0.07	0.048	0.72	0.048

2.4 LightGBM model outputs

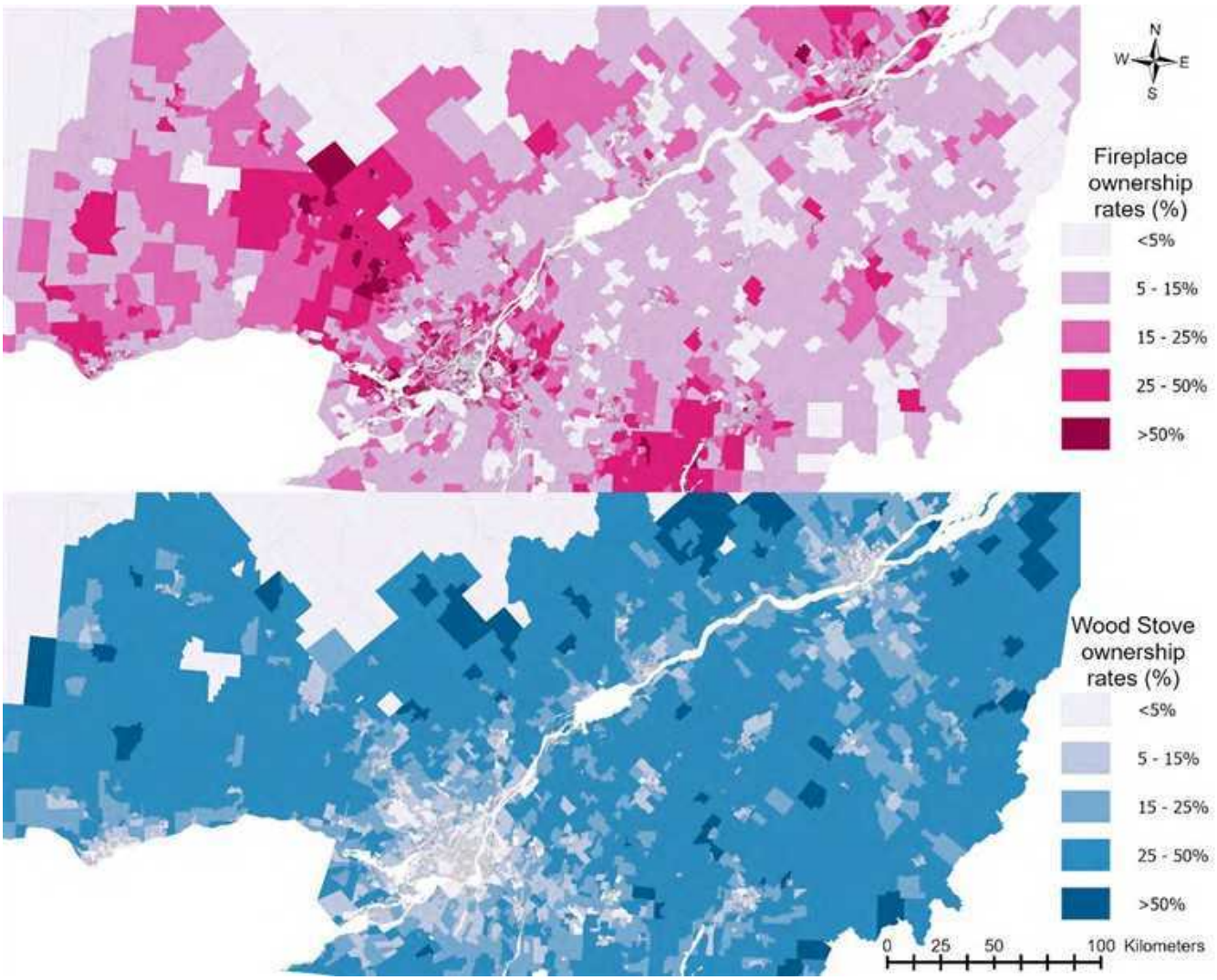


Figure S9. Ownership rates of fireplaces (top) and woodstoves (bottom) per DA for all residences (i.e., not broken down by residence type)

Figure S10 shows the final estimated number of fireplaces and wood stoves at the DA level. We calculated the total number of fireplaces and wood stoves at each DA using the following equation:

$$TOTapp_{id} = \sum_{j=1}^{3} RWB_{dji} * TOTres_{dj}$$

Where, $TOTapp_{id}$ is the total number of appliances i (wood stove or fireplace) in DA d, RWB_{dji} is the fraction of residences of type j (detached, attached or apartment) in DA d that own an appliance of type i, and $TOTres_{dj}$ is the total number of residences of type j in DA d.



Figure S10. Total number of fireplaces (top figures) and wood stoves (bottom figures) per DA obtained using Equation (2).

2.5 Regional emissions estimates

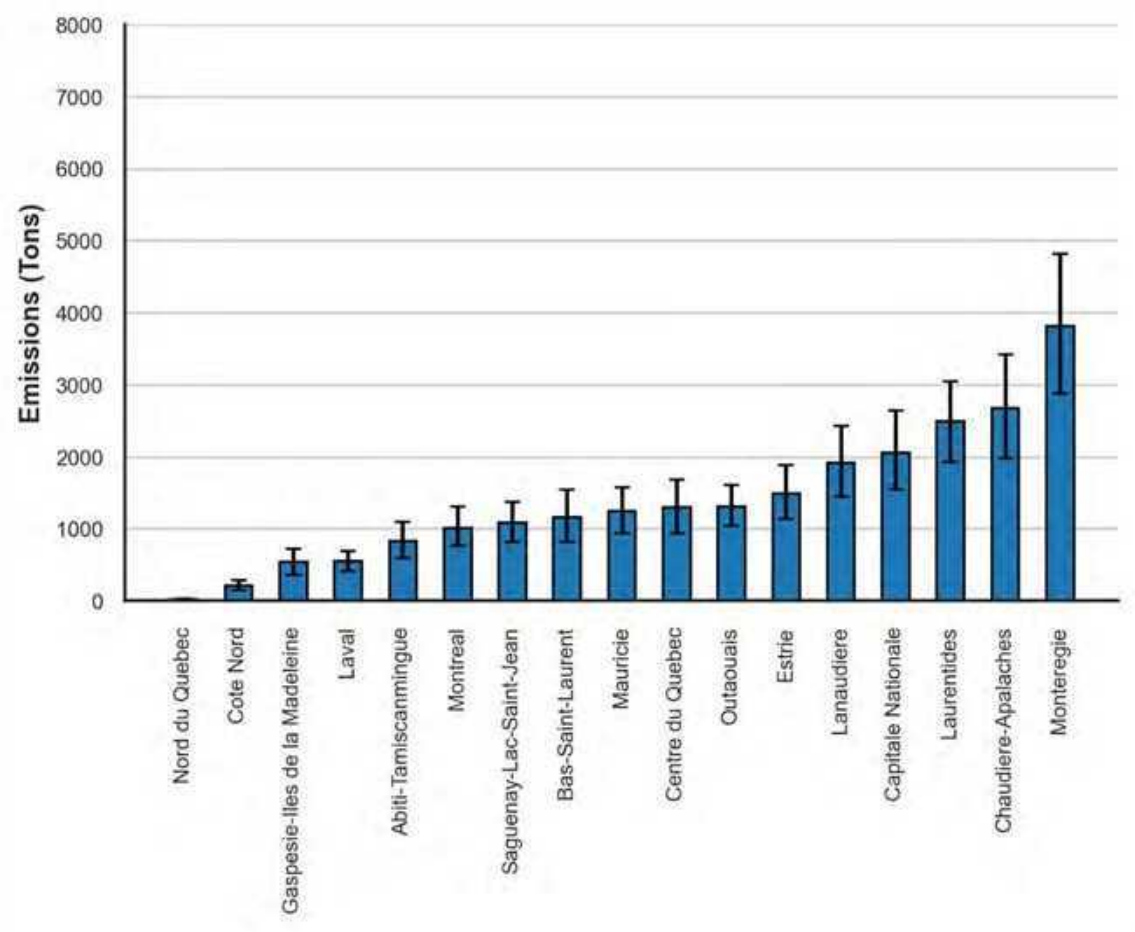


Figure S11. PM_{10} RWB emissions per economic region. The bars show the 95% confidence interval

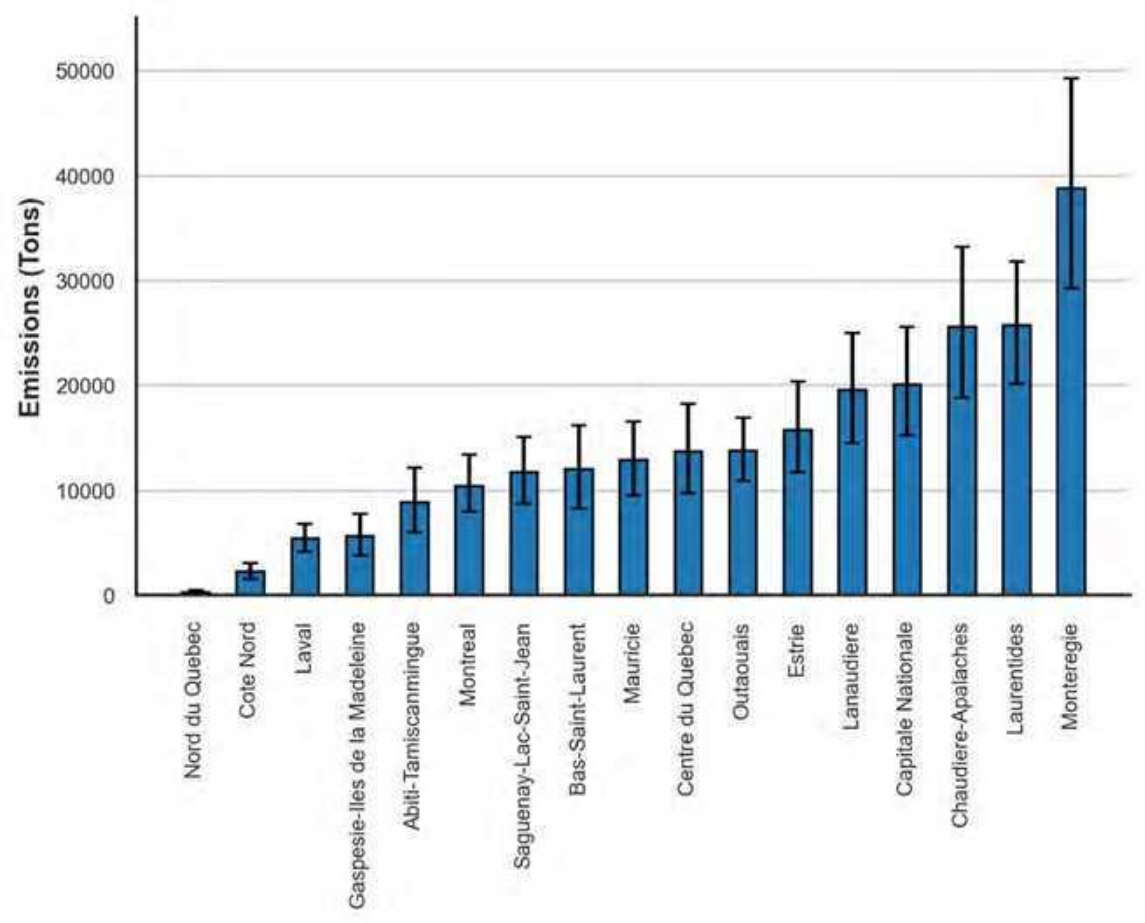


Figure S12. CO RWB emissions per economic region. The bars show the 95% confidence interval

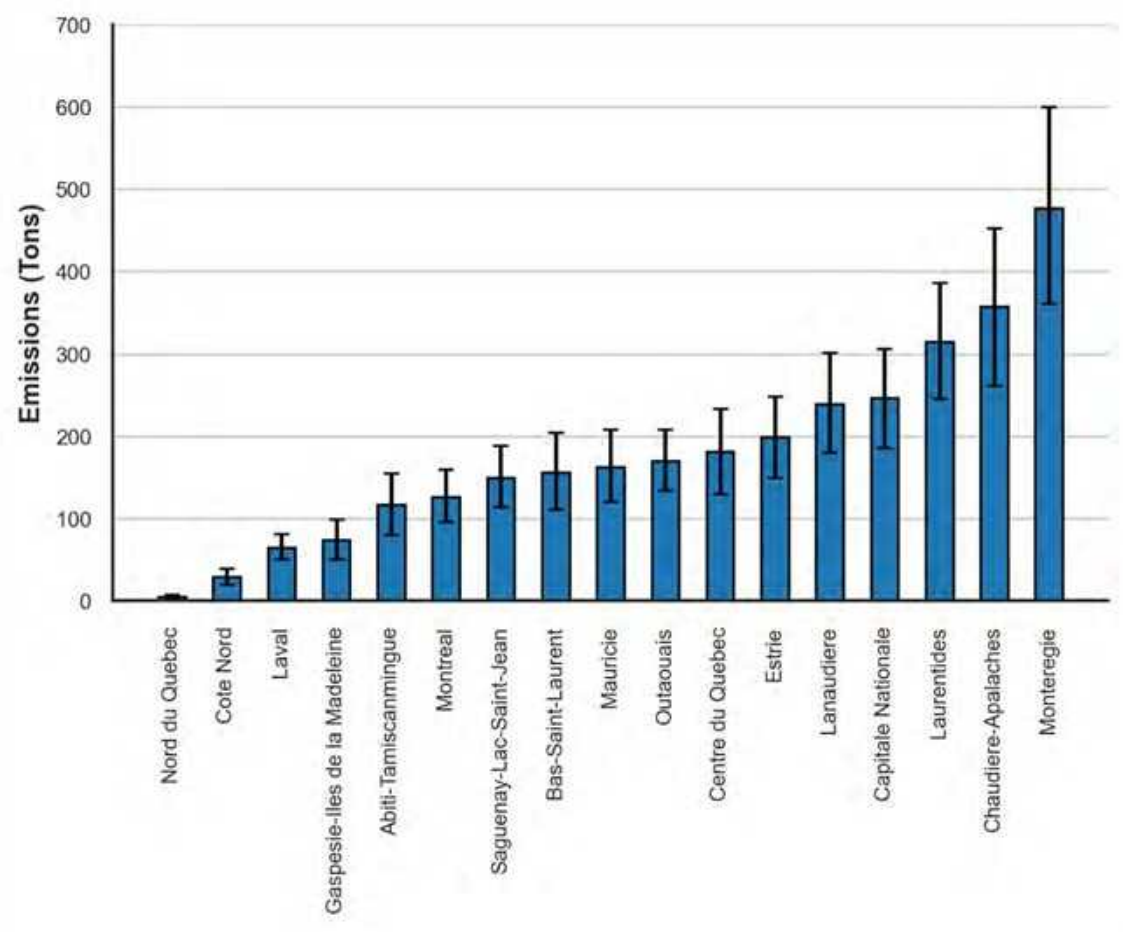


Figure S13. NOx RWB emissions per economic region. The bars show the 95% confidence interval

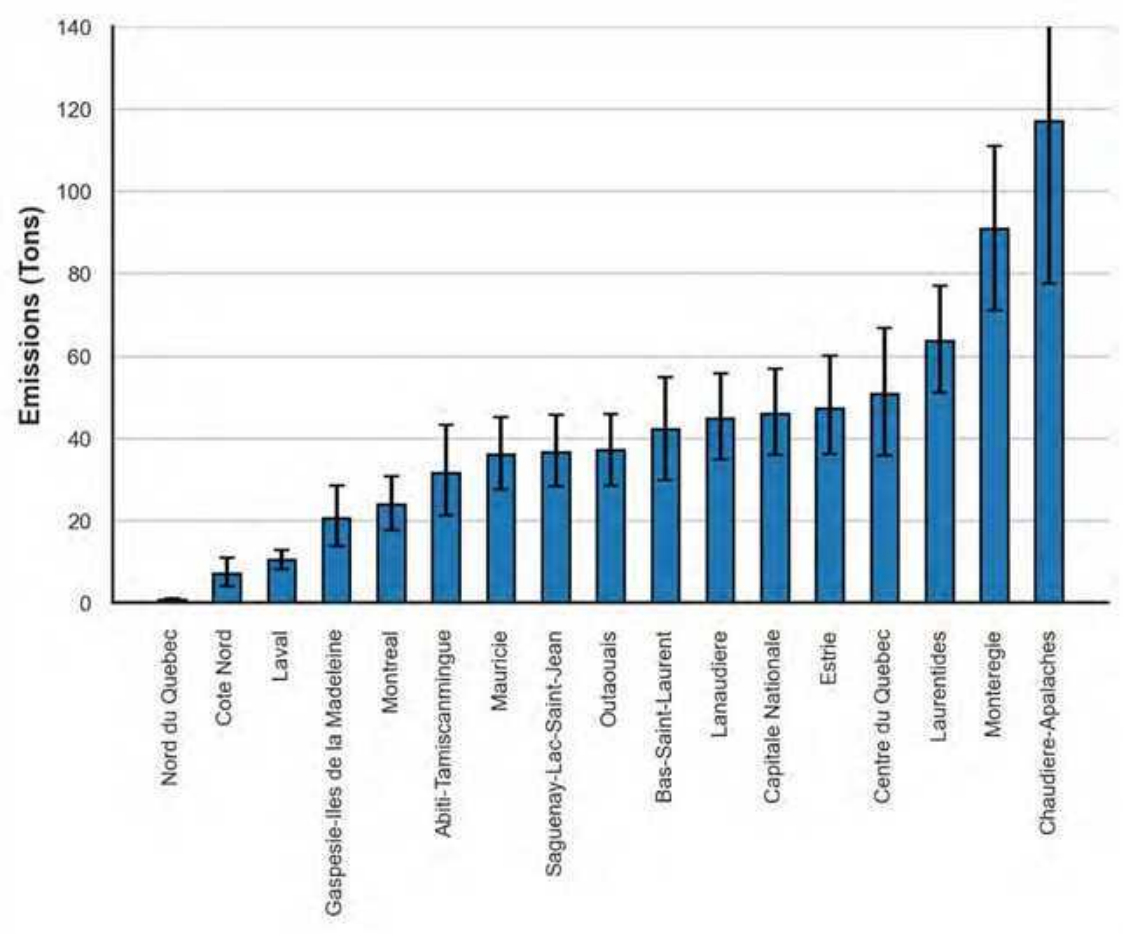


Figure S14. SO_2 RWB emissions per economic region. The bars show the 95% confidence interval

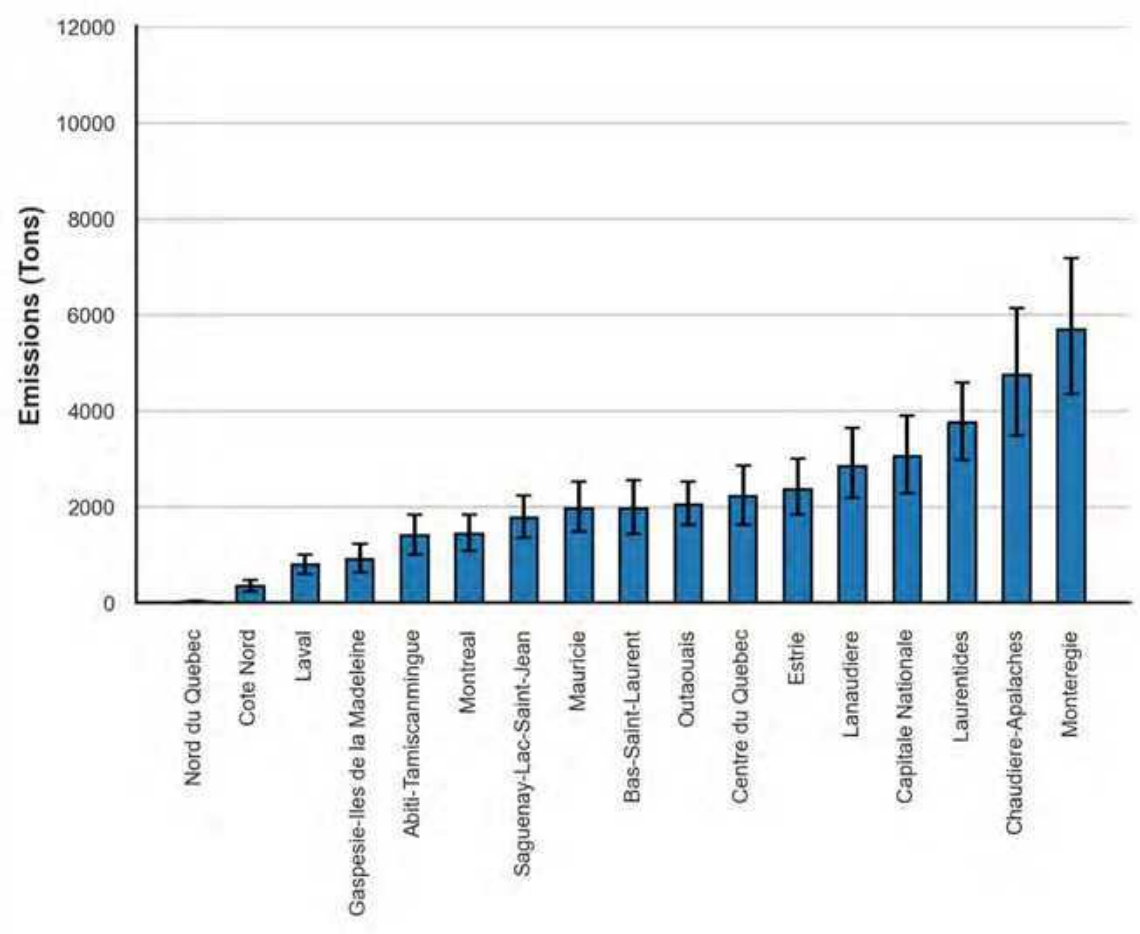


Figure S15. VOC RWB emissions per economic region. The bars show the 95% confidence interval

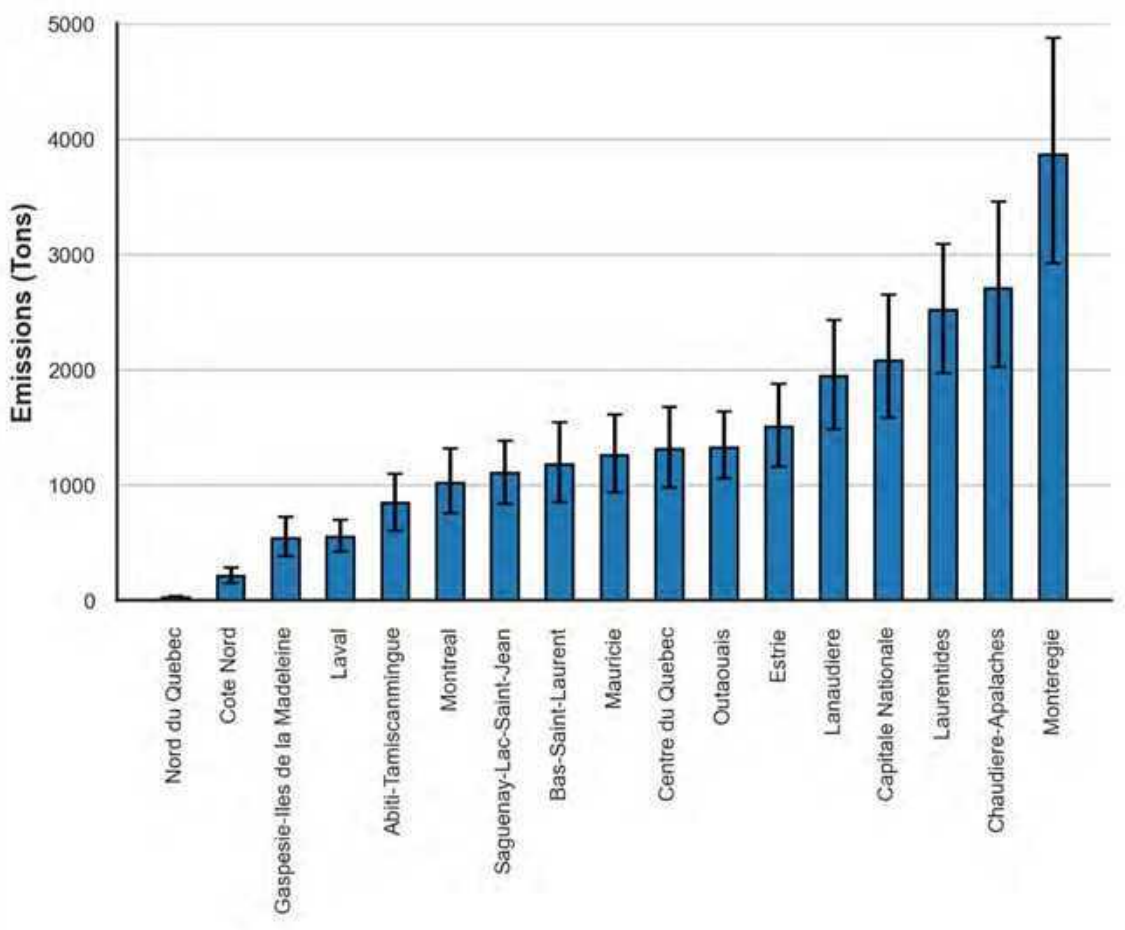


Figure S16. $PM_{2.5}$ RWB emissions per economic region. The bars show the 95% confidence interval

Table S10. Summary of yearly $PM_{2.5}$ emissions from the RWB sector per region

Economic Region	Total $PM_{2.5}$ emissions per year in Tons	Lower bound of 95% confidence interval	Upper bound of 95% confidence interval	Fraction of total RWB emissions in Quebec	Fraction of total population
Monteregie	3,869.2	2,925.9	4,878.0	16.1%	18.7%
Chaudiere-Apalaches	2,709.7	2,029.7	3,459.4	11.3%	5.1%
Laurentides	2,520.8	1,971.1	3,094.5	10.5%	7.5%
Capitale Nationale	2,080.7	1,585.4	2,651.3	8.7%	8.9%
Lanaudiere	1,944.8	1,487.4	2,432.2	8.1%	6.2%
Estrie	1,509.4	1,160.2	1,882.4	6.3%	4.0%
Outaouais	1,327.0	1,057.9	1,642.4	5.5%	4.8%
Centre du Quebec	1,315.3	978.1	1,682.0	5.5%	2.9%
Mauricie	1,261.6	941.5	1,616.3	5.3%	3.2%
Bas-Saint-Laurent	1,181.3	851.1	1,548.6	4.9%	2.3%
Saguenay-Lac-Saint-Jean	1,103.9	838.8	1,383.6	4.6%	3.2%
Montreal	1,021.7	762.4	1,319.8	4.3%	23.6%
Abiti-Tamiscanmingue	844.0	607.2	1,102.6	3.5%	1.7%
Laval	555.2	426.0	702.7	2.3%	5.2%
Gaspesie-Iles de la Madeleine	543.2	383.9	726.4	2.3%	1.1%
Cote Nord	212.8	152.5	283.5	0.9%	1.0%
Nord du Quebec	24.3	13.4	37.1	0.1%	0.5%



Figure S17. Emission intensities per residence at the DA level (top) and the number of residences at the DA level (bottom)

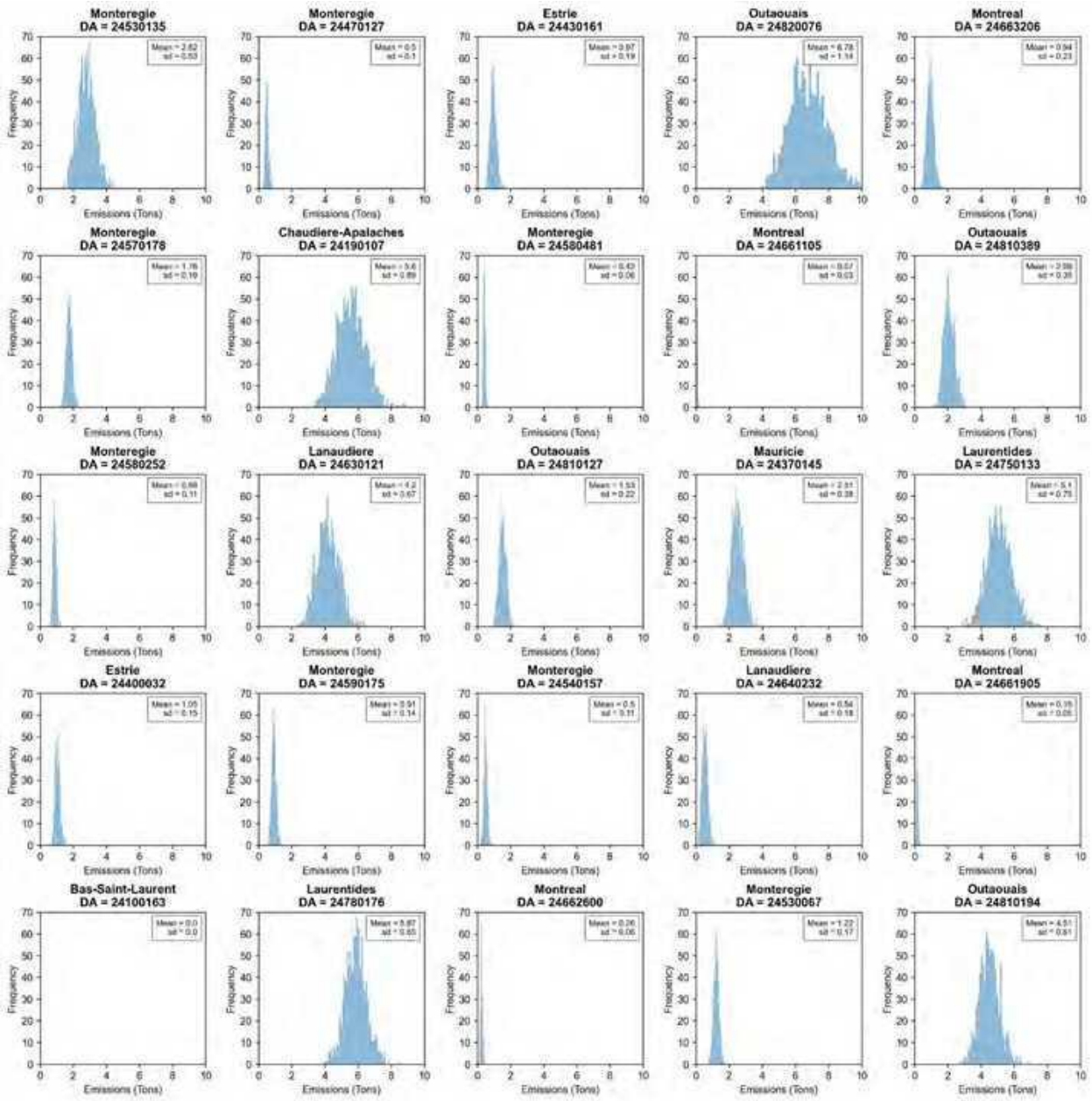


Figure S18. Distribution of $PM_{2.5}$ RWB emissions at a random sample of 25 DAs

The coefficient of variation of emissions in a DA was calculated using the following equation:

$$COV = 100 * \frac{Standard\ deviation}{Average}$$



Figure S19. Coefficient of variation of $PM_{2.5}$ emissions at the DA level.

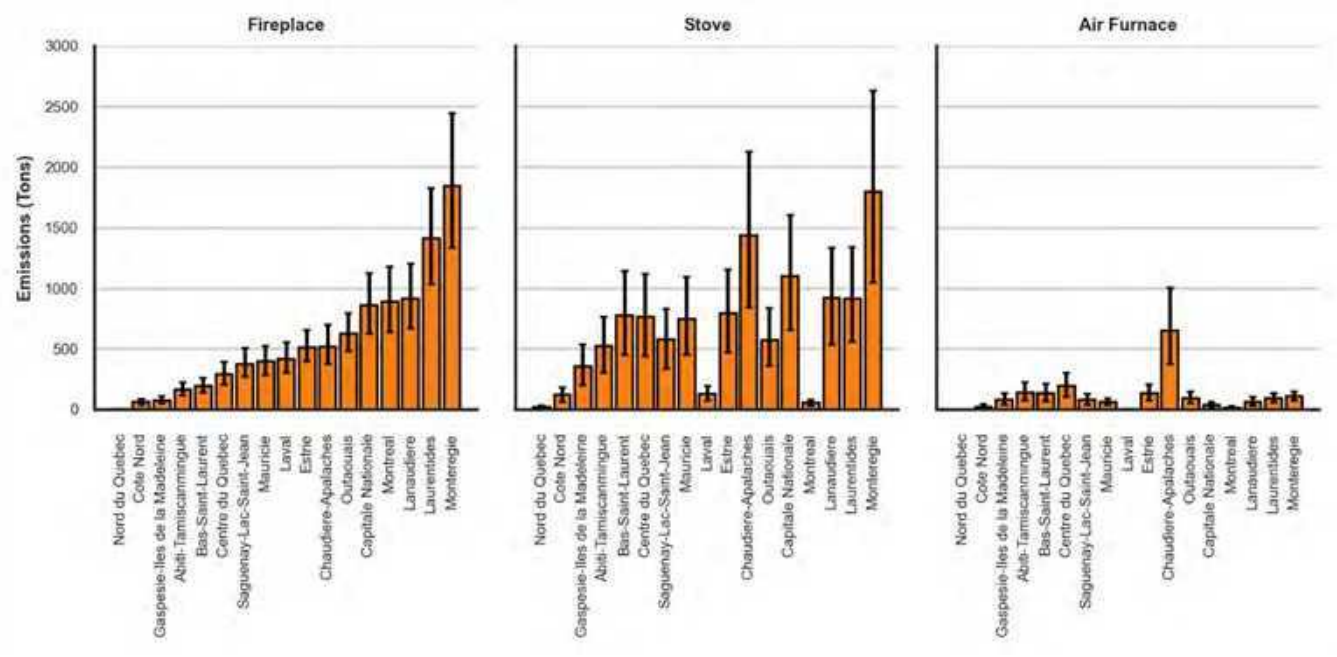


Figure S20. Annual $PM_{2.5}$ emissions from fireplaces, wood stoves and air furnaces per economic region. The remaining appliances all had annual emissions less than 100 Tons per region. The bars show the 95% confidence interval

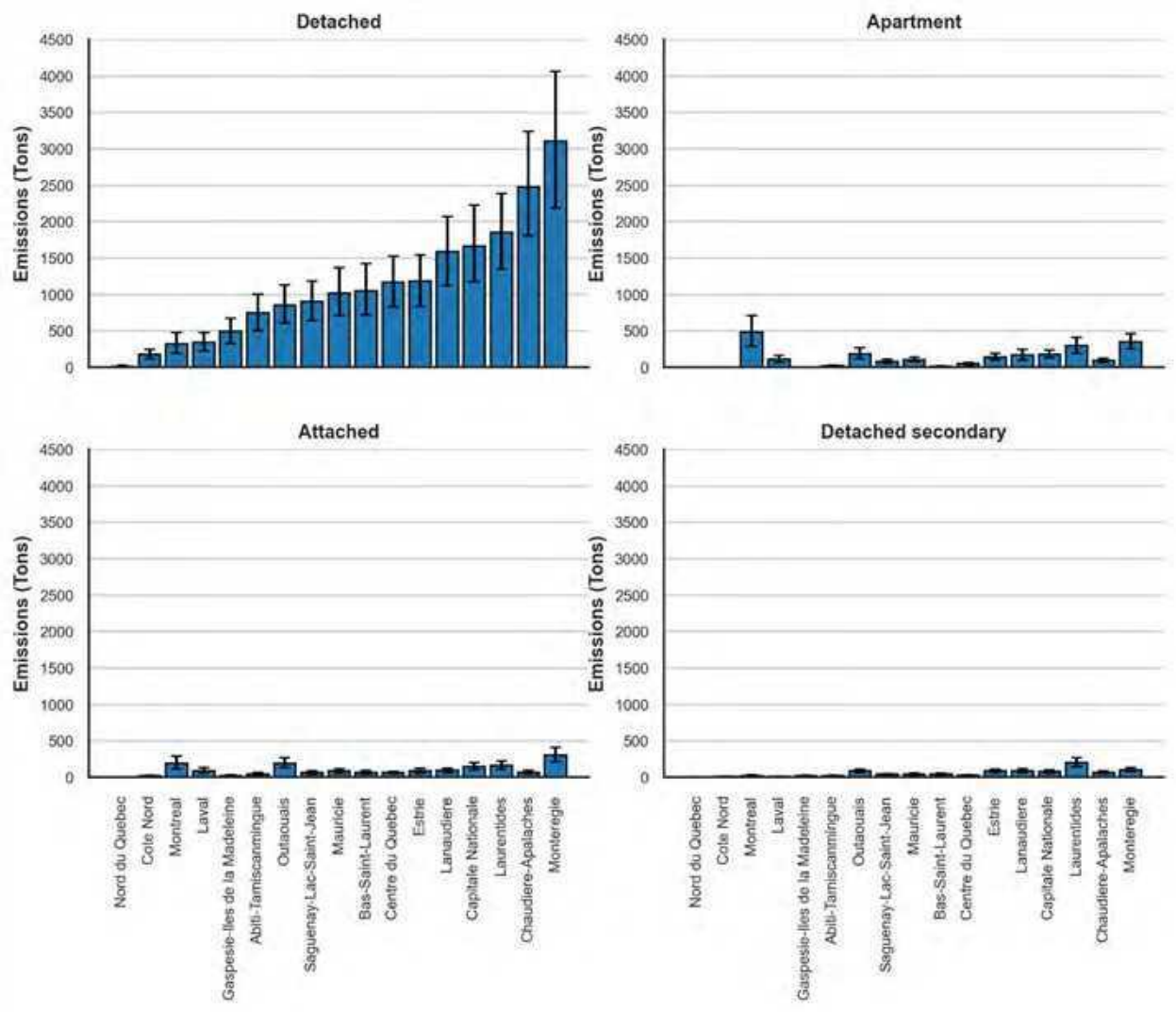


Figure S21. Annual $PM_{2.5}$ emissions from detached homes, apartments, attached homes and secondary homes per economic region. The bars show the 95% confidence interval

2.6 Comparison with APEI

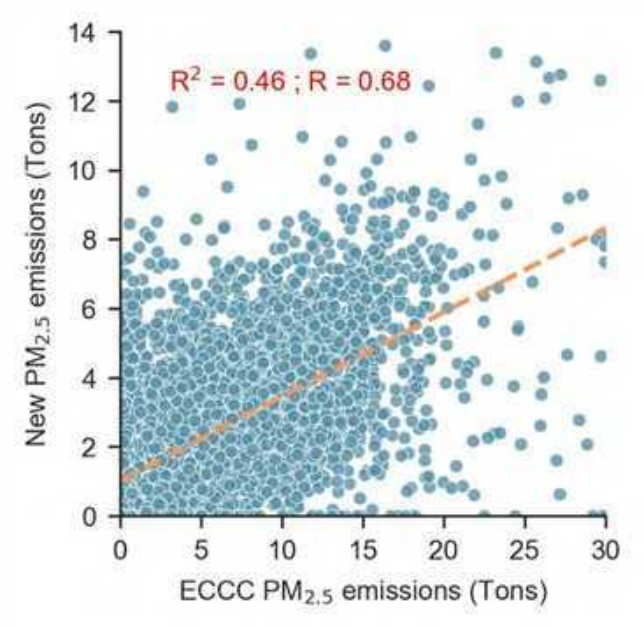


Figure S22. $PM_{2.5}$ emissions from the new emission inventory at the DA level plotted against ECCC's APEI inventory. Each dot represents a DA and the dashed line represents the best fit line.

Figure S23 shows the fractions of total $PM_{2.5}$ RWB emissions per DA for the new emission inventory and APEI. These fractions are computed by dividing the emissions at a DA by the total RWB emissions in the province of Quebec.

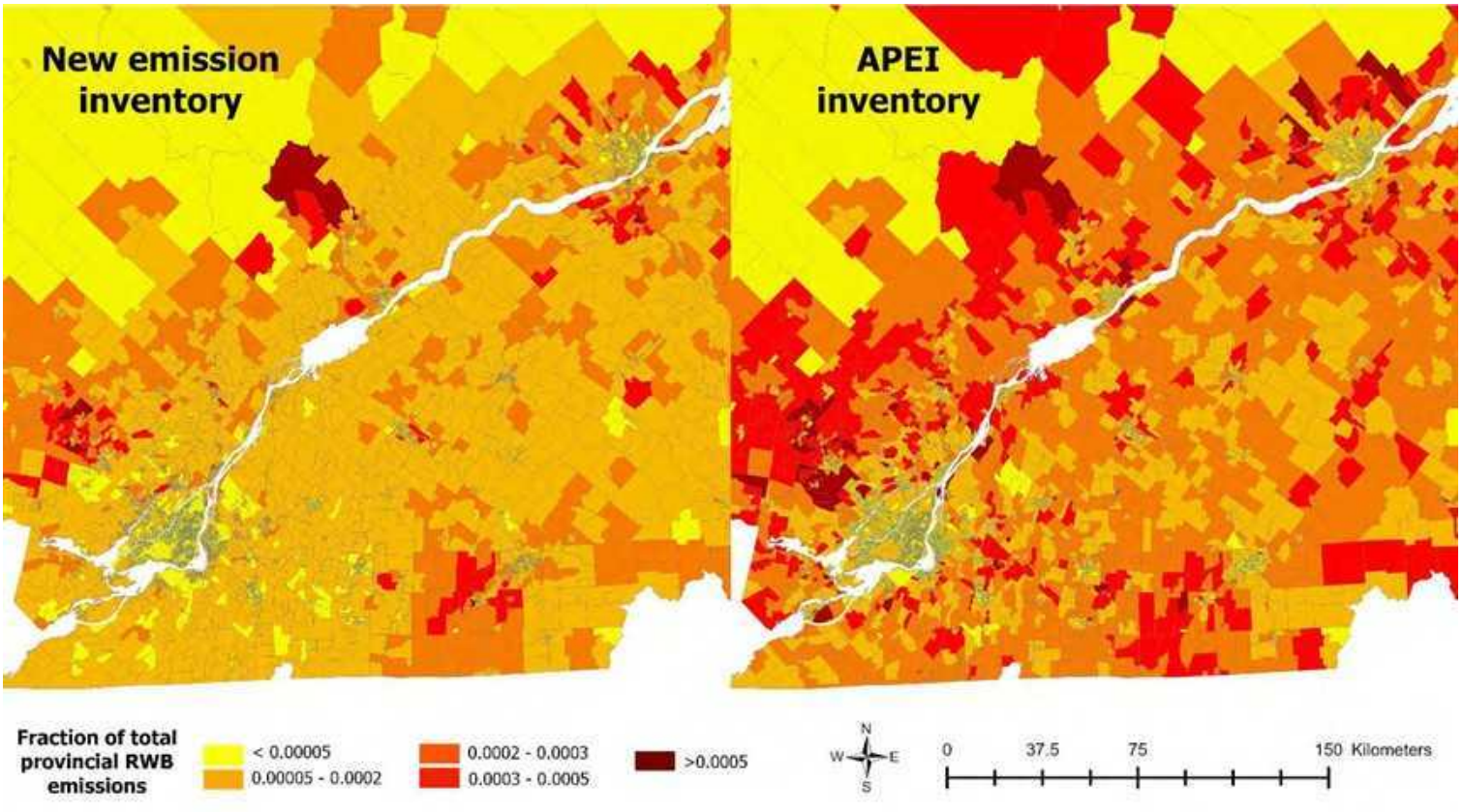


Figure S23. Spatial distribution of RWB emissions estimated using the new emission inventory on the left and the APEI inventory on the right

Table S11. $PM_{2.5}$ emissions per economic region for scenarios 2 (base case), 3 (full certification) and 4 (pellet stoves + full certification)

Region	Scenario 2 emissions (tons)	Scenario 3 emissions (tons)	Scenario 4 emissions (tons)	Scenario 3 % decrease from base case	Scenario 4 % decrease from base case
Abiti-Tamiscanmingue	844.00	596.91	238.48	29.3	71.7
Bas-Saint-Laurent	1,181.35	766.39	296.79	35.1	74.9
Capitale Nationale	2,080.74	1,187.76	588.64	42.9	71.7
Centre du Quebec	1,315.27	905.28	415.64	31.2	68.4
Chaudiere-Apalaches	2,709.70	1,716.70	935.72	36.6	65.5
Cote Nord	212.76	147.40	62.50	30.7	70.6
Estrie	1,509.37	995.57	496.65	34.0	67.1
Gaspesie-Iles de la Madeleine	543.19	369.79	141.97	31.9	73.9
Lanaudiere	1,944.82	1,182.19	631.99	39.2	67.5
Laurentides	2,520.83	1,548.03	1,016.39	38.6	59.7
Laval	555.15	302.56	238.37	45.5	57.1
Mauricie	1,261.62	793.92	344.25	37.1	72.7
Monteregie	3,869.24	2,332.82	1,300.68	39.7	66.4
Montreal	1,021.65	590.77	561.88	42.2	45.0
Nord du Quebec	24.29	20.77	4.27	14.5	82.4
Outaouais	1,326.99	849.70	501.68	36.0	62.2
Saguenay-Lac-Saint-Jean	1,103.93	729.71	364.69	33.9	67.0

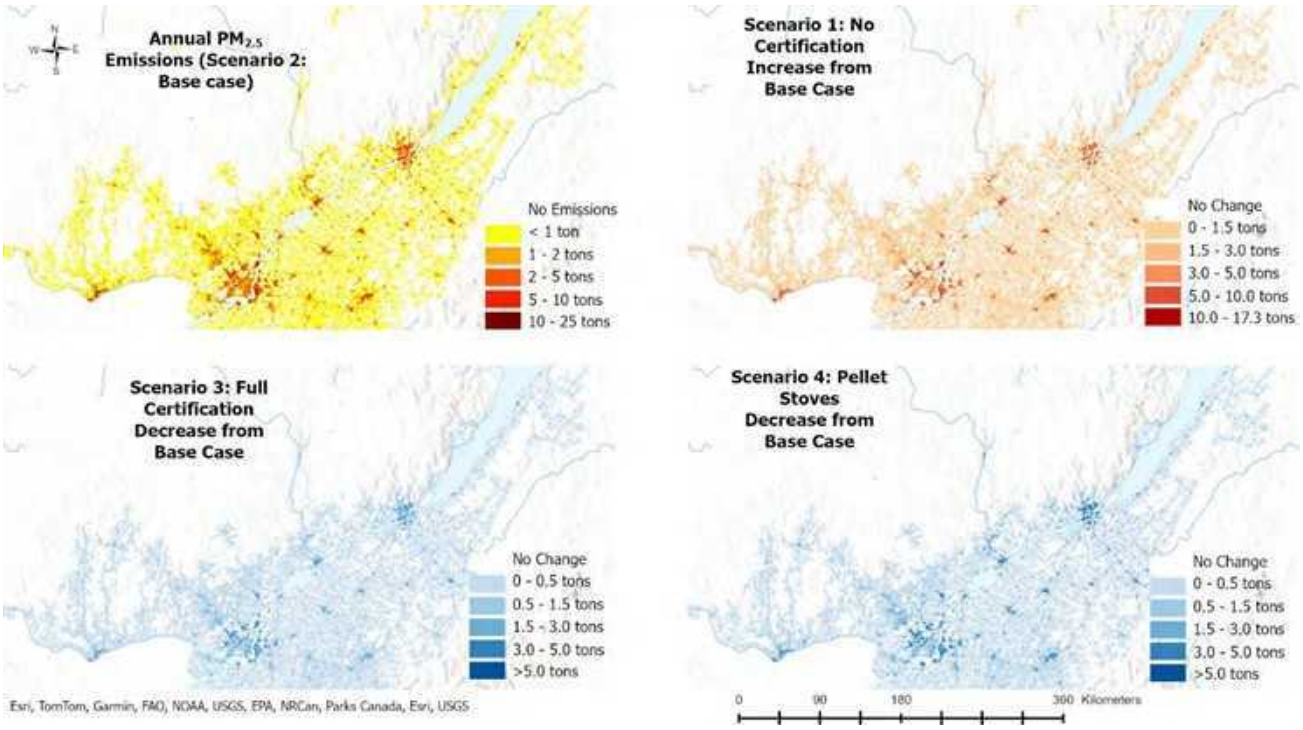


Figure S24. Spatially gridded, annual $PM_{2.5}$ emissions from the RWB sector and reductions under different scenarios at a $1Km^2$ spatial resolution.

2.7 Comparison with $PM_{2.5}$ measurements

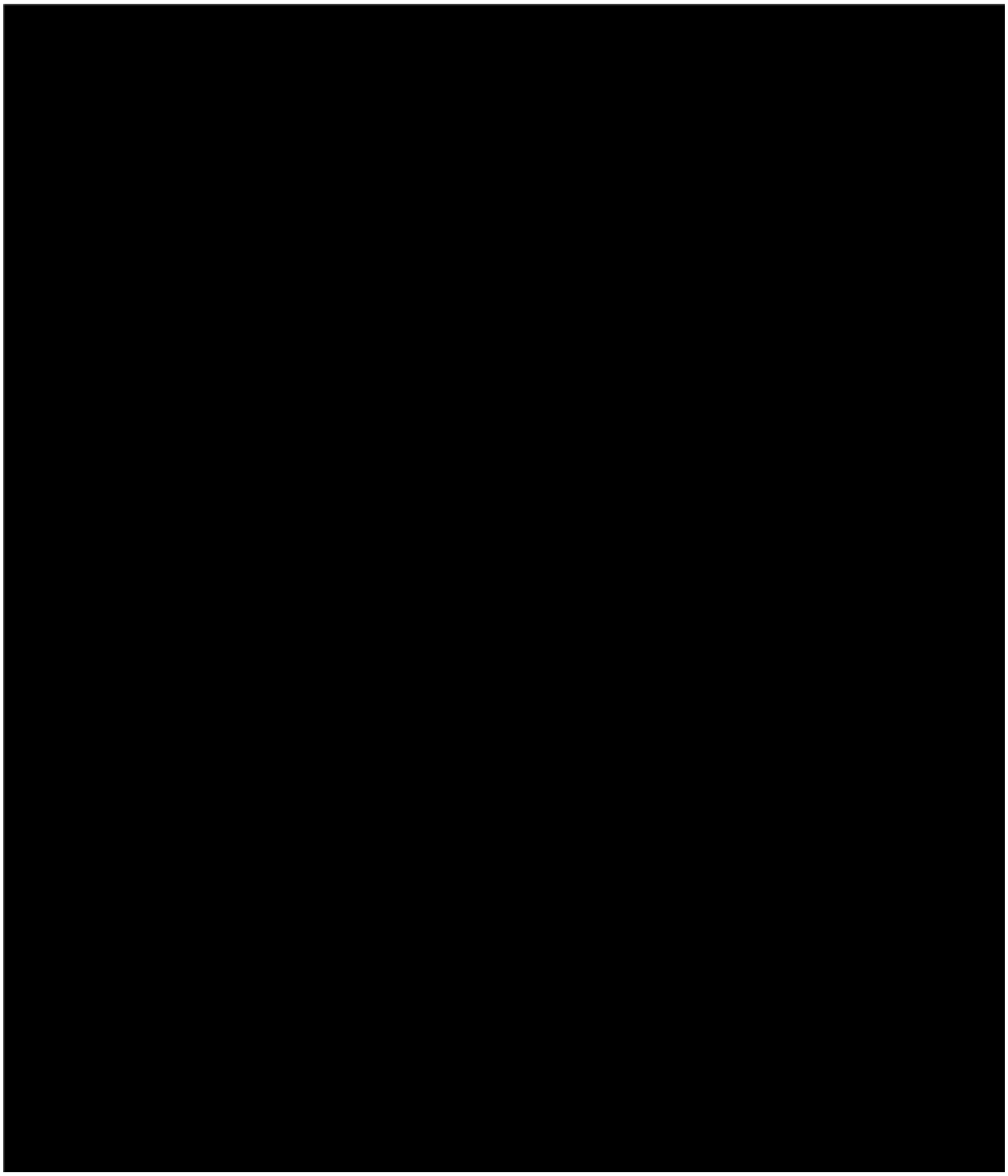


Figure S25. Diurnal trends of $PM_{2.5}$ measurements at 42 reference stations for the winter and summer seasons. The stations are sorted by increasing RWB emissions.

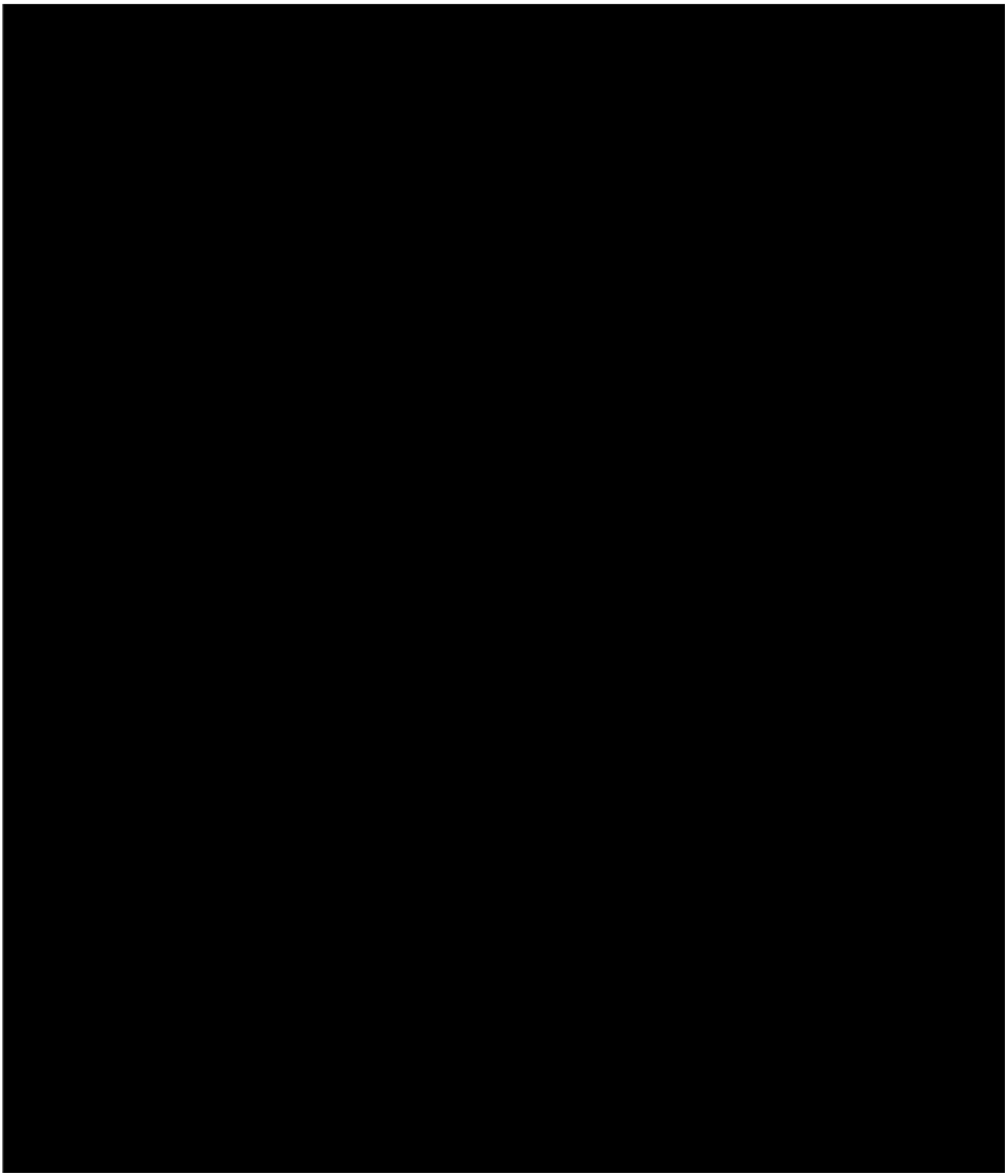


Figure S26. Diurnal trends of $PM_{2.5}$ measurements at 42 reference stations for winter season weekdays and weekends. The stations are sorted by increasing RWB emissions.

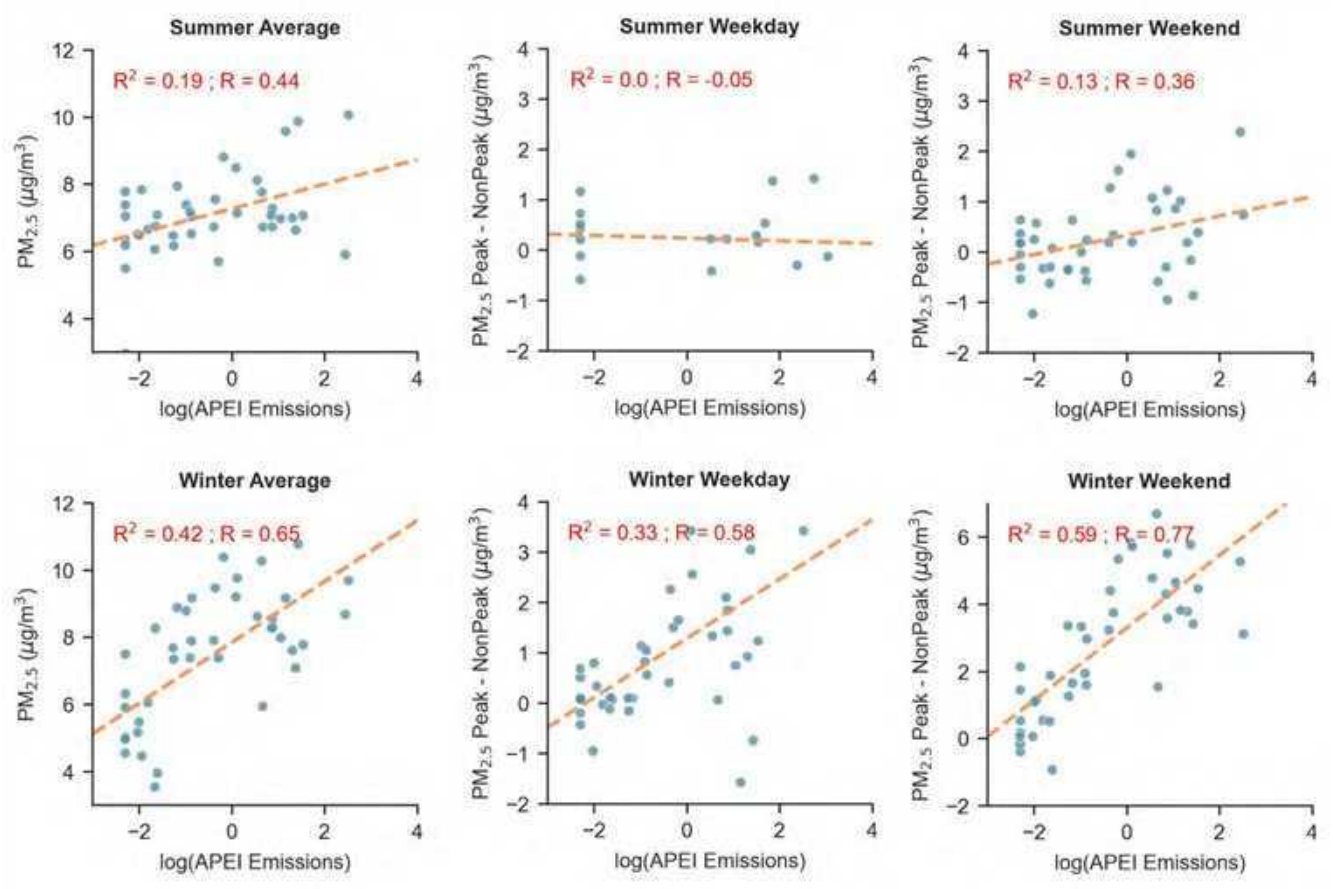


Figure S27. Scatter plot showing (1) average $PM_{2.5}$ concentrations, (2) the difference between peak and non-peak $PM_{2.5}$ concentrations on weekdays and (3) the difference between peak and non-peak $PM_{2.5}$ concentrations on weekends at 42 reference stations for the summer season (top) and the winter season (bottom) plotted versus the log of APEI RWB emissions at a $1Km^2$ resolution. The dashed lines represent the best fit lines.

2.8 Comparison with number of detached homes and population

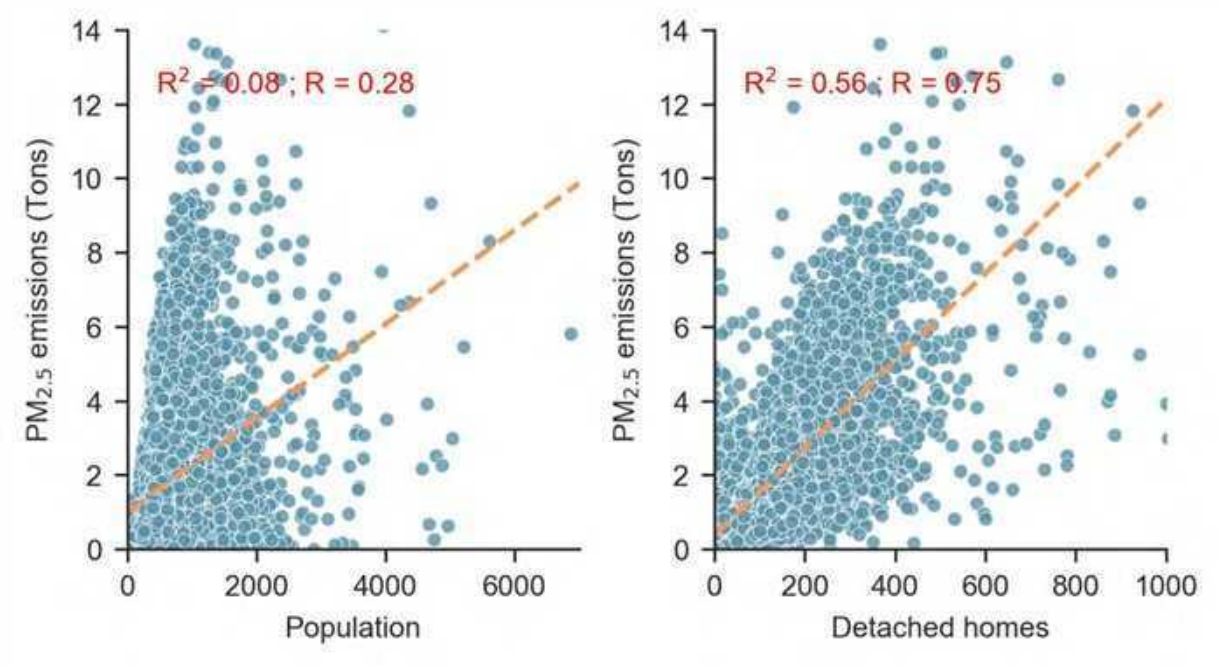


Figure S28. Annual $PM_{2.5}$ emissions at the DA level, plotted against population (left) and number of detached homes (right). Each dot refers to a single DA and the dashed line is the best fit line.

References

CHASS, 2023. Canadian Census Analyser [WWW Document]. URL http://dc1.chass.utoronto.ca/census/index.html (accessed 7.17.23).

EPA, 2024. AP-42: Compilation of Air Emissions Factors from Stationary Sources [WWW Document]. URL https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors-stationary-sources (accessed 4.10.24).

European Energy Agency, 2023. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 Technical guidance to prepare national emission inventories. Copenhagen.

Gulland, J., 2003. Residential Wood Combustion, Overview of Appliance Categories.

Welles, D., Dykman, L., Kellerhals, M., Freedman, R., Newdick, J., Boulet, D., Jessiman, B., Saxton, J., 2012. Code of Practice for Residential Wood Burning Appliances. Canadian Council of Ministers of the Environment. PN 1479.

Science of the Total Environment 946 (2024) 174226

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Improving residential wood burning emission inventories with the integration of readily available data sources

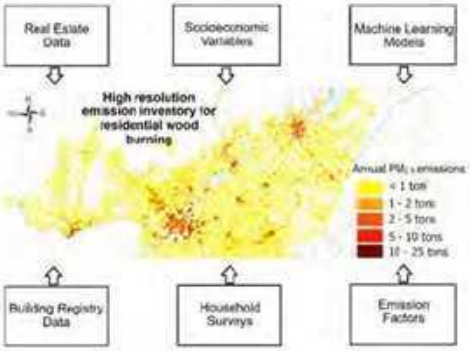
Jad Zalzal [a], Ying Liu [b], Audrey Smargiassi [b], Marianne Hatzopoulou [a,*]

[a] Department of Civil & Mineral Engineering, University of Toronto, 35 St George Street, Toronto, ON M5S1A4, Canada
[b] Université de Montréal, Département de santé environnementale et santé au travail, Montréal, Québec, Canada

HIGHLIGHTS

- Spatial distribution of RWB emissions is typically unknown and has large uncertainties.
- Novel approach combining multiple data sources for a bottom up RWB emission inventory
- Large differences in the spatial distribution of fireplaces and wood stoves
- RWB emissions highly correlated with increase in $PM_{2.5}$ levels on winter weekends.
- Appliance replacement programs could reduce $PM_{2.5}$ emissions by up to 66 %.

GRAPHICAL ABSTRACT



ARTICLE INFO

Editor: Meng GAO

Keywords:
Air pollution
Residential wood burning
Machine learning
Emissions modeling
Household surveys
Fine particulate matter

ABSTRACT

Residential wood burning (RWB) is the largest anthropogenic source of $PM_{2.5}$ in many North American and European cities in the winter. The current lack of information on the locations, types, and intensity of use of wood burning appliances limits the ability to accurately assess the exposure of the population to RWB emissions. In this study, we generated a high spatial resolution emission inventory for RWB in the province of Quebec, Canada using a novel data driven approach. The method first combines real estate and socioeconomic census data through machine learning models to estimate ownership rates of fireplaces and wood stoves. These ownership rates are then combined with household survey data (on wood consumption and types of appliances), emission factors and building registry data to generate the emission inventory at a $1Km^2$ resolution. Our proposed approach was able to capture spatial patterns in RWB appliance ownership and intensity of use, which may be overlooked by using simple urban vs rural or population based spatial proxies. The machine learning models explained 80.3 % and 63 % of the variability in wood stove and fireplace ownership rates with each appliance type exhibiting different spatial trends. Wood stoves were common in rural areas and among lower income households, whereas fireplaces were more common in urban areas. Additionally, we observed large spatial and regional variability in emissions per residence due to differences in wood consumption, appliance ownership rates, and appliance mixes (e.g. conventional vs certified). Our results suggest that using simple spatial proxies based on population, urbanization levels or residence type are not enough to explain the spatial distribution of

* Corresponding author.
E-mail addresses: jad.zalzal@mail.utoronto.ca (J. Zalzal), ying.liu.2@umontreal.ca (Y. Liu), audrey.smargiassi@umontreal.ca (A. Smargiassi), marianne.hatzopoulou@utoronto.ca (M. Hatzopoulou).

https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174226
Received 30 April 2024; Received in revised form 3 June 2024; Accepted 21 June 2024
Available online 23 June 2024
0048-9697/© 2024 The Authors. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

RWB emissions as they might overlook other factors such as socioeconomic factors or regional heating preferences. Finally, our spatially distributed emissions were strongly correlated (r 0.86) with the increase in $PM_{2.5}$ concentrations during peak-RWB hours on winter weekends at 42 reference stations across the province of Quebec.

1. Introduction

Residential wood burning (RWB) is a significant source of domestic heat in North America and Europe due to cultural preferences and its perceived carbon neutrality and competitive price (IEA Bioenergy, 2019; Marin et al., 2022; Welles et al., 2012). However, wood burning is a major source of toxic air pollutants such as fine particulate matter ($PM_{2.5}$), black carbon (BC), volatile organic compounds (VOCs) and carcinogens such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) (Hinton et al., 2024). Wood smoke has been associated with adverse health effects such as emergency room visits, decrease in lung function and acute respiratory effects (Naeher et al., 2007), and has been linked to extreme air quality events during the winter season (City of Montreal, 2021; Lin et al., 2018). Additionally, long-term exposure to wood smoke has been associated with adverse cardiovascular and respiratory diseases (Orozco-Levi et al., 2006; Unosson et al., 2013). Consequently, governments have enacted regulations to limit RWB or to incentivize cleaner less polluting wood burning appliances such as pellet stoves or advanced technology wood stoves and fireplaces (City of Montreal, 2021; Marin et al., 2022; Ville de Montreal, 2015; Welles et al., 2012).

Chemical Transport Models (CTMs) are crucial for assessing the impact of RWB on air quality and quantifying the potential exposure reductions and health benefits given certain policy interventions. The accuracy of these simulations is highly impacted by the quality of emission inventories which are a main source of uncertainty in CTMs (Aleksankina et al., 2019). Uncertainties in RWB emission inventories have been found to exceed those of other sectors (Karvosenoja et al., 2008; Zhao et al., 2011; Zheng et al., 2009), and are mainly due to uncertainties in emissions of wood burning appliances and the lack of activity data. Additionally, the spatial distribution of RWB appliances and their technology mix are typically unknown and are commonly spatially distributed using proxies such as population density (Trombetti et al., 2018). This approach might result in an overestimation of RWB emissions in densely populated urban areas since RWB is more common in rural areas in several parts of the world (Paunu et al., 2021). As an alternative, other spatial variables are combined with population density to spatially distribute RWB activity.

Household surveys are commonly used to generate information on the RWB appliances and use (Gonçalves et al., 2012; Pastorello et al., 2011; Tian et al., 2004; U.S.EPA, 2023). Some studies have also spatially distributed wood burning appliances by combining household surveys and regression models, where the fractions of residences that own wood burning appliances are regressed against socioeconomic variables and other variables such as wood availability (Tian et al., 2004; U.S.EPA, 2023). This type of analysis has been done at a regional or municipal level, which limits the ability to capture small scale variabilities in air pollution levels (Gentry et al., 2023; Karvosenoja et al., 2011; Korhonen et al., 2019; Lehtomäki et al., 2020; Paolella et al., 2018). Other studies differentiated between wood burning activity in urban areas and rural areas by assuming higher RWB activity in rural areas (Borchers-Arriagada et al., 2024; Denier Van Der Gon et al., 2015; Kuenen et al., 2014; Qi et al., 2017). However, these differences in wood burning activity have been found to be region or country specific and cannot be generalized (López-Aparicio et al., 2017; Paunu et al., 2021). Previous studies have addressed this by generating proxies using more detailed spatial data such as the actual number of wood burning appliances from building registry data (Lopez-Aparicio et al., 2018a; Plejdrup et al., 2016) or chimney sweeps (Plejdrup et al., 2016). However, this type of detailed data is rarely available and often suffers from inconsistencies in reporting (Plejdrup et al., 2016).

Real estate data have also been used to generate RWB spatial proxies (Lopez-Aparicio et al., 2018b). They offer a high-resolution alternative to surveys since they contain larger amounts of data at a fine spatial resolution. Similar to surveys, real estate data contain only a subset of all the residences in certain regions with some regions having insufficient coverage. Real estate data also lack information on RWB activity. Nonetheless, due to its availability, the combination of real estate data with other data sources offers great potential to reduce the uncertainty in the spatial distribution of RWB emissions.

In this study, we address the limitations of existing methods to spatially distribute RWB emissions by using a systematic data driven approach. We propose a novel method to generate a high-spatial resolution, bottom-up emission inventory for the RWB sector in the province of Quebec, Canada which covers an area of ~1.668 million km^2 and has a population of ~8.5 million. The proposed method combines real estate data, household survey data, census data, building registry data and machine learning models. Furthermore, we quantify the uncertainties associated with our inventory and apply this inventory to evaluate the potential emission reductions from transitioning to cleaner wood-burning technologies.

2. Methodology

Our proposed methodology consists of (1) fireplace and wood stove estimation module, (2) emissions estimation module and (3) scenario and evaluation module (Fig. 1). In the first module, we estimate and spatially distribute ownership rates of fireplaces and wood stoves, the two dominant wood burning appliances in Quebec, using real estate data, census data and machine learning models. In the second module, we estimate RWB emissions using household surveys and the outputs from the first module. In the third module, we evaluate our emission inventory by comparing it to measured $PM_{2.5}$ measurements and to Environment and Climate Change Canada's (ECCC) RWB emission inventory. The data used to generate the emission inventory include (1) census socioeconomic and other variables, (2) locations of wood stoves and fireplaces from real estate data, (3) wood burning activity and appliance characteristics from household surveys, (4) emission factors and (5) building registry data. The three modules and the data sources are described in detail in the subsequent sections.

2.1. Distribution of fireplaces and wood stoves

2.1.1. Data inputs

2.1.1.1. Census and other data. We obtained the number of dwellings per residence type and demographic and socioeconomic variables at the dissemination area (DA) level (~220 residences per DA) for the 2016 census year (CHASS, 2023). DAs are the smallest geographic division for which census data are reported in Canada. Residence types were clustered into detached residences, attached residences (including semi-detached residences, row houses and other attached residences) and apartments (including condos, duplex apartments, and apartments in low- and high-rise buildings). Socioeconomic and demographic variables included total population, education level, average population age, average household size, median household income, immigration status, economic region (total of 17 economic regions in Quebec) (Figs. S1 and S2) and building age. Some of these variables have been found to be highly correlated with residential wood burning activity in

previous studies (Larson et al., 2007; Tian et al., 2004). Additionally, we extracted the number and location of wood industries per economic region from the national pollutants release inventory (Government of Canada, 2023) as a potential proxy for wood availability.

2.1.1.2. Real estate data. We obtained data for 508,612 residences in Quebec from Centris, which is the largest real estate portal in the province (https://www.centris.ca/). This dataset covers the province of Quebec and includes residences that were listed for sale or rent between 2017 and 2021. The dataset included information on the residence's location, type (detached, attached, or apartment) and the presence of a wood stove or wood fireplace (Fig. S3). The differentiation between wood stoves and wood fireplaces is critical as these appliances have distinct emission factors and are utilized to varying extents for residential heating (Paunu et al., 2021). In Cananda, wood stoves are mainly used as a heating source due to their higher efficiency, whereas fireplaces are used more often for leisure or aesthetics (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2012). Wood stoves were defined as appliances that are freestanding and fireplaces as appliances that are built into the wall of a living space, which include open fireplaces and enclosed fireplaces (Welles et al., 2012). After removing duplicate listings, a total of 481,899 residences were retained, constituting approximately 13 % of all residences in Quebec.

2.1.2. Data cleaning and processing

We intersected the Centris data with the DAs to obtain the fractions of residences that owned wood stoves and fireplaces for each DA and residence type (i.e., ownership rates). We then calculated the RWB ownership rates using the following equation:

$$RWB_{dji} = \frac{TotApp_{dji}}{TotRes_{dj}} \quad (1)$$

RWB_{dji} represents the RWB ownership rates for DA d, residence type j (detached, attached or apartment) and appliance type i (wood stove or fireplace). $TotApp_{dji}$ is the total number of appliances of type i in residence type j and DA d obtained from Centris, and $TotRes_{dj}$ is the total number of residences of type j in DA d obtained from Centris.

Subsequently, we considered the RWB ownership rates as missing for a specific residence type if $TotRes_{dj}$ was less than 20 for detached residences and less than 10 for attached residences and apartments. These cutoff values are equivalent to more than 10 % of total residences of a given type in a DA. Consequently, out of a total of 13,650 DAs in Quebec, we retained 2209 DAs with sufficient apartments, 483 DAs with sufficient attached residences, and 5784 DAs with sufficient detached residences (Fig. S4).

2.1.3. Development and evaluation of RWB ownership model

We developed LightGBM (Ke et al., 2017) models to predict RWB ownership rates at the DA level for detached residences, attached residences and apartments with sufficient residences in the Centris database. Separate models were developed for fireplaces and wood stoves. LightGBM is an ensemble decision tree-based machine learning algorithm developed by Microsoft. We selected LightGBM since it is designed for handling large datasets and capturing complex non-linear relationships.

We trained the LightGBM models using the ownership rates for fireplaces and wood stoves obtained from Centris at the DA level (as the dependent variable), and the various predictors described above (Section 2.1.1.1) to predict RWB ownership rates at DAs where we had insufficient data. We also included other predictors such as longitude, latitude, Stove KNN (K Nearest Neighbor) and Fire KNN. The two KNN variables represent the average ownership rates for wood stoves and fireplaces, respectively, in the 6 nearest DAs where data was available from Centris for the same residence type. These two predictors were included since ownership rates of stoves and fireplaces had a positive spatial autocorrelation (refer to Section 1.3 in the SI), signifying that adjacent DAs tended to have relatively similar ownership rates. Additionally, we included the outputs of the wood stove model as a predictor in the fireplace model. All predictors are summarized in Table 1.

Before training the models, we one-hot encoded categorical variables, and standardized all variables using z-score normalization. The RWB ownership rates at the DA level and per residence type were first

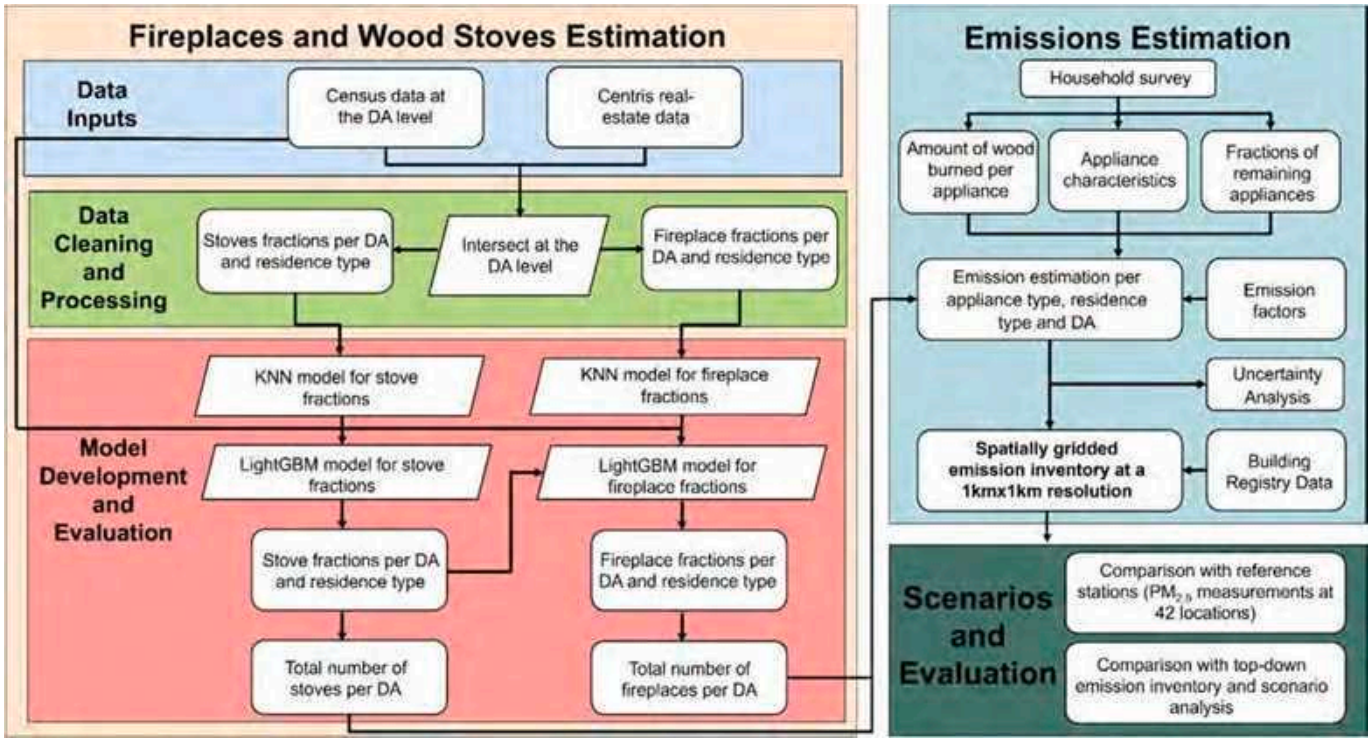


Fig. 1. Flow Chart summarizing the proposed RWB emission inventory methodology.

Table 1
Description of predictors used to train the wood stove and fireplace LightGBM models.

Predictor name	Description	Possible values
Longitude	Longitude of the centroid of the DA in decimal degrees	(79.48°)–(61.78°)
Latitude	Latitude of the centroid of the DA in decimal degrees	44.99°–50.27°
Economic Region	Name of the economic region (categorical variable) (Statistics Canada, 2017)	17 economic regions in Quebec as per the 2016 census
Population	Population per DA (CHASS, 2023)	82–10,182
Age	Average age per DA (CHASS, 2023)	23.4–77
Household Size	Average household size per DA (CHASS, 2023)	1.2–4.3
Median Income	Median household income before tax per DA (in CAD) (CHASS, 2023)	$11,808–$406,528
Detached	Categorical variable for the residence type	0 or 1
Attached	Categorical variable for the residence type	0 or 1
Apartment	Categorical variable for the residence type	0 or 1
Single detached fraction	Fraction of single detached homes per DA (CHASS, 2023)	0–100 %
Ap_More5 fraction	Fraction of apartments in higher than 5 story buildings per DA (CHASS, 2023)	0–100 %
Ap_Less5 fraction	Fraction of apartments in lower than 5 story buildings per DA (CHASS, 2023)	0–100 %
Attached fraction	Fraction of attached homes per DA (CHASS, 2023)	0–100 %
Immigrant	Fraction of the population that is of immigrant decent per DA (CHASS, 2023)	0–100 %
Owner	Fraction of residences that are owned per DA (CHASS, 2023)	0–100 %
More_bachelor	Fraction of the population that has a bachelor's degree or higher per DA (CHASS, 2023)	0–100 %
Diploma	Fraction of the population that has a diploma other than a high school diploma or a university degree per DA (CHASS, 2023)	0–100 %
No_Diploma	Fraction of the population that only has a high school diploma or less per DA (CHASS, 2023)	0–100 %
CMA	Categorical variable to denote if a DA belongs to a metropolitan area or not (CHASS, 2023)	Yes or No
Cless1980	Fraction of buildings that were constructed before 1980 per DA (CHASS, 2023)	0–100 %
C1980-2000	Fraction of buildings that were constructed between 1980 and 2000 per DA (CHASS, 2023)	0–100 %
Cmore2000	Fraction of buildings that were constructed after 2000 per DA (CHASS, 2023)	0–100 %
Wood_pop	Number of wood industries per 100,000 people in an economic region (Government of Canada, 2023)	0–12.95
Stove KNN	Average fraction of stoves in the 6 nearest DAs for the same residence type (only used for the wood stoves model). Variable generated from the Centris database.	0–1
Fire KNN	Average fraction of fireplaces in the 6 nearest DAs for the same residence type (only used for the fireplaces model). Variable generated from the Centris database.	0–1
Stove predictions	Fractions of wood stoves for the same residence type (only used for the fireplaces model). Variable obtained from the output of the wood stoves LightGBM model.	0–1

divided into a training set (80 % of the data) and a testing set (20 % of the data) for validation. The split between the training and testing sets was done using a stratified sampling approach to obtain the same ratios of data points per economic region and per residence type, ensuring both datasets reflect the original distribution of these categories. Specifically, this means that the proportion of each economic region and residence type in the training and testing sets matches their proportion in the entire dataset. We evaluated model performance using the Root Mean Squared Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), and the coefficient of determination (R^2). Hyperparameter tuning was conducted on the training dataset to avoid overfitting and improve model generalizability to out-of-sample data. The set of hyperparameters that minimized the 10-fold cross-validation average RMSE was selected to train the final model (Table S2). We also implemented the SHapely Additive exPlanations (Lundberg and Lee, 2017) (SHAP) method to determine the most important predictors and observe how they affect fireplace and wood stove ownership rates.

The final outputs of the models are RWB ownership rates for each DA in the province for all combinations of residence type and appliance type (i.e., each DA has 6 RWB ownership rates for a total of 2 appliance types and 3 residence types).

2.2. Emissions estimation

2.2.1. Household surveys

Two separate online household surveys were conducted by Leger, a market research company. The first survey was carried out from April to May 2022 and targeted all residences in the province of Quebec, resulting in 18,746 responses; 19.6 % of which owned at least one wood burning appliance in their primary residence. The second survey was conducted from December 2022 to March 2023 and specifically targeted residences that owned a wood burning appliance, yielding an additional 10,044 responses. Both surveys contained the same questions and did not have any overlap in terms of respondents.

The surveys contained a demographic section and a section regarding wood burning appliances present in the respondents' residences. The questions used were those on wood burning from the Statistics Canada Households and the Environment Survey (HES). They included information about appliance type, certification status, frequency of use, and the amount of wood burned over the past year. We also asked respondents about the ownership of any secondary residence, and if applicable, we asked the same set of wood burning questions regarding their secondary residence. 31 % of respondents from both surveys owned or rented a secondary residence for an extended period, 17 % of which owned a wood burning appliance in their secondary residence.

Data collected through the first survey were used to determine the ownership rates of less common RWB appliances such as air furnaces, hydronic radiators, stove ovens, and water heaters per economic region. Data collected through both surveys were used to determine the amount of wood burned per appliance type and per economic region, and to further differentiate between the fractions of fireplaces that are enclosed or open, and the fractions of wood stoves that are pellet and non-pellet stoves per economic region. Additionally, data collected through both surveys were used to determine the fraction of secondary residences that owned a wood burning appliance as well as the amount of wood burned per appliance type. Finally, data collected through both surveys were

used to determine the fraction of appliances that were certified per economic region and per appliance type. Certified appliances are appliances that met the U.S.EPA standards or the Canadian Standards Association's standard (CSA B415.1) (The Canadian Standards Association (CSA), 1992).

2.2.2. Emission factors

We compiled emission factors for $PM_{2.5}$, PM_{10}, CO, SO_2, NO_x, and VOCs from the Canadian Code of Practice for Residential Wood Burning Appliances (Welles et al., 2012), ECCC (Gulland, 2003) and the EPA (EPA, 2024). We differentiated emission factors by appliance type and certification level (Table 2). The remaining sections will focus on $PM_{2.5}$ emissions.

2.2.3. Emissions estimation per DA

We estimated the final emissions per DA per year for each pollutant by combining the results of the surveys with the outputs of the LightGBM models using the following equation:

$$Emissions_d = \sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{4}\sum_{c=1}^{2} TOTres_{jd} * RWB_{ijdr} * Ncords_{ir} * Conv * EF_{ic} * Cert_{irc} \quad (2)$$

For Appliance type i, Residence type j, Economic Region r, Certification level c (certified or non-certified) and DA d, with:

- $Emissions_d$ = total emissions in DA d
- $TOTres_{jd}$ = total number of residences of type j in DA d
- RWB_{ijdr} = ownership rate of appliance i per residence type j in DA d and region r
- $Ncords_{ir}$ = Number of cords of wood burned per residence in region r and appliance type i
- $Conv$ = conversion factor from cords of wood to mass of dry wood
- EF_{ic} = emission factor for appliance type i and appliance certification c
- $Cert_{irc}$ = fraction of appliances of type i, in region r that have a certification level c

Appliance type has six different values: fireplace, wood stove, air furnace, hydronic radiator, water heater and stove oven. Residence type has four different values: detached, attached, apartment and secondary residence. Wood stoves were additionally multiplied by the fractions of pellet stoves and non-pellet stoves per economic region (obtained from both surveys), and fireplaces were multiplied by the fractions of enclosed and open fireplaces per economic region.

The number of cords of wood burned per year reported by the survey respondents was converted to weight of dry wood since the emission factors are in grams of pollutant emitted per kg of dry wood burned.

Most respondents mentioned that they used hardwood for heating. As such dry basis densities of hardwoods were only considered in this calculation and ranged between 460 to 680 kg/m^3 in Canada (Gonzalez, 1990), which also encompasses a large range of softwoods. Additionally, a factor of 0.625 was applied to the volume of a cord of 3.62 m^3 (Department of Justice - Canada, 2019) to estimate the actual volume of wood in a cord (Department of Fisheries - Forestry and Agrifoods, 2016). Finally, a volumetric shrinkage factor of 15 % (Gonzalez, 1990) was used to estimate the dry volume of wood in a cord. These calculations were done using the following equation:

$$CONV\left(\frac{Kg\ of\ dry\ wood}{cord}\right) = 3.62 * dry\ density * conversion\ factor * (1 \quad shrinkage\ factor) \quad (3)$$

Table 2
Emission factors for different appliance types and pollutants in g/kg of dry wood burned.

Appliance	Certified	$PM_{2.5}$	PM_{10}	CO	SO_2	NO_x	VOC
Fireplace open	No	15.7[a]	15.7	97.23	0.2[c]	1.4[c]	13.75
Fireplace open	Yes	4.8	4.8	70.4	0.13[c]	0.76[c]	7
Fireplace enclosed	No	13.6	13.6	115.4	0.2[c]	1.4[c]	21.3
Fireplace enclosed	Yes	4.8	4.8	70.4	0.13[c]	0.76[c]	7
Stove	No	18.4	18.4	107.7	0.2[c]	1.4[c]	28.4
Stove	Yes	4.8	4.8	70.4	0.13[c]	0.76[c]	7
Pellet stove	No	1.02	1.12	8.8	0.14[c]	1.71[c]	0.75
Pellet stove	Yes	1.02	1.12	8.8	0.14[c]	1.71[c]	0.75
Air furnace	No	13.3	13.3	68.5	0.91[c]	1.4[c]	21.3
Air furnace	Yes	6.4[b]	6.4[b]	68.5	0.91[c]	1.4[c]	21.3
Hydronic radiator	No	13.3	13.3	68.5	0.91[c]	1.4[c]	21.3
Hydronic radiator	Yes	2.08[b]	2.08[b]	68.5	0.91[c]	1.4[c]	21.3
Water heater	No	13.3	13.3	68.5	0.91[c]	1.4[c]	21.3
Water heater	Yes	6.4[b]	6.4[b]	68.5	0.91[c]	1.4[c]	21.3
Stove oven	No	23.2	23.2	115.4	0.91[c]	1.4[c]	21.3
Stove oven	Yes	4.8	4.8	115.4	0.91[c]	1.4[c]	21.3

Note: All numbers are from source a unless otherwise indicated by superscript (e.g., b for source b, c for source c).
[a] Gulland (2003).
[b] EPA (2024).
[c] Welles et al. (2012).

2.2.4. Uncertainty analysis

We quantified uncertainties in our emission inventory using a Monte Carlo simulation of Eq. (2). Uncertainties in residential emission inventories are mainly due to large uncertainties in emission factors, appliance technology distribution and regional wood consumption statistics (Rao et al., 2018). This analysis is important to account for errors in self-reported data for wood consumption and appliance certification, as well as errors in the models. We generated distributions of fireplace and wood stove ownership rates using a residual based bootstrap simulation. We generated distributions of wood consumption, appliance certification and ownership rates of the remaining appliances though bootstrap simulations of the survey data. We assumed a uniform distribution for the densities of wood. As for emission factors, we assumed a normal distribution with a coefficient of variation of 30 % (European Energy Agency, 2023) since emission factors distributions were not available for Canada. Details of the Monte Carlo simulation are provided in Table S3. A total of 10,000 simulations were conducted to generate the final distributions of emissions at the DA level. As opposed to previous studies where uncertainties are quantified for total emissions, in this study, we quantified uncertainties for each DA separately, which allows to determine regions where uncertainties in emissions are large.

2.2.5. Spatially gridding emissions

We obtained the exact locations of all buildings in the province of Quebec from the building registry data (Addresses Quebec AQgéobâti database) (Gouvernement du Québec, 2023), which contains the coordinates of each building broken down into residential, commercial and industrial. This dataset provides the location of residential buildings and does not differentiate between building types (i.e., apartments, attached residences and detached residences). This dataset was important for large DAs to correctly assign emissions only to residential areas of the DA. After estimating the emissions at the DA level, we assigned emissions to the residential buildings obtained from Adresses Quebec and we intersected them with $1Km^2$ grids to generate the final gridded emission inventory.

2.3. Scenario analysis

We generated emissions for $PM_{2.5}$, PM_{10}, VOCs, NO_x and SO_2 using our proposed approach for four different scenarios. We selected the scenarios to reflect RWB regulations in the province of Quebec. These regulations include prohibiting the sale of non-certified wood burning appliances, providing incentives to replace old appliances, and providing incentives for purchasing pellet stoves. Pellet stoves have been increasingly used in several parts of the world due to their higher combustion efficiency, lower storage space requirements and lower emissions compared to stoves that use conventional firewood logs (Quinteiro et al., 2019). The four scenarios that we considered are the following:

- Scenario#1 - No certification: This scenario is considered the worst-case scenario where all wood burning appliances in the province of Quebec are not certified. It is used to quantify the reductions in emissions that are attributed to certifying wood burning appliances to date.
- Scenario#2 - Base case: This scenario reflects the emissions from RWB under the current situation.
- Scenario#3 - Full certification: In this scenario all wood burning appliances are replaced by certified appliances.
- Scenario#4 - Full certification + pellet stoves: In this scenario all appliances are certified, and all wood stoves are replaced with pellet stoves.

The purpose of these scenarios is to show an application of our proposed method in terms of capturing the spatial variability of potential reductions in emissions under policy interventions. We assumed that wood consumption per appliance would remain the same as the base case due to the lack of information on the impact of appliance certification on wood consumption.

2.4. Comparison with ECCC's inventory

We compared the base case emissions to ECCC's RWB air pollutant emission inventory (APEI) (ECCC, 2024). This inventory is a top-down emission inventory that distributes RWB emissions based on spatial proxies (number of detached residences, row houses and semi-detached residences) and assumptions on wood consumption differences between urban and rural areas where detailed wood consumption statistics were available (Samaali et al., 2019).

2.5. Comparison with $PM_{2.5}$ measurements

We compared the final annual $PM_{2.5}$ RWB emissions with $PM_{2.5}$ measurements at 42 stations from the National Air Pollution Surveillance (NAPS) Program for the year 2019 (Fig. S5). We selected 2019 since data from 2022 and 2023 are not available and data from 2020 and 2021 are affected by the Covid-19 pandemic and might not reflect current temporal trends. For each reference station, we calculated RWB $PM_{2.5}$ emissions within a 1Km circular buffer.

The purpose of this comparison is to investigate whether $PM_{2.5}$ measurements are correlated with RWB emissions and whether different seasonal or diurnal trends are observed in regions with high RWB activity. This comparison was conducted for two different periods, the summer period (June, July and August), where RWB is expected to be the lowest, and the winter period (December, January and February), where RWB activity is expected to be the highest. The comparison was also done for the increase in $PM_{2.5}$ concentrations during weekday and weekend peak RWB hours. Peak RWB hours were considered to be from 7 pm until 1 am, whereas non-peak RWB hours were from 5 am until 5 pm, as has been observed previously in the province of Quebec (Bonvalot et al., 2000) and elsewhere (Ancelet et al., 2012; Font et al., 2022; Glasius et al., 2006; Krecl et al., 2008b; Nava et al., 2015; Pouliot et al., 2015). We also repeated this comparison using APEI emissions to assess whether our emission inventory improves the spatial distribution of RWB emissions.

3. Results

3.1. Real estate data descriptive statistics

Real estate data inputs at the DA level are summarized in Table 3. The data covered the 17 economic regions of the province of Quebec and show that the fireplace and wood stove ownership rates vary significantly between regions and between residence types (Table S4). 29 % of attached and 35 % of detached residences in the real estate data of the province of Quebec owned either a wood stove or a fireplace compared to only 7.6 % for apartments. The fractions of residences owning fireplaces and wood stoves also differed from one region to another. The ownership of fireplaces was most prevalent in detached and attached residences in urban regions such as Montreal and Laval, whereas the ownership of wood stoves was most prevalent in detached and attached residences in rural areas.

3.2. Survey data descriptive statistics

Similar to what was observed in the Centris dataset, RWB fractions varied across economic regions and residence types. Fig. S6 shows the fraction of respondents per economic region that owned a RWB appliance. The percentages obtained from the surveys are lower than those observed in the Centris database since the breakdown per residence type in the surveys was more representative of the actual breakdown in the province of 45 % for apartments, 45 % for detached residences and 10 %

Table 3
Summary of the Centris dataset used to train the LightGBM models. Sd refers to standard deviation.

Residence type	Total number of residences after removing duplicates	Total number of residences used in the models (after removing DAs with insufficient data)	Average number of residences per DA (after removing DAs with insufficient data)	Average fireplace ownership per DA (after removing DAs with insufficient data)	Average wood stove ownership per DA (after removing DAs with insufficient data)
Apartments	120,908	111,628	50.5 (sd = 84.1)	7.9 % (sd = 15.7 %)	0.3 % (sd = 1.4 %)
Attached residences	23,410	9023	18.7 (sd = 13.7)	26.1 % (sd = 23.9 %)	4.6 % (sd = 7.4 %)
Detached residences	337,581	284,728	49.2 (sd = 39.2)	17.9 % (sd = 14.9 %)	17.5 % (sd = 13.5 %)

for attached residences (CHASS, 2023), whereas the Centris data had a lower fraction of apartments at around 27 %.

We also observed large differences in terms of amount of wood burned per appliance type and per region. The amount of wood burned in wood stoves was consistently higher than the amount of wood burned in fireplaces across all economic regions (Fig. S7 and Table S5) (in primary residences). On average, around 6200 kg of dry wood are burned in a wood stove per year, compared to around 3300 kg in a fireplace. Wood consumption per wood stove varied between 9300 kg/year (in Abitibi-Temiscamingue) and 1700 kg/year (in Montreal) on average, whereas wood consumption per fireplace varied between 6700 kg/year (in Abitibi-Temiscamingue) and 1100 kg/year (in Montreal). Larger amounts of wood were burned in the other appliances on average per year, with 5700 kg in stove-ovens, 7300 kg in water heaters, 13,300 kg in hydronic radiators and 9620 kg in air furnaces per year. However, these appliances were much less common compared to fireplaces and wood stoves with only 0.7 % of respondents owning stove-ovens, 0.5 % water heaters, 0.1 % hydronic radiators and 1.1 % air furnaces (Table S6) (in primary residences). Additionally, 44 % of fireplaces were open fireplaces and 25 % of wood stoves were pellet stoves (Table S7). Finally, the amount of wood burned in secondary residences was much lower than the amount burned in primary residences across all appliance types (Table S8).

The differences in the amounts of wood burned in primary residences were mostly a result of the frequency of use of an appliance. Fig. S8 shows the frequency of use of different appliances across the entire province. More than 80 % of respondents mentioned that they used their water heaters, hydronic radiators and air furnaces at least several times per week, compared to around 70 % for stoves, 60 % for open fireplaces and only 40 % for enclosed fireplaces.

3.2.1. *Fireplace and wood stove models*

We first trained the LightGBM models without the KNN variables to capture the impacts of the remaining variables on wood stove and fireplace ownership rates. The models were able to achieve a 10-fold cross-validation R^2 of 0.51 and 0.73 for fireplaces and wood stoves. Fig. 2 shows the SHAP plots for the wood stove and fireplace models for the 8 most important predictors in each model. Wood stove ownership

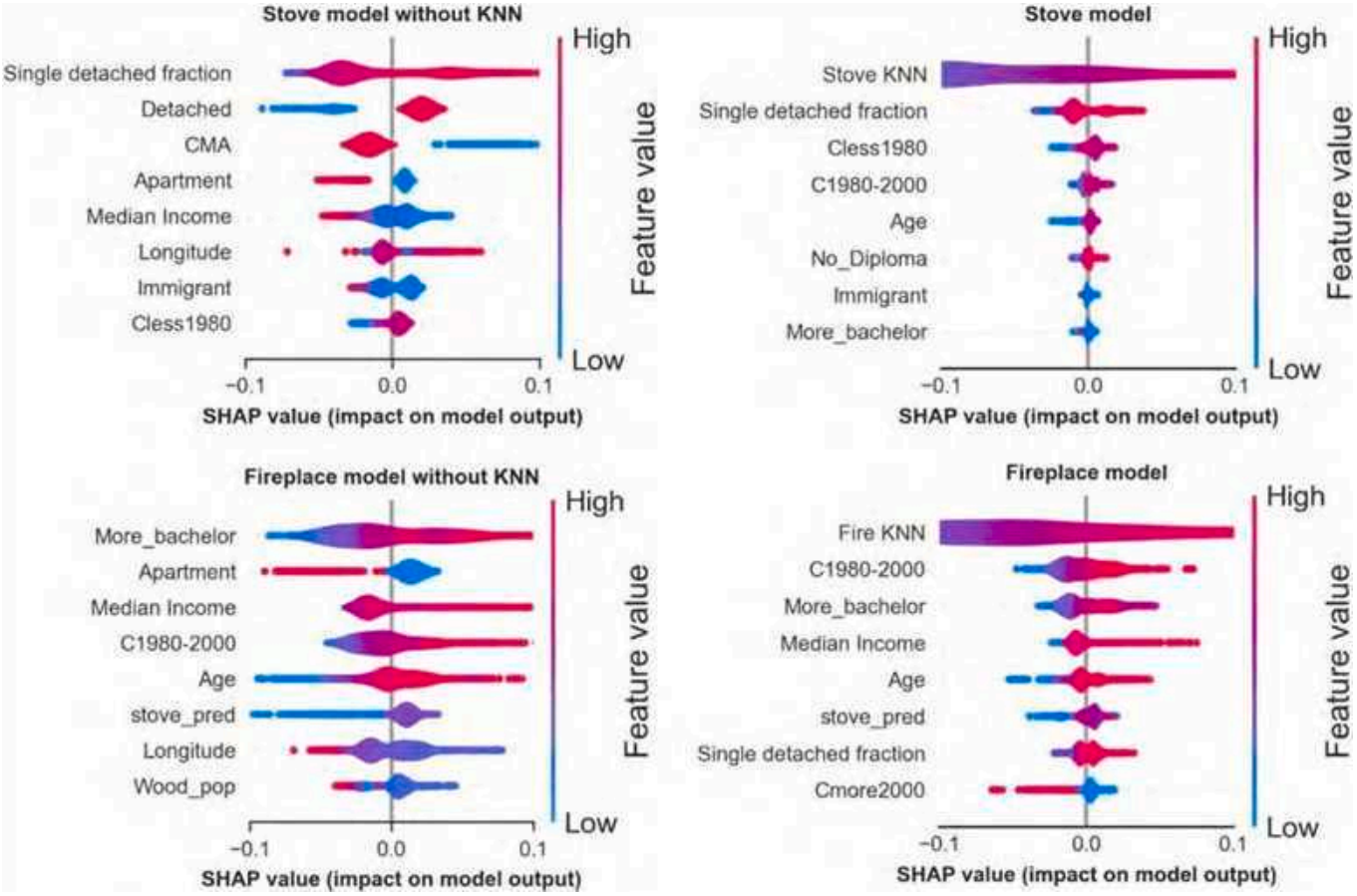


Fig. 2. SHAP values plots for the wood stove (top) and fireplace ownership rate models (bottom) without and with the KNN variable (left and right respectively).

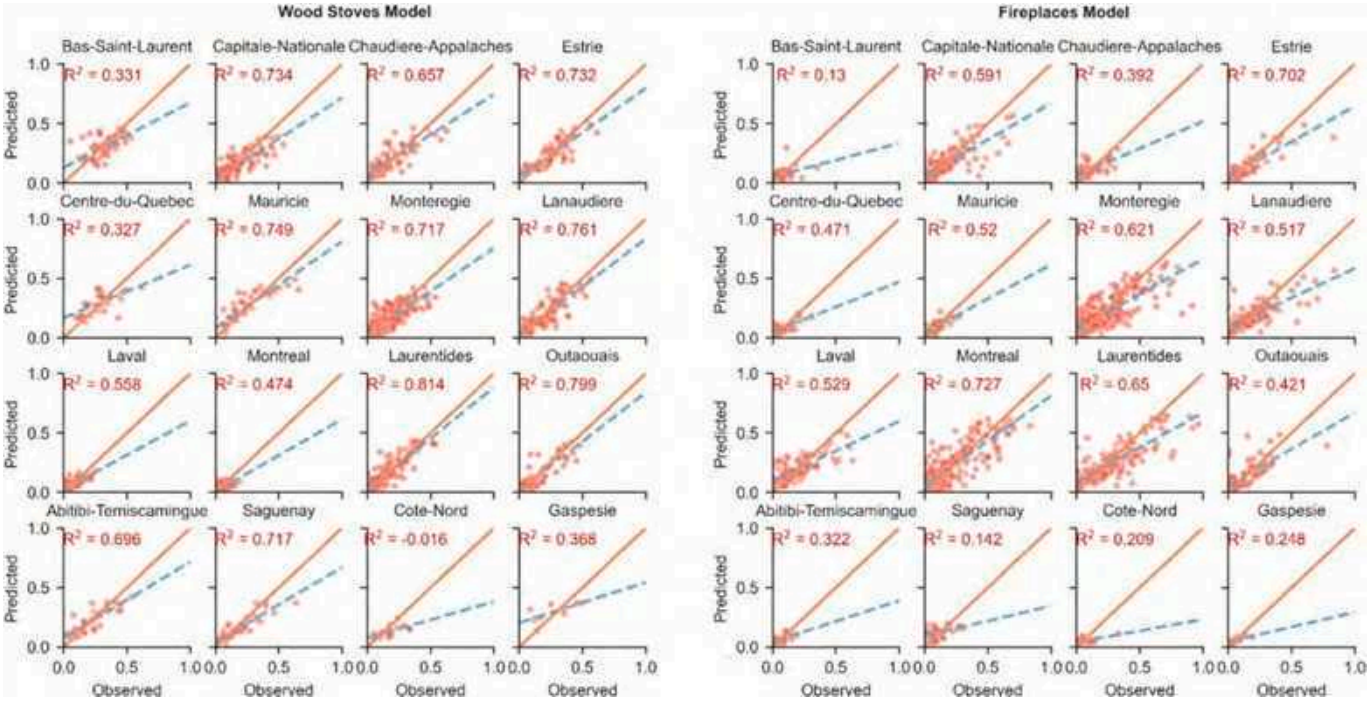


Fig. 3. Predicted vs observed ownership rates of wood stoves (left) and fireplaces (right) per economic region on the out-of-sample test set. Each dot refers to a single residence type in a DA (attached, detached and apartment). The solid orange line is the one-to-one line, and the dashed blue line is the best fit line.

rates were mostly driven by the fraction of detached residences and the detached category, both of which had a positive impact. CMA, the apartment category, median income and the fraction of immigrants had a strong negative impact on wood stove ownership rates. On the other hand, fireplace ownership rates were mostly driven by education, income, the fraction of buildings constructed between 1980 and 2000, and population age, which all had a positive impact. The apartment category had a strong negative impact on fireplace ownership rates, indicating that both wood stoves and fireplaces are less common in apartments. After including the KNN variables in the models, the 10-fold cross-validation R^2 improved to 0.803 and 0.63 (Table S9) for wood stoves and fireplaces respectively, with the KNN variables being the most important predictors in both models.

The performance of both the wood stove and fireplace models varied across economic regions. Fig. 3 shows the model performances on the out-of-sample test set per economic region. The performance of the wood stove models ranged from $R^2 =$ 0.016 to 0.814, while the performance of the fireplace model ranged from 0.13 to 0.727. The poor performance in certain regions was likely due to either the small number of data points (e.g. Cote-Nord) or to the small range of observed data (e.g. stove model in Montreal).

These plots also show the differences between wood stove and fireplace ownership rates in certain regions. For example, wood stove ownership rates in Montreal varied between 0 and 0.17, whereas fireplace ownership rates reached 0.65, indicating that fireplaces are more common in Montreal than wood stoves. We observed these differences spatially, where the total number and ownership rates of wood stoves in urban areas were much lower than the number and ownership rates of fireplaces (Figs. S9–S10).

3.3. Regional emission estimates

We applied the generated models to DAs where there weren't sufficient data from Centris, and predicted wood stove and fireplace ownership rates. We then estimated emissions per DA using Eq. (2). We only focus on $PM_{2.5}$ in this section. Regional emissions of all pollutants are reported in Figs. S11–S16.

RWB emissions at the regional level were not highly correlated with population (Table S10). For example, the region of Montreal contains 23.6 % of the population but accounted for 4.3 % of total RWB emissions, whereas the region of Chaudiere-Appalaches contains 5.1 % of the population and accounted for 11.3 % of RWB emissions. These differences are due to a combination of variability in appliance mixes, appliance ownership rates, certification levels and wood consumption. This is reflected in the differences in emission intensities (total emissions divided by total residences), which varied significantly across economic regions, with the largest intensities observed in Chaudiere-Appalaches at 16 kg/residence per year, and the lowest intensities observed in Montreal at 1.3 kg/residence per year (Fig. S17).

Our emission estimates at the regional level had uncertainty ranges of 20.3/+23.7 % in Outaouais to 44.9/+53.6 % in Nord du Quebec. Uncertainties in emissions at the DA level were higher and ranged from 17 % to 100 % and +18 % to +237 % with an average of 34/+42 % (Figs. S18–S19). The larger uncertainties occurred in DAs with very small average emissions, especially in urban regions as shown in Fig. S19.

Fireplaces and wood stoves alone accounted for 88.4 % of total RWB emissions in the province, with wood stoves accounting for 48.4 % of emissions and fireplaces accounting for 39.9 %. Air furnaces accounted for 8.6 % of emissions. These contributions were also different between regions (Fig. S20). Additionally, detached residences accounted for 78.9 % of RWB emissions, followed by 9.6 % for apartments, 7.2 % for attached residences and 4.3 % for secondary residences. This trend was consistent across all regions except for Laval and Montreal where apartments accounted for 20 % and 47 % of RWB emissions respectively (Fig. S21).

3.4. Scenario analysis and comparison with APEI

Overall, the RWB sector was found to emit 24,024 (23/+25 %) tons of $PM_{2.5}$ per year (Fig. 4). This estimate was 30 % to 40 % lower than APEI emissions between 2015 and 2021. The new emission inventory and APEI had a Pearson correlation of 0.68 at the DA level (Fig. S22), with the APEI inventory assigning higher emissions in certain urban

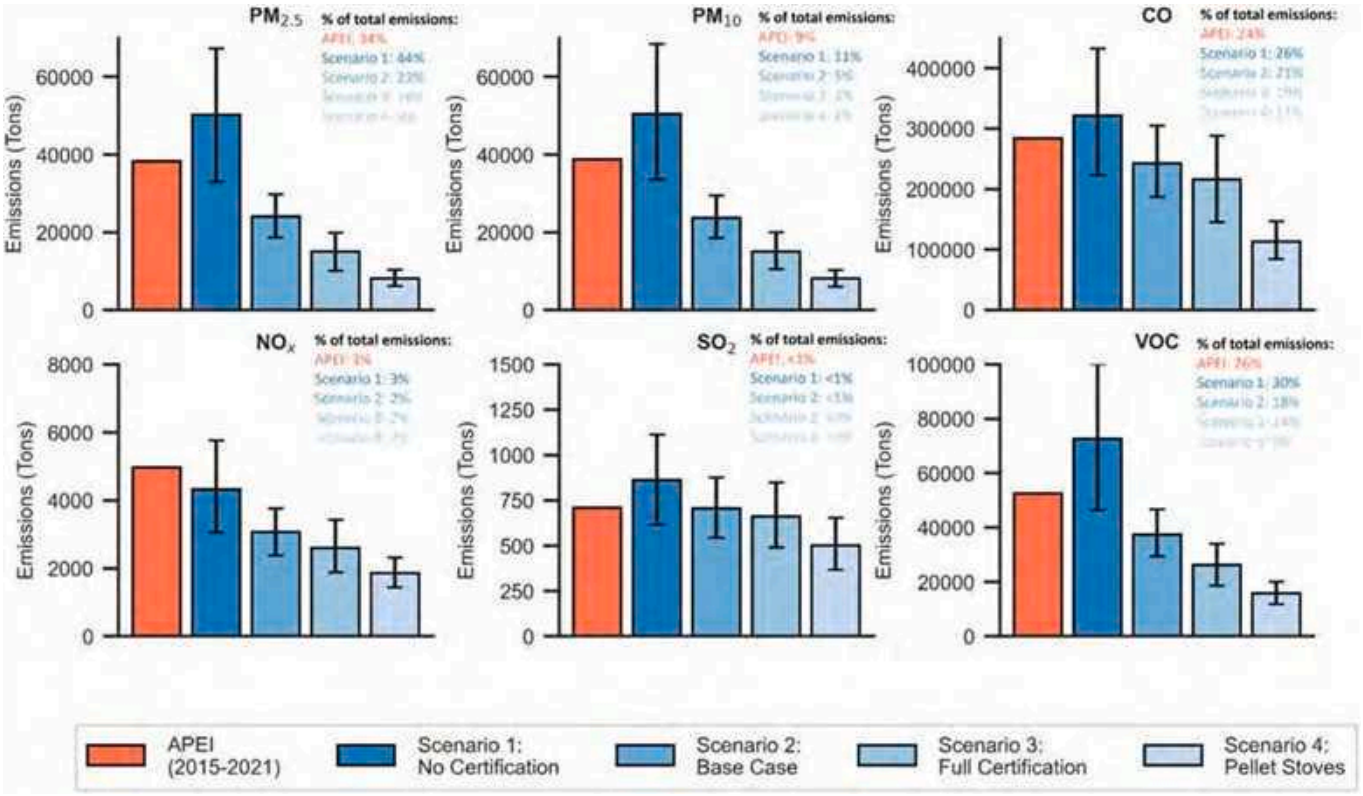


Fig. 4. Comparison of annual RWB emissions under the 4 scenarios with the APEI emissions (average annual emissions between 2015 and 2021). The error bars show the 95 % confidence intervals.

regions such as Montreal, Monteregie, Laval and Capitale Nationale (Fig. S23). This difference might be due to ECCC assuming a uniform difference in wood burning activity between urban and rural regions across Quebec without accounting for differences in wood burning activity between urban regions. In contrast, our approach incorporates differences in appliance ownership rates, appliance mixes, and wood consumption. This results in ECCC's inventory overestimating wood burning activity in some urban areas while underestimating it in others. Additionally, we estimated that a total of 3100ktons of wood are burned per year in the province of Quebec, which is 13.9 % lower than the

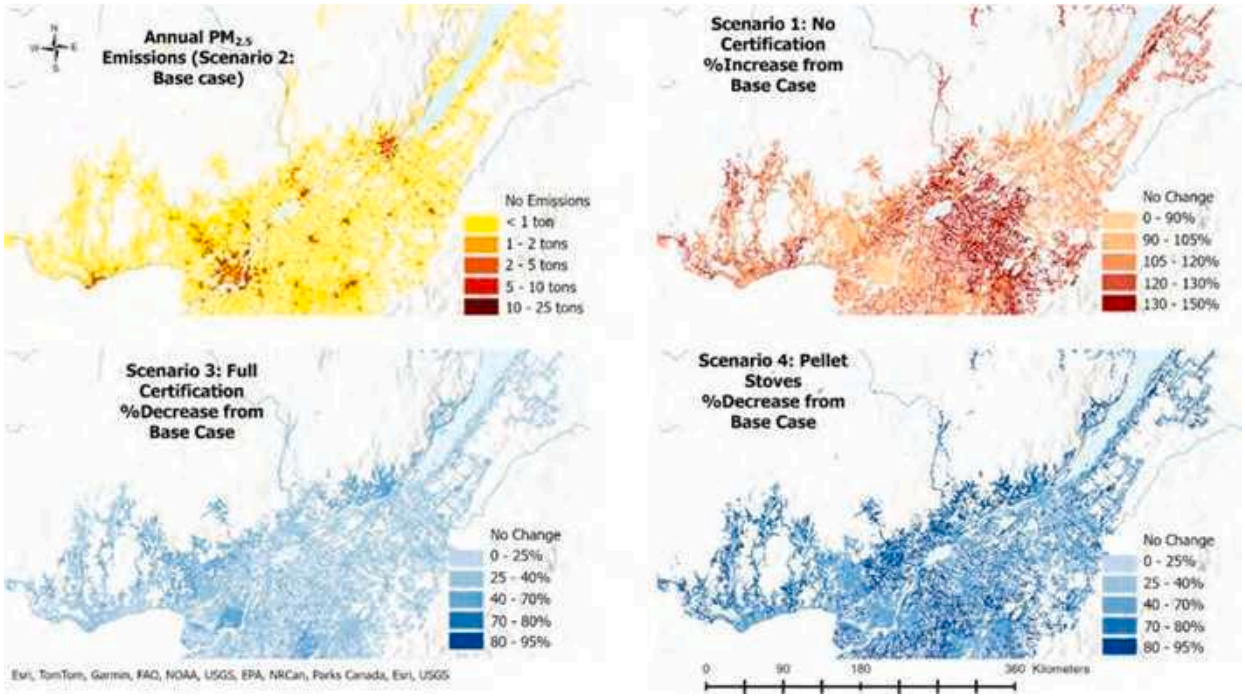


Fig. 5. Spatially gridded, annual $PM_{2.5}$ emissions from the RWB sector and reductions under different scenarios at a $1Km^2$ spatial resolution.

amount of wood burned on average per year according to ECCC's estimates between 2015 and 2021.

RWB appliance certification to date (Scenario 2) has resulted in a 51 % decrease in $PM_{2.5}$ emissions (compared to the no certification scenario), with an additional 37.5 % decrease expected should all appliances be replaced by certified appliances (Scenario 3). Scenario 4 resulted in larger reductions of 66 % in RWB $PM_{2.5}$ emissions compared to the base case, should all wood stoves be replaced by pellet stoves and all remaining appliances be replaced by certified appliances. Under the current situation, RWB accounts for 23 % of all $PM_{2.5}$ emissions in the province of Quebec. This fraction decreases to 16 % under scenario 3 and 9 % under scenario 4. RWB is also a significant source of CO and VOC and accounted for 21 % and 18 % of CO and VOC emissions under scenario 2.

These emission reductions varied significantly between regions and within regions due to differences in the current appliance mix and certification levels (Fig. 5 and Table S11). Reductions in emissions varied between 14.5 % and 45.5 % in scenario 3 and between 45 % and 82.4 % in scenario 4. Additionally, reductions in emissions at the DA level under scenario 3 varied between 5 % and 65 %, whereas reductions under scenario 4 varied between 15 % and 92 %. In terms of absolute emissions, the largest reductions of 1536 and 2568 tons were observed in Monteregie in scenarios 3 and 4 respectively, whereas significantly lower reductions (around 400 tons) were observed in the most populated region (Montreal) for both scenarios 3 and 4 (Fig. S24).

3.5. Comparison with $PM_{2.5}$ measurements

$PM_{2.5}$ emissions were poorly correlated with $PM_{2.5}$ concentrations during the summer season ($r = 0.38$) but were better correlated with concentrations in the winter season ($r = 0.72$) (Fig. 6). We also conducted this comparison with the difference between $PM_{2.5}$ concentrations during peak and non-peak RWB hours on weekdays and weekends. We observed that our emission inventory was strongly correlated with the difference between peak and non-peak hours on winter weekends ($r = 0.86$), whereas correlation was lower during winter weekdays ($r = 0.6$). These correlations were lower for the summer season ($r = 0.08$ for weekdays and $r = 0.45$ for weekends). Additionally, we observed that $PM_{2.5}$ concentrations increased by 4 to 6 $\mu g/m^3$ during winter weekend nights in regions with high RWB emissions. This can also be observed in the diurnal patterns at individual monitoring sites (Figs. S25–S26). Large diurnal patterns were observed during the winter season at stations with elevated RWB emissions, whereas diurnal patterns were not observed during the summer season, with winter concentrations being consistently higher. These winter diurnal patterns were more pronounced during weekends, with consistently higher peaks on weekend nights at stations with elevated RWB emissions. These nighttime weekend concentrations exceeded the 24-hour World Health Organization (WHO) standard of 15 $\mu g/m^3$ at 40 % of sites with at least 2 tons of annual RWB emissions. This standard was rarely exceeded at sites with lower RWB emissions or during winter weekdays and in the summer season in general. However, the 24-hour Canadian Ambient Air Quality Standards of 27 $\mu g/m^3$ were not exceeded at any site.

We repeated this analysis with the APEI inventory. We observed that our inventory has a higher correlation with winter $PM_{2.5}$ concentrations ($R^2 = 0.52$ vs 0.42) and with increases in $PM_{2.5}$ concentrations during peak weekday ($R^2 = 0.36$ vs 0.33) and weekend ($R^2 = 0.74$ vs 0.59) hours (Fig. S27).

4. Discussion

4.1. Spatial distribution of RWB emissions

In this study, we developed a data driven approach to generate a high resolution spatially distributed emission inventory for RWB in the province of Quebec. Our emission estimates were poorly correlated with population ($r = 0.28$) (Fig. S28), and urban regions with the highest population density had the lowest emissions per residence (e.g. Montreal). This shows that population density is a poor proxy for wood burning and suggests that assumptions of higher wood burning activity in rural areas compared to urban areas are valid. However, we did observe that these assumptions could not be generalized even within the same province.

This is mainly due to differences in emission intensities (emissions per residence) between regions and within regions. For example, emission intensities in Chaudiere-Appalaches (~16 kg/residence), which is a

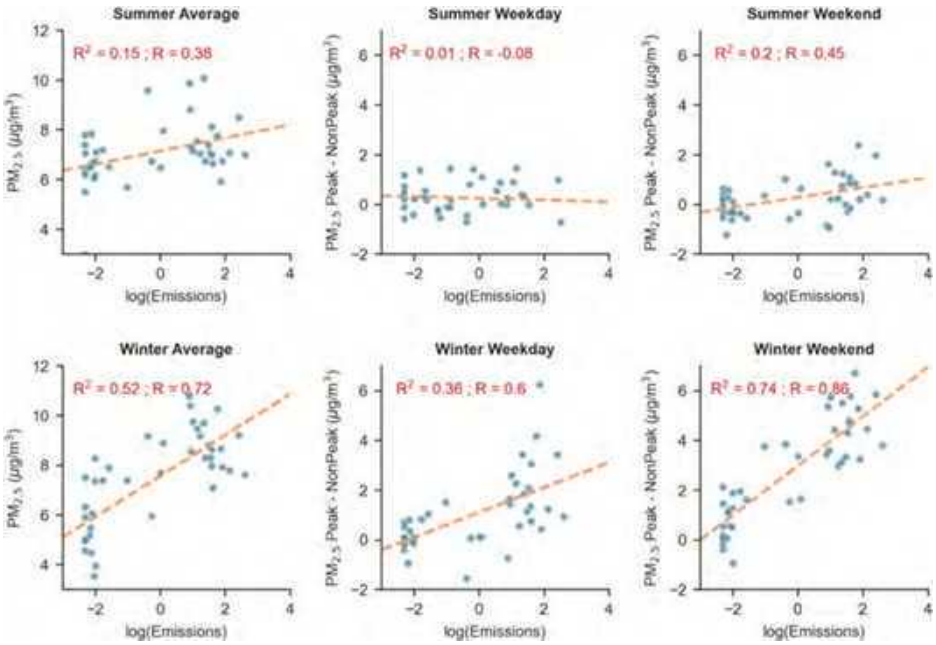


Fig. 6. Scatter plot showing (1) average $PM_{2.5}$ concentrations, (2) the difference between peak and non-peak $PM_{2.5}$ concentrations on weekdays and (3) the difference between peak and non-peak $PM_{2.5}$ concentrations on weekends at 42 reference stations for the summer season (top) and the winter season (bottom) plotted versus the log of RWB emissions at a $1Km^2$ resolution. The dashed lines represent the best fit lines.

rural region in Quebec were around 12 times and 4 times the emission intensities estimated in the urban regions of Montreal (~1.3 kg/residence) and Laval (~3.8 kg/residence), respectively. This is significantly higher than the factor of 2 that was previously assumed in European emission inventories (Denier Van Der Gon et al., 2015). On the other hand, emission intensities in Chaudiere-Appalaches were only two times higher than those in the urban regions of Outaouais (~8 kg/residence) and Capitale Nationale (~7 kg/residence), which is similar to the European estimates. These findings are in line with the findings of Smargiassi et al. (2012), where the impact of chimney density on PM_1 measurements differed between regions in Quebec, which might be due to different wood consumption rates per appliance in different regions.

Additionally, we found that detached and attached residences accounted for 93 % of total emissions in Quebec which is in line with ECCC's assumption that RWB emissions from apartments were negligeable. However, we found that this assumption was not consistent across regions since apartments accounted for a significant fraction of RWB emissions in Montreal and Laval (47 % and 20 % respectively). We also observed large differences in the distributions of fireplaces and wood stoves, with fireplaces being more common in urban areas and wood stoves being more common in rural areas. The prevalence of fireplaces in urban areas compared to wood stoves might be due to the availability of more accessible heating sources, such as natural gas and electricity. Consequently, wood burning appliances in these regions are often used for their aesthetic appeal and ambiance rather than for primary heating purposes. In contrast, rural areas rely more heavily on wood burning appliances for heating, necessitating the use of more efficient options such as wood stoves. These results are in line with a previous study conducted in Nordic countries (Paunu et al., 2021). RWB was found to be common in apartments in Norway, whereas it only takes place in detached residences in Sweden. This study also observed differences in terms of urban/rural distribution of RWB between Nordic countries, as RWB was prevalent in urban regions in Norway, whereas it mostly took place in rural areas in Sweden. Additionally, Kaskaoutis et al. (2022) found elevated wood burning use in an urban region in Greece due to its high elevation and colder weather, highlighting the importance of accounting for regional conditions when spatially distributing RWB emissions. Other studies also observed high wood burning activity in downtown Athens in Greece, where the majority of residences are apartments (Bailey et al., 2019; Fourtziou et al., 2017; Liakakou et al., 2017). This shows the importance of collecting data specific to the region of interest, as RWB trends tend to vary significantly between countries and regions.

These results show that using simple spatial proxies based on population, urbanization levels or residence type might overlook intricate relationships between wood burning activities and other socioeconomic variables or regional heating preferences. Our machine learning models were able to capture some of these relationships and explained 80.3 % and 63 % of the variability in wood stove and fireplace ownership rates respectively. The better model performance for wood stoves suggests that their ownership can be more readily explained by socioeconomic variables. In contrast, fireplace ownership appears more random, likely because fireplaces are used primarily for leisure rather than as a main source of heat in Quebec (as shown in Figs. S7 and S8). While fireplace ownership depends on household preferences that cannot be easily predicted by socioeconomic variables, we did observe a trend: fireplaces are more common among populations with higher income and education levels, whereas wood stoves are more prevalent among populations with lower income and education levels. This trend suggests that while socioeconomic factors do influence appliance ownership, the reasons behind owning a fireplace could be more varied and complex compared to those for wood stoves. We also observed that both fireplaces and wood stoves are more commonly used by older populations and in buildings that were constructed prior to the year 2000. The socioeconomic impacts on RWB have been observed in Europe, where lower-income populations have increasingly relied on wood burning for heating due to recent increases in the prices of other heating sources (UNECE, 2022). This trend underscores the importance of understanding the interactions between socioeconomic variables and wood consumption.

In summary, RWB emission inventories should consider regional and local differences in terms of (1) ownership rates for different appliances, (2) wood consumptions per appliance type, and (3) certification levels for different appliance types. We found that these three variables had a large impact on the spatial distribution of RWB emissions since they varied significantly both between and within regions. This impact was also observed in our scenario analysis, where the reductions in RWB emissions varied spatially both within and across regions due to differences in certification levels and appliance mixes. We also found that combining real estate data with socioeconomic variables and machine learning models offers valuable information on the spatial distribution of different RWB appliances.

4.2. Uncertainties in RWB inventories

We estimated uncertainties in our emission inventory at −23/+25 % at the provincial level and between −20.3/+23.7 % and −44.9/+53.6 % at the regional level. These uncertainties are low compared to uncertainties in RWB emissions reported elsewhere (Pastorello et al., 2011; Rao et al., 2018; Zhao et al., 2011). This is mainly because we generated Monte Carlo simulations at the DA level with uncertainties in each DA being random and independent from uncertainties in other DAs. This results in lower uncertainties when calculating total emissions at the regional or provincial levels in addition to the inclusion of detailed activity and appliance ownership information from real estate data and extensive household surveys. Uncertainties at the DA level, however, were slightly higher than uncertainties at the regional or provincial levels. These uncertainties can be reduced by obtaining more detailed data through regular regional or municipal surveys or by tracking the sales and installations of new appliances.

In our approach, we generated distributions for wood consumption, appliance ownership rates and certification levels for different regions, residence types and appliance types for our Monte Carlo simulation from the surveys and the real estate data. However, we were not able to obtain actual distributions for emission factors due to the lack of recent large scale emission testing campaigns in Canada. This data is crucial since emission factors tend to have the largest impact on RWB emission uncertainties (Rao et al., 2018). Emission factors are heavily influenced by the type of wood used, appliance technology (catalytic vs non-catalytic), burn conditions and user practices (Fachinger et al., 2017; Seljeskog et al., 2017). The impact of the type of wood used on emission factors has been extensively studied and incorporated into previous emission inventories with large differences in emission factors observed for different wood types, moisture contents and appliance technology (Alves et al., 2011; Fine et al., 2004; Gonçalves et al., 2011, 2012; Guofeng et al., 2012). Additionally, poor user practices, such as high shares of smoldering combustion, leads to significantly higher emissions. Smoldering combustion typically happens due to suboptimal batch sizes and ignition, insufficient air supply and poor quality of fuel (wet wood or waste) (Savolahti et al., 2016). This can be addressed through informational campaigns to inform users of the best practices for burning wood to limit emissions and reduce the frequency of user operational mistakes (Savolahti et al., 2016). While user practices might have a large influence on wood burning emissions, it is very unlikely that they can be reliably incorporated into emission inventories.

4.3. Impacts of RWB on $PM_{2.5}$ concentrations

We observed high $PM_{2.5}$ concentrations during winter weekend nights at monitoring stations with large RWB activity, with concentrations commonly exceeding the WHO 24-hour $PM_{2.5}$ standard at these locations. This standard was not exceeded on winter weekdays both

during daytime and nighttime or at locations with low RWB activity. This suggests that these elevated $PM_{2.5}$ concentrations are mainly driven by RWB emissions which are more prevalent on weekend nights. While we acknowledge that elevated nighttime concentrations during the winter season might be due to calmer atmospheric conditions and lower mixing (Jeong et al., 2008), these concentrations were consistently higher on weekends compared to weekdays at locations with high RWB activity. Our results suggest that $PM_{2.5}$ concentrations increase by 4 to 6 $\mu g/m^3$ on winter weekend nights at locations with high RWB emissions, due to a combination of lower nighttime mixing and higher RWB emissions. Additionally, our emission inventory was highly correlated with increases in $PM_{2.5}$ concentrations during peak RWB hours on winter weekends but had a lower correlation during weekdays. This might be due to higher RWB emissions during weekend evenings compared to weekdays in addition to higher daytime emissions on weekdays from other major $PM_{2.5}$ sources such as construction or transportation. These results also show that our emission inventory was able to capture the RWB contribution to $PM_{2.5}$ concentrations which is prevalent during nighttime on winter weekends (Jeong et al., 2008; Krecl et al., 2008a; Krecl et al., 2008b). A limitation of this comparison is that $PM_{2.5}$ concentrations in urban areas might be affected by other sources, especially at reference sites located next to busy roads or close to other sources such as industries or construction sites. We observed poor correlations between RWB emissions and the increase in $PM_{2.5}$ concentrations during the summer season for both weekdays and weekends. This is mainly due to RWB emissions being very minimal during this season, in addition to being volatilized and degraded in photochemical reactions during the summer season (Holden et al., 2011). Additionally, the small peaks observed during nighttime on summer weekends in areas of high RWB activity might be due to recreational wood burning or outdoor fire pits.

We observed that the impact of RWB can be limited through appliance exchange programs or appliance certification mandates. Replacing all appliances with certified appliances (scenario 3) resulted in a 37.5 % decrease in RWB $PM_{2.5}$ emissions and replacing wood stoves with pellet stoves in addition to certifying all other appliances (scenario 4) resulted in a 66 % decrease. These reductions varied spatially and reached 65 % in scenario 3 and 92 % in scenario 4 in certain regions. These reductions might be underestimated since certified appliances and pellet stoves are more efficient compared to conventional stoves and fireplaces, and therefore improvements in emission factors could be accompanied by reductions in wood consumption.

However, in order to capture the actual impact of these scenario, and RWB in general, on exposure to air pollution, these emission inventories have to be used as input to a chemical transport model to account for the transport of the pollutants and the formation of secondary pollutants, most importantly secondary $PM_{2.5}$ in the case of RWB. This step would also serve as further validation by comparing the performance of the CTM using the ECCC inventory to using the newly developed inventory. A previously simulated CTM over the province of Quebec, using the Polair3D model and the ECCC emission inventory found that the model significantly overpredicts $PM_{2.5}$ concentrations during the month of January (Yamanouchi et al., 2024). This shows that the results of the model might be improved by incorporating the new RWB emission inventory which was around 30–40 % lower than ECCC's inventory.

5. Conclusion

We developed a data-driven method to generate a high-resolution, bottom-up emission inventory for Residential Wood Burning (RWB) in the province of Quebec. This method integrates real-estate data, household surveys, socioeconomic variables, building registry data, and machine learning models. Our approach highlights the importance of incorporating local and regional information regarding appliance ownership rates, wood consumption per appliance type, and appliance technology, as these factors vary significantly within and between regions in Quebec. Our findings indicate that simple spatial proxies, such as population density, urbanization level, and residence type, are insufficient to accurately reflect RWB emissions. These proxies may overlook critical regional heating preferences and socioeconomic factors. Specifically, in Quebec, we found that wood stove and fireplace ownership rates are strongly influenced by income, education level, population age, and building age. By leveraging detailed regional data and advanced modeling techniques, our method provides an accurate and nuanced understanding of RWB emissions. This approach can inform more effective policy interventions aimed at reducing air pollution and improving public health.

CRediT authorship contribution statement

Jad Zalzal: Writing – review & editing, Writing – original draft, Visualization, Methodology, Investigation, Formal analysis, Data curation, Conceptualization. **Ying Liu:** Methodology, Formal analysis, Data curation. **Audrey Smargiassi:** Writing – review & editing, Supervision, Project administration, Investigation, Funding acquisition, Conceptualization. **Marianne Hatzopoulou:** Writing – review & editing, Writing – original draft, Supervision, Project administration, Methodology, Investigation, Funding acquisition, Conceptualization.

Declaration of competing interest

The authors declare no conflict of interest.

Data availability

Data will be made available on request.

Acknowledgments

This study was funded by MSSS (Ministère de la santé et des services sociaux du Québec) and MELCCFP (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec).

Appendix A. Supplementary data

Maps of census and real estate data, descriptive statistics of real estate and survey data, details of LightGBM models, description and results of Monte Carlo simulation, detailed results of emission estimates, diurnal plots at reference stations, and comparison with APEI. Supplementary data to this article can be found online at https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174226.

References

Aleksankina, K., Reis, S., Vieno, M., Heal, M.R., 2019. Advanced methods for uncertainty assessment and global sensitivity analysis of an Eulerian atmospheric chemistry transport model. Atmos. Chem. Phys. 19, 2881–2898.

Alves, C., Gonçalves, C., Fernandes, A.P., Tarelho, L., Pio, C., 2011. Fireplace and woodstove fine particle emissions from combustion of western Mediterranean wood types. Atmos. Res. 101, 692–700.

Ancelet, T., Davy, P.K., Mitchell, T., Trompetter, W.J., Markwitz, A., Weatherburn, D.C., 2012. Identification of particulate matter sources on an hourly time-scale in a wood burning community. Environ. Sci. Technol. 46, 4767–4774.

Bailey, J., Gerasopoulos, E., Rojas-Rueda, D., Benmarhnia, T., 2019. Potential health and equity co-benefits related to the mitigation policies reducing air pollution from residential wood burning in Athens, Greece. J. Environ. Sci. Health A 54, 1144–1151.

Bonvalot, Y., Gagnon, C., Benjamin, M., Germain, A., Dann, T., 2000. Campagne D'Échantillonage sur le Chauffage Au Bois Hiver 1998–1999 Rapport d'étude (Montreal).

Borchers-Arriagada, N., Vander Hoorn, S., Cope, M., Morgan, G., Hanigan, I., Williamson, G., Johnston, F.H., 2024. The mortality health burden attributable to wood heater smoke particulate matter (PM2. 5) in Australia. Sci. Total Environ. 921, 171069.

Canadian Council of Ministers of the Environment, 2012. Code of Practice for Residential Wood Burning Appliances.

CHASS, 2023. Canadian census analyser [WWW Document]. URL. http://dc1.chass.utoronto.ca/census/index.html. (Accessed 17 July 2023).
City of Montreal, 2021. The Impact of the Woodburning by-Law.
Denier Van Der Gon, H.A.C., Bergström, R., Fountoukis, C., Johansson, C., Pandis, S.N., Simpson, D., Visschedijk, A.J.H., 2015. Particulate emissions from residential wood combustion in Europe–revised estimates and an evaluation. Atmos. Chem. Phys. 15, 6503–6519.
Department of Fisheries - Forestry and Agrifoods, 2016. Newfoundland and Labrador Timber Scaling Manual.
Department of Justice - Canada, 2019. Weights and measures regulations [WWW Document]. URL. https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/C.R.C.,_c._1605/FullText.html. (Accessed 19 July 2023).
ECCC, 2024. Air pollutant emissions inventory: overview [WWW Document]. URL. https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/pollutants/air-emissions-inventory-overview.html. (Accessed 14 March 2024).
EPA, 2024. AP-42: compilation of air emissions factors from stationary sources [WWW Document]. URL. https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors-stationary-sources. (Accessed 10 April 2024).
European Energy Agency, 2023. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023 Technical Guidance to Prepare National Emission Inventories (Copenhagen).
Fachinger, F., Drewnick, F., Gieré, R., Borrmann, S., 2017. How the user can influence particulate emissions from residential wood and pellet stoves: emission factors for different fuels and burning conditions. Atmos. Environ. 158, 216–226.
Fine, P.M., Cass, G.R., Simoneit, B.R.T., 2004. Chemical characterization of fine particle emissions from the wood stove combustion of prevalent United States tree species. Environ. Eng. Sci. 21, 705–721.
Font, A., Ciupek, K., Butterfield, D., Fuller, G.W., 2022. Long-term trends in particulate matter from wood burning in the United Kingdom: dependence on weather and social factors. Environ. Pollut. 314, 120105.
Fourtziou, L., Liakakou, E., Stavroulas, I., Theodosi, C., Zarmpas, P., Psiloglou, B., Sciare, J., Maggos, T., Bairachtari, K., Bougiatioti, A., 2017. Multi-tracer approach to characterize domestic wood burning in Athens (Greece) during wintertime. Atmos. Environ. 148, 89–101.
Gentry, B.M., Robinson, A.L., Adams, P.J., 2023. EASIUR-HR: a model to evaluate exposure inequality caused by ground-level sources of primary fine particulate matter. Environ. Sci. Technol. 57, 3817–3824.
Glasius, M., Ketzel, M., Wåhlin, P., Jensen, B., Mønster, J., Berkowicz, R., Palmgren, F., 2006. Impact of wood combustion on particle levels in a residential area in Denmark. Atmos. Environ. 40, 7115–7124.
Gonçalves, C., Alves, C., Fernandes, A.P., Monteiro, C., Tarelho, L., Evtyugina, M., Pio, C., 2011. Organic compounds in PM2. 5 emitted from fireplace and woodstove combustion of typical Portuguese wood species. Atmos. Environ. 45, 4533–4545.
Gonçalves, C., Alves, C., Pio, C., 2012. Inventory of fine particulate organic compound emissions from residential wood combustion in Portugal. Atmos. Environ. 50, 297–306.
Gonzalez, J.S., 1990. Wood Density of Canadian Tree Species.
Gouvernement du Québec, 2023. AQgéobâti [WWW Document]. URL. https://adressesquebec.gouv.qc.ca/aqgeobati.asp. (Accessed 17 July 2023).
Government of Canada, 2023. National pollutant release inventory [WWW Document]. URL. https://www.canada.ca/en/services/environment/pollution-waste-management/national-pollutant-release-inventory.html. (Accessed 17 July 2023).
Gulland, J., 2003. Residential Wood Combustion, Overview of Appliance Categories.
Guofeng, S., Siye, W., Wen, W., Yanyan, Z., Yujia, M., Bin, W., Rong, W., Wei, L., Huizhong, S., Ye, H., 2012. Emission factors, size distributions, and emission inventories of carbonaceous particulate matter from residential wood combustion in rural China. Environ. Sci. Technol. 46, 4207–4214.
Hinton, P., Villeneuve, P.J., Galarneau, E., Larsen, K., Wen, D., Meng, J., Savic-Jovcic, V., Zhang, J., King, W.D., 2024. Ambient polycyclic aromatic hydrocarbon exposure and breast cancer risk in a population-based Canadian case–control study. Cancer Causes Control 1–16.
Holden, A.S., Sullivan, A.P., Munchak, L.A., Kreidenweis, S.M., Schichtel, B.A., Malm, W. C., Collett Jr., J.L., 2011. Determining contributions of biomass burning and other sources to fine particle contemporary carbon in the western United States. Atmos. Environ. 45, 1986–1993.
IEA Bioenergy, 2019. Margin Potential for a Long-Term Sustainable Wood Pellet Supply Chain.
Jeong, C.-H., Evans, G.J., Dann, T., Graham, M., Herod, D., Dabek-Zlotorzynska, E., Mathieu, D., Ding, L., Wang, D., 2008. Influence of biomass burning on wintertime fine particulate matter: source contribution at a valley site in rural British Columbia. Atmos. Environ. 42, 3684–3699.
Karvosenoja, N., Tainio, M., Kupiainen, K., Tuomisto, J.T., Kukkonen, J., Johansson, M., 2008. Evaluation of the Emissions and Uncertainties of PM2.5 Originated From Vehicular Traffic and Domestic Wood Combustion in Finland.
Karvosenoja, N., Kangas, L., Kupiainen, K., Kukkonen, J., Karppinen, A., Sofiev, M., Tainio, M., Paunu, V.-V., Ahtoniemi, P., Tuomisto, J.T., 2011. Integrated modeling assessments of the population exposure in Finland to primary PM 2.5 from traffic and domestic wood combustion on the resolutions of 1 and 10 km. Air Qual. Atmos. Health 4, 179–188.
Kaskaoutis, D.G., Grivas, G., Oikonomou, K., Tavernaraki, P., Papoutsidaki, K., Tsagkaraki, M., Stavroulas, I., Zarmpas, P., Paraskevopoulou, D., Bougiatioti, A., 2022. Impacts of severe residential wood burning on atmospheric processing, water-soluble organic aerosol and light absorption, in an inland city of Southeastern Europe. Atmos. Environ. 280, 119139.
Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., Ye, Q., Liu, T.-Y., 2017. Lightgbm: a highly efficient gradient boosting decision tree. Adv. Neural Inf. Proces. Syst. 30.
Korhonen, A., Lehtomäki, H., Rumrich, I., Karvosenoja, N., Paunu, V.-V., Kupiainen, K., Sofiev, M., Palamarchuk, Y., Kukkonen, J., Kangas, L., 2019. Influence of spatial resolution on population PM 2.5 exposure and health impacts. Air Qual. Atmos. Health 12, 705–718.
Krecl, P., Hedberg Larsson, E., Ström, J., Johansson, C., 2008a. Contribution of residential wood combustion and other sources to hourly winter aerosol in Northern Sweden determined by positive matrix factorization. Atmos. Chem. Phys. 8, 3639–3653.
Krecl, Patricia, Ström, J., Johansson, C., 2008b. Diurnal variation of atmospheric aerosol during the wood combustion season in Northern Sweden. Atmos. Environ. 42, 4113–4125.
Kuenen, J.J.P., Visschedijk, A.J.H., Jozwicka, M., Denier Van Der Gon, H.A.C., 2014. TNO-MACC_II emission inventory; a multi-year (2003–2009) consistent high-resolution European emission inventory for air quality modelling. Atmos. Chem. Phys. 14, 10963–10976.
Larson, T., Su, J., Baribeau, A.-M., Buzzelli, M., Setton, E., Brauer, M., 2007. A spatial model of urban winter woodsmoke concentrations. Environ. Sci. Technol. 41, 2429–2436.
Lehtomäki, H., Geels, C., Brandt, J., Rao, S., Yaramenka, K., Åström, S., Andersen, M.S., Frohn, L.M., Im, U., Hänninen, O., 2020. Deaths attributable to air pollution in Nordic countries: disparities in the estimates. Atmosphere (Basel) 11, 467.
Liakakou, E., Gerasopoulos, E., Lianou, M., Fourtziou, L., Psiloglou, B., Sciare, J., Mihalopoulos, N., 2017. Two years of air pollution measurements at Athens center: variability and role of wood burning. In: Perspectives on Atmospheric Sciences. Springer, pp. 1099–1104.
Lin, C., Huang, R.-J., Ceburnis, D., Buckley, P., Preissler, J., Wenger, J., Rinaldi, M., Facchini, M.C., O'Dowd, C., Ovadnevaite, J., 2018. Extreme air pollution from residential solid fuel burning. Nat. Sustain. 1, 512–517.
López-Aparicio, S., Guevara, M., Thunis, P., Cuvelier, K., Tarrasón, L., 2017. Assessment of discrepancies between bottom-up and regional emission inventories in Norwegian urban areas. Atmos. Environ. 154, 285–296.
Lopez-Aparicio, S., Grythe, H., Vogt, M., 2018a. Model Development for High-resolution Emissions From Residential Wood Combustion. NILU rapport.
Lopez-Aparicio, S., Grythe, H., Vogt, M., Pierce, M., Vallejo, I., 2018b. Webcrawling and machine learning as a new approach for the spatial distribution of atmospheric emissions. PLoS One 13, e0200650.
Lundberg, S.M., Lee, S.-I., 2017. A unified approach to interpreting model predictions. Adv. Neural Inf. Proces. Syst. 30.
Marin, A., Rector, L., Morin, B., Allen, G., 2022. Residential wood heating: an overview of US impacts and regulations. J. Air Waste Manage. Assoc. 72, 619–628.
Naeher, L.P., Brauer, M., Lipsett, M., Zelikoff, J.T., Simpson, C.D., Koenig, J.Q., Smith, K. R., 2007. Woodsmoke health effects: a review. Inhal. Toxicol. 19, 67–106.
Nava, S., Lucarelli, F., Amato, F., Becagli, S., Calzolai, G., Chiari, M., Giannoni, M., Traversi, R., Udisti, R., 2015. Biomass burning contributions estimated by synergistic coupling of daily and hourly aerosol composition records. Sci. Total Environ. 511, 11–20.
Orozco-Levi, M., Garcia-Aymerich, J., Villar, J., Ramirez-Sarmiento, A., Anto, J.M., Gea, J., 2006. Wood smoke exposure and risk of chronic obstructive pulmonary disease. Eur. Respir. J. 27, 542–546.
Paolella, D.A., Tessum, C.W., Adams, P.J., Apte, J.S., Chambliss, S., Hill, J., Muller, N.Z., Marshall, J.D., 2018. Effect of model spatial resolution on estimates of fine particulate matter exposure and exposure disparities in the United States. Environ. Sci. Technol. Lett. 5, 436–441.
Pastorello, C., Caserini, S., Galante, S., Dilara, P., Galletti, F., 2011. Importance of activity data for improving the residential wood combustion emission inventory at regional level. Atmos. Environ. 45, 2869–2876.
Paunu, V.-V., Karvosenoja, N., Segersson, D., López-Aparicio, S., Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Thorsteinsson, T., Niemi, J.V., Vo, D.T., van der Gon, H.A.C.D., 2021. Spatial distribution of residential wood combustion emissions in the Nordic countries: how well national inventories represent local emissions? Atmos. Environ. 264, 118712.
Plejdrup, M.S., Nielsen, O.-K., Brandt, J., 2016. Spatial emission modelling for residential wood combustion in Denmark. Atmos. Environ. 144, 389–396.
Pouliot, G., van der Gon, H.A.C.D., Kuenen, J., Zhang, J., Moran, M.D., Makar, P.A., 2015. Analysis of the emission inventories and model-ready emission datasets of Europe and North America for phase 2 of the AQMEII project. Atmos. Environ. 115, 345–360.
Qi, J., Zheng, B., Li, M., Yu, F., Chen, C., Liu, F., Zhou, X., Yuan, J., Zhang, Q., He, K., 2017. A high-resolution air pollutants emission inventory in 2013 for the Beijing-Tianjin-Hebei region, China. Atmos. Environ. 170, 156–168.
Quinteiro, P., Tarelho, L., Marques, P., Martín-Gamboa, M., Freire, F., Arroja, L., Dias, A. C., 2019. Life cycle assessment of wood pellets and wood split logs for residential heating. Sci. Total Environ. 689, 580–589.
Rao, M., D'Elia, I., Piersanti, A., 2018. An uncertainty quantification of PM2.5 emissions from residential wood combustion in Italy. Atmos. Pollut. Res. 9, 526–533. https://doi.org/10.1016/j.apr.2017.12.002.
Samaali, M., Martin, P., Rioux, D., Labrecque, S., Moran, M., Zhang, J., Zheng, Q., Sassi, M., 2019. Spatial allocation in the Canadian regional air quality deterministic prediction system: updates and analysis for a key emissions sector. In: (112th) A&WMA Annual Conference (Quebec City).
Savolahti, M., Karvosenoja, N., Tissari, J., Kupiainen, K., Sippula, O., Jokiniemi, J., 2016. Black carbon and fine particle emissions in Finnish residential wood combustion: emission projections, reduction measures and the impact of combustion practices. Atmos. Environ. 140, 495–505.
Seljeskog, M., Goile, F., Skreiberg, Ø., 2017. Recommended revisions of Norwegian emission factors for wood stoves. Energy Procedia 105, 1022–1028.

Smargiassi, A., Brand, A., Fournier, M., Tessier, F., Goudreau, S., Rousseau, J., Benjamin, M., 2012. A spatiotemporal land-use regression model of winter fine particulate levels in residential neighbourhoods. J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol. 22, 331–338.

Statistics Canada, 2017. Economic region (ER) [WWW Document]. URL. https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/92-195-x/2016001/geo/er-re/er-re-eng.htm. (Accessed 18 July 2023).

The Canadian Standards Association (CSA), 1992. CAN/CSA-B415.1-92 Performance Testing of Solid-Fuel-Burning Stoves, Inserts, and Low-Burn Rate Factory-Built Fireplaces. A National Standard of Canada.

Tian, Y.Q., Radke, J.D., Gong, P., Yu, Q., 2004. Model development for spatial variation of PM2. 5 emissions from residential wood burning. Atmos. Environ. 38, 833–843.

Trombetti, M., Thunis, P., Bessagnet, B., Clappier, A., Couvidat, F., Guevara, M., Kuenen, J., López-Aparicio, S., 2018. Spatial inter-comparison of top-down emission inventories in European urban areas. Atmos. Environ. 173, 142–156.

U.S.EPA, 2023. 2020 National Emissions Inventory Technical Support Document: Fuel Combustion–Residential Heating-Wood.

UNECE, 2022. Wood energy on the rise in Europe [WWW Document]. URL, Press releases. https://unece.org/climate-change/press/wood-energy-rise-europe. (Accessed 26 May 2024).

Unosson, J., Blomberg, A., Sandström, T., Muala, A., Boman, C., Nyström, R., Westerholm, R., Mills, N.L., Newby, D.E., Langrish, J.P., 2013. Exposure to wood smoke increases arterial stiffness and decreases heart rate variability in humans. Part. Fibre Toxicol. 10, 1–8.

Ville de Montreal, 2015. By-Law Concerning Solid-Fuel-Burning Devices and Appliances-By-Law 15-069 (Montreal).

Welles, D., Dykman, L., Kellerhals, M., Freedman, R., Newdick, J., Boulet, D., Jessiman, B., Saxton, J., 2012. Code of Practice for Residential Wood Burning Appliances. Canadian Council of Ministers of the Environment. PN 1479.

Yamanouchi, S., Gamage, S.M., Torbatian, S., Zalzal, J., Minet, L., Smargiassi, A., Liu, Y., Liu, L., Azargoshasbi, F., Kim, J., 2024. Validation and analysis of the Polair3D v1.11 chemical transport model over Quebec. Geosci. Model Dev. 17, 3579–3597.

Zhao, Y., Nielsen, C.P., Lei, Y., McElroy, M.B., Hao, J., 2011. Quantifying the uncertainties of a bottom-up emission inventory of anthropogenic atmospheric pollutants in China. Atmos. Chem. Phys. 11, 2295–2308. https://doi.org/10.5194/acp-11-2295-2011.

Zheng, J., Zhang, L., Che, W., Zheng, Z., Yin, S., 2009. A highly resolved temporal and spatial air pollutant emission inventory for the Pearl River Delta region, China and its uncertainty assessment. Atmos. Environ. 43, 5112–5122. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.04.060.