Santé Canada Health Canada

Les impacts sur la santé de la pollution de l'air au Canada

Une estimation des décès prématurés

Canada

Santé Canada est le ministère fédéral qui aide les Canadiennes et les Canadiens à maintenir et à améliorer leur état de santé. Nous évaluons l'innocuité des médicaments et de nombreux produits de consommation, aidons à améliorer la salubrité des aliments et offrons de l'information aux Canadiennes et aux Canadiens afin de les aider à prendre de saines décisions. Nous offrons des services de santé aux membres des Premières Nations et aux communautés inuites. Nous travaillons de pair avec les provinces pour nous assurer que notre système de soins de santé dessert bien les Canadiennes et les Canadiens.

Also available in English under the title:
Health Impacts of Air Pollution in Canada – An estimate of premature mortalities

Pour 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
Télécopieur : 613-941-5366
ATS : 1-800-465-7735
Courriel : publications@hc-sc.gc.ca

La présente publication est également accessible, sur demande, dans d'autres formats.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par la ministre de la Santé, 2017

Date de publication : Novembre 2017

Cette publication peut être reproduite sans autorisation pour usage personnel ou à l'interne seulement, dans la mesure où la source est indiquée en entier.

No de cat. : H144-51/2017F-PDF
ISBN : 978-0-660-23741-1
Publ. : 170278

Table des matières

Sommaire 4

Justification 4

Méthodes 5

- **Polluants inclus dans l'estimation** 5
- **Calcul des concentrations naturelles de pollution atmosphérique** 5
- **Calcul de l'apport des sources anthropiques à la pollution atmosphérique** 6
- **Calcul de la mortalité imputable à la pollution atmosphérique** 7

Résultats 8

Discussion 9

Conclusions 10

Références 13

Sommaire

Un important corpus de preuves scientifiques s'est accumulé au cours des 25 dernières années, attribuant à la pollution atmosphérique un large éventail d'effets nocifs et significatifs sur la santé, allant de symptômes respiratoires au développement de la maladie et à la mortalité prématurée. Durant la même période, les progrès réalisés sur le plan de la compréhension en science de la santé et de l'atmosphère ont permis d'estimer quantitativement les impacts des principaux polluants atmosphériques sur la santé humaine. En général, ces estimations dépendent d'une évaluation de l'exposition de la population (à court et à long terme) à des polluants précis et de preuves découlant d'études scientifiques sur la relation entre l'exposition et un risque accru d'effets nocifs sur la santé, dont la mortalité. Au Canada et à l'échelle internationale, les estimations des impacts sur la santé indiquent que la pollution atmosphérique est l'un des facteurs de risque les plus importants de mortalité prématurée.

L'approche utilisée pour estimer quantitativement les impacts de la pollution atmosphérique sur la santé de la population est bien connue des organismes de science de la santé, à l'échelle internationale. L'objectif de la présente analyse est d'actualiser et d'élargir une publication antérieure de Santé Canada (Judek et coll. 2004), en vertu d'avancées scientifiques récentes. Comparativement aux estimations antérieures, les nouvelles données permettent une analyse plus précise de la cause des décès associés à l'exposition à la pollution de l'air. En outre, les données actualisées sur la pollution atmosphérique couvrent l'ensemble du Canada et les nouvelles estimations s'appliquent à toute la population canadienne plutôt que de se limiter aux grands centres urbains. La présente analyse fait usage de ces avancées pour actualiser les travaux antérieurs de Santé Canada visant à quantifier les impacts sanitaires de la pollution de l'air.

Santé Canada estime à 14 400 le nombre annuel de mortalités au Canada liées à la pollution atmosphérique de sources humaines en Amérique du Nord. Cette estimation est fondée sur l'exposition aiguë et chronique à la pollution atmosphérique et couvre l'ensemble des causes internes de mortalité, comprenant des renseignements additionnels sur des causes précises de décès (cardiovasculaires, respiratoires). Les résultats de mortalité sélectionnés sont considérés comme étant les plus appropriés pour estimer la mortalité prématurée liée à la pollution atmosphérique au Canada.

Justification

La pollution atmosphérique est reconnue mondialement comme étant un risque majeur pour la santé. L'exposition à la pollution atmosphérique ambiante, par exemple, augmente le risque de mortalité prématurée due à une maladie cardiaque, à un accident vasculaire cérébral ou à un cancer du poumon. Actuellement, la pollution atmosphérique est considérée comme le quatrième risque sanitaire de mortalité dans le monde et était responsable d'un décès sur dix en 2013 (ou 5,5 millions de mortalités prématurées dans le monde) (Banque mondiale et IHME 2016). Puisque le nombre estimé de mortalités imputables à la pollution atmosphérique a augmenté au fil des ans, la gestion de la pollution atmosphérique reste une priorité.

L'objectif de la présente analyse consiste à fournir une estimation complète de la mortalité au Canada liée aux niveaux ambiants de particules fines (particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 2,5 micromètres ou $PM_{2,5}$), d'ozone (O_3) et de dioxyde d'azote (NO_2). Ces polluants ont été sélectionnés en raison des preuves épidémiologiques solides de leurs impacts nocifs sur la santé ainsi que de notre capacité d'en estimer avec exactitude les niveaux ambiants et la distribution spatiale dans l'ensemble du Canada. Cette analyse constitue une actualisation et une amélioration de travaux antérieurs de Santé Canada sur l'estimation quantitative des impacts de la pollution atmosphérique sur la santé de la population au Canada (p. ex., Judek et coll. 2004.)

Des estimations de la mortalité due à la pollution atmosphérique ont été développées à l'échelle mondiale et pour bon nombre de pays (Cohen et coll. 2017; IHME et HEI 2017; OMS 2016). Ces estimations indiquent que

la pollution atmosphérique, surtout les $PM_{2,5}$, est le plus important facteur de risque lié à l'environnement qui soit et fait partie des plus importants facteurs de risque universels pour la santé humaine. Au Canada, des estimations de la mortalité due à la pollution atmosphérique ont été élaborées par Santé Canada en 2004 (Judek et coll. 2004), par l'Association médicale canadienne en 2008 (AMC 2008) et par Stieb et collaborateurs en 2015 (Stieb et coll. 2015). En général, ces estimations dépendent toutes d'une évaluation de l'exposition de la population (à court et à long terme) à des polluants précis et de données probantes découlant d'études scientifiques sur la relation mathématique entre l'exposition et le risque accru de mortalité (nommée relation concentration-réponse ou RCR). Il est prévu que les estimations de la mortalité due à la pollution atmosphérique varient avec le temps en raison d'améliorations continuelles réalisées en matière d'accessibilité des données et de méthodologie, tant sur le plan épidémiologique que sur celui de la représentation spatiale de l'exposition à la pollution atmosphérique, mais aussi de changements sur le plan démographique et de la santé de la population. Par exemple, les nouvelles données scientifiques améliorent certaines analyses de causes précises de décès associés à l'exposition à la pollution de l'air. En outre, de nouvelles données sur la pollution atmosphérique et de nouveaux outils de modélisation permettent de meilleures estimations des niveaux de pollution atmosphérique dans l'ensemble du Canada. Par ailleurs, les estimations quantitatives des impacts sanitaires s'appliquent dorénavant à l'ensemble de la population canadienne plutôt que de se limiter aux grands centres urbains.

L'objectif de la présente analyse est de fournir une estimation actualisée de la mortalité imputable à la pollution atmosphérique au Canada en tenant compte des meilleures données et connaissances scientifiques. La méthode décrite ici est considérée comme complète et appropriée au contexte canadien.

Méthodes

Polluants inclus dans l'estimation

La présente analyse des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique au Canada est axée sur les $PM_{2,5}$, le NO_2 et l'O_3. Ces trois polluants sont les plus régulièrement associés à la mortalité dans les études épidémiologiques et influencent le plus les effets néfastes sur la santé. En outre, il existe des cartes de la concentration ambiante des $PM_{2,5}$, du NO_2 et de l'O_3 pour tout le Canada. Le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de soufre (SO_2) ont également été examinés dans le cadre de cette analyse.

Pour chacun de ces polluants ($PM_{2,5}$, NO_2 et O_3), il existe des données scientifiques solides démontrant leurs effets sur la santé à de très faibles concentrations et aucune donnée probante sur un seuil d'exposition; autrement dit, toute augmentation progressive de la concentration d'un polluant atmosphérique est associée à un risque accru d'effets néfastes pour la santé. La présente analyse estime la mortalité associée à une progression des niveaux de polluants atmosphériques provenant seulement d'émissions de sources humaines (anthropiques) en Amérique du Nord. Les impacts sanitaires liés aux concentrations « naturelles » de polluants (y compris des émissions de sources naturelles et celles provenant de l'extérieur de l'Amérique du Nord) ne sont pas pris en compte. C'est l'approche retenue étant donné que les émissions anthropiques sont généralement ciblées aux fins de gestion de la qualité de l'air.

Calcul des concentrations naturelles de pollution atmosphérique

L'estimation des concentrations naturelles des $PM_{2,5}$, du NO_2 et de l'O_3 est complexe. Elle fait appel à une combinaison d'approches qualitatives (c'est-à-dire, avis d'experts) et quantitatives (c'est-à-dire, appuyées par des observations ou dictées par les données) s'appuyant sur des mesures de concentration aux stations de surveillance en régions rurales et éloignées. Cette combinaison donne lieu à un ensemble de concentrations naturelles *mensuelles moyennes* d'O_3, qui présente un cycle saisonnier prononcé des concentrations ambiantes, et des concentrations naturelles *annuelles moyennes* de $PM_{2,5}$ et de NO_2. Il existe probablement des différences régionales de concentrations naturelles, mais aux fins de la présente analyse, une seule

concentration naturelle a été choisie. Les concentrations très faibles des stations rurales et éloignées sont utilisées pour établir les concentrations naturelles selon l'une des méthodes suivantes :

1. Les données des stations de mesure rurales et éloignées sont divisées en secteurs d'origine de différentes masses d'air et les concentrations naturelles sont sélectionnées d'après les concentrations moyennes annuelles ou mensuelles associées aux secteurs ne contenant pas de sources anthropiques majeures.
2. Les données mesurées sur plusieurs années provenant de régions rurales et éloignées sont relevées dans une série chronologique. L'analyse qualitative de la série permet de sélectionner les valeurs les plus faibles qui sont en retour considérées comme étant les plus représentatives des masses d'air naturelles.

Les concentrations naturelles moyennes au Canada, estimées selon les méthodes indiquées ci-dessus, sont de 1,8 microgramme par mètre cube (µg/m^3) pour les $PM_{2,5}$ (annuelle), de 0,2 partie par milliard (ppb) pour le NO_2 (annuelle) et de 25,8 ppb (annuelle) et 28 ppb (mai à septembre) pour l'O_3.

Calcul de l'apport des sources anthropiques à la pollution atmosphérique

Pour quantifier les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique au Canada, il faut des mesures de la pollution atmosphérique dans toutes les régions. Toutefois, au Canada, la surveillance de la pollution atmosphérique n'est réalisée qu'à certaines stations de surveillance individuelles dispersées au pays. Par conséquent, les estimations nationales des niveaux de pollution atmosphérique ambiante (c'est-à-dire, des surfaces d'exposition comprenant autant des apports anthropiques et naturels et ceux émis en dehors de l'Amérique du Nord) sont produites pour les $PM_{2,5}$, le NO_2 et l'O_3 en combinant des sources de données, comme il est décrit ci-dessous. La moyenne des concentrations ambiantes de trois années est établie à partir des données disponibles pour s'assurer que les résultats ne sont pas influencés par des variations annuelles de concentrations.

- Les estimations des médianes annuelles des concentrations de $PM_{2,5}$ pour 2010-2012 proviennent d'observations obtenues de trois instruments de satellites : le spectroradiomètre imageur à angles multiples (*Multi-angle Imaging SpectroRadiometer* ou MISR), le spectroradiomètre imageur à résolution moyenne (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* ou MODIS) et l'instrument à grand champ pour l'observation des mers (*Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor* ou SeaWiFS) (Boys et coll. 2014; Crouse et coll. 2015; Stieb et coll. 2015; van Donkelaar et coll. 2010, 2013, 2015). Les estimations des médianes annuelles des concentrations de $PM_{2,5}$ étaient présentées sur une carte d'une résolution spatiale d'environ 10 km sur 10 km.
- Les estimations (1) des moyennes annuelles et (2) des moyennes maximales quotidiennes sur huit heures durant les saisons chaudes des concentrations d'O_3 pour les années 2007 à 2009 proviennent d'une technique d'interpolation qui pondère et combine des prévisions modélisées d'O_3 avec des mesures (observations) d'O_3 (Robichaud et Ménard 2014; Kalnay 2003). Les prévisions modélisées d'O_3 proviennent du modèle opérationnel de prévisions régionales de la qualité de l'air du Système canadien hémisphérique et régional de l'ozone et des NOx (C*anadian and Hemispheric Regional Ozone and NOx System* ou CHRONOS) (Pudykiewicz et coll. 1997). Les mesures d'O_3 proviennent du Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air (RCEPA) et du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA). La combinaison des valeurs modélisées et observées (aussi appelée analyse objective) améliore les estimations des concentrations ambiantes d'O_3 dans les régions où il existe peu de données de surveillance comparativement aux techniques standards d'interpolation. Des estimations pour le Canada sont disponibles avec 21 km de résolution horizontale.
- Les concentrations de NO_2 ont été estimées à l'aide d'un modèle de régression national de l'utilisation du territoire élaboré à partir de données du RNSPA, du satellite Aura (NASA 2001) et du modèle de transport chimique du système d'observation terrestre Goddard (*Goddard Earth*

Observing System chemical transport model ou GEOS-Chem 2011) (Hystad et coll. 2011; Lamsal et coll. 2008). Les estimations reposent sur des données de 2009-2011. Les estimations de NO_2 étaient disponibles sur une carte d'une résolution spatiale d'environ 10 km sur 10 km.

Les estimations des concentrations de la pollution atmosphérique étaient présentées en tant que surface de cellules de grilles. Cette surface a ensuite été reportée sur la population canadienne (selon le recensement de 2006) par pondération régionale selon 478 780 îlots de diffusion. À partir des valeurs pondérées selon la région de chaque îlot de diffusion, les concentrations de pollution atmosphérique pondérées en fonction de la population ont été estimées pour l'ensemble des 288 divisions de recensement du Canada. Les concentrations ambiantes moyennes, nationales et pondérées selon la population étaient de 6,5 µg/m^3 pour les $PM_{2,5}$, de 38,8 ppb pour l'O_3 annuel, de 43,6 ppb pour l'O_3 estival (mai à septembre) et de 8,5 ppb pour le NO_2.

En ce qui concerne les expositions à court terme, les variations de l'exposition moyenne annuelle seraient équivalentes aux variations de l'exposition moyenne quotidienne (Stieb et coll. 2015). Les concentrations de pollution atmosphérique attribuables aux émissions anthropiques (c'est-à-dire, les concentrations de polluants supérieures aux niveaux naturels) ont ensuite été estimées en soustrayant les concentrations naturelles moyennes des concentrations ambiantes.

Calcul de la mortalité imputable à la pollution atmosphérique

La mortalité totale imputable à la pollution atmosphérique a été calculée pour les concentrations ambiantes de $PM_{2,5}$, d'O_3 et de NO_2 supérieures aux concentrations naturelles. L'analyse a été réalisée au moyen de l'Outil d'évaluation des bénéfices liés à la qualité de l'air (OEBQA) de Santé Canada (Judek et coll. 2012). Le modèle OEBQA produit une estimation du nombre de décès prématurés et autres conséquences sur la santé au Canada. Les données sur les effets sanitaires des trois polluants atmosphériques sont présentées sous forme de RCR. Une RCR est une estimation statistique, provenant d'une seule étude ou d'une méta-analyse de nombreuses études, du pourcentage de risque sanitaire excédentaire pour un effet sur la santé donné (dans le cas présent, la mortalité) associé à l'augmentation d'une unité de concentration ambiante de polluant (p. ex., par µg/m^3 de $PM_{2,5}$). Des valeurs de RCR pour la mortalité due aux $PM_{2,5}$ et liée aux cardiopathies ischémiques, aux maladies cérébrovasculaires, au cancer du poumon et aux maladies pulmonaires obstructives chroniques (MPOC) chez les adultes de 25 ans et plus sont prises en compte (Shin et coll. 2013). Cette approche reflète celle employée dans les analyses de la charge mondiale de morbidité (Cohen et coll. 2017; Lim et coll. 2010; www.healthdata.org/gbd), menées par l'*Institute for Health Metrics and Evaluation* (IHME) et l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), qui tiennent compte d'estimations de la qualité de l'air et des effets sur la santé dans le monde. Toutefois, les cardiopathies ischémiques, les maladies cérébrovasculaires, le cancer du poumon et les MPOC forment un sous-ensemble de la mortalité liée à toutes les causes internes (non accidentelles) confondues. La mortalité liée à toutes causes internes confondues est également mentionnée et constitue la principale mesure du présent rapport. Les RCR de la mortalité toutes causes internes confondues ont été calculées pour les $PM_{2,5}$ à partir d'une cohorte canadienne (Crouse et coll. 2012), pour le NO_2 à partir de données canadiennes (Burnett et coll. 2004) et pour l'O_3 à partir d'une cohorte américaine (Jerrett et coll. 2009)[1]. Les valeurs de RCR de ces trois polluants sont présentées au tableau 1. Les RCR peuvent être saisies à titre de fonction de distribution dans les calculs, tenant compte de l'incertitude inhérente des estimations de RCR. La méthode de Monte-Carlo a été utilisée en employant 10 000 itérations afin de propager cette incertitude dans les RCR. Le modèle fournit l'estimation centrale la plus probable des impacts sur la santé qui est égale à la moyenne 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.

[1] Pour les $PM_{2,5}$, les RCR ont été élaborées pour la mortalité toutes causes internes confondues et pour certaines causes : cardiopathies ischémiques, cancer du poumon, maladies cérébrovasculaires et MPOC. Pour voir des exemples, consulter Crouse et coll. (2012) et Stieb et coll. (2015). Le résultat de mortalité toutes causes internes confondues mène généralement à des estimations plus élevées de la mortalité que celui des quatre causes de décès particulières.

Des taux d'incidence de référence selon l'âge (pour les types de mortalité en question) pour la population cible ont été pris en compte pour estimer le nombre de résultats sanitaires excédentaires (c'est-à-dire, les mortalités) associés au risque accru attribuable à une variation de la concentration des polluants de l'air. Aucun seuil d'effet n'a été considéré pour les effets sanitaires (c'est-à-dire, il est présumé que les effets surviennent à tout niveau d'exposition).

Les taux de mortalité de référence constituent un facteur important dans l'estimation du nombre de mortalités prématurées associées à la variation de la concentration d'un polluant. Les taux de mortalité de référence selon la cause ou l'âge ont été dérivés des décès dénombrés dans chaque division de recensement, exception faite du Québec où ces données n'étaient pas disponibles. Au Québec, le compte des mortalités de chaque division de recensement a été obtenu en appliquant les taux nationaux selon l'âge et la cause à la répartition de la population de chaque division du recensement selon l'âge. La moyenne des taux est établie à partir des données disponibles des trois années les plus récentes afin d'améliorer la stabilité (Stieb et coll. 2015).

Dans le cadre de la présente analyse, les RCR portant sur l'exposition aiguë découlent d'études sur l'effet des polluants atmosphériques au cours des jours précédant le décès, alors que les RCR portant sur l'exposition chronique proviennent d'études sur la moyenne des polluants atmosphériques des années précédant le décès.

Résultats

Au Canada, une réduction des concentrations ambiantes actuelles de $PM_{2,5}$ à des concentrations naturelles entraînerait une réduction de 8,1 % (intervalle de confiance (IC) à 95 %; 2,5 à 19,3 %) de la mortalité due aux quatre causes sélectionnées et mentionnées précédemment. Ceci équivaut annuellement à 5 600 mortalités dues à l'exposition chronique aux $PM_{2,5}$ au Canada. En revanche, 4,3 % (IC à 95 %; 2,3 à 6,2%) des décès toutes causes internes confondues sont imputables à des concentrations de $PM_{2,5}$ supérieures aux concentrations naturelles, représentant ainsi 9 500 décès par année.

Au Canada, 0,6 % (IC à 95 %; 0,2 à 1,0 %) des décès toutes causes internes confondues seraient imputables à l'exposition aiguë de la population canadienne à des concentrations de NO_2 supérieures aux concentrations naturelles (c'est-à-dire, un décès survenant quelques jours après une hausse de la concentration ambiante de NO_2). Ceci équivaut à 1 300 mortalités par année.

L'exposition aiguë à des concentrations d'O_3 supérieures aux concentrations naturelles est liée à 1,1 % (IC à 95 %; 0,7 à 1,4 %) des mortalités toutes causes internes confondues (2 400 décès par année), tandis que l'exposition chronique à des concentrations d'O_3 supérieures aux concentrations naturelles est liée à 5,7 % (IC à 95 %; 2,0 à 9,4 %) des mortalités de causes respiratoires, ce qui équivaut à 1 200 mortalités d'origine respiratoire par année.

Les résultats pour les $PM_{2,5}$ sont présentés dans Stieb et coll. (2015), tandis que les résultats pour le NO_2 et l'O_3 sont fondés sur des analyses complémentaires. Davantage de renseignements se trouvent au tableau 1.

En général, le total des mortalités imputables à la pollution atmosphérique anthropique au Canada s'estime à 14 400 décès par année, selon les concentrations de polluants atmosphériques de 2007 à 2012[2]. Plus particulièrement, il s'agit de l'estimation des impacts sanitaires des $PM_{2,5}$, du NO_2 et de l'O_3 sur la population.

Étant donné que les gens sont exposés simultanément à de multiples polluants atmosphériques dans l'air ambiant plutôt qu'à des polluants isolés, il est difficile dans les études épidémiologiques de distinguer les effets réels et indépendants de chacun des polluants. Lorsque possible, les RCR utilisées dans la présente analyse proviennent de modèles statistiques qui tiennent compte des autres polluants, permettant ainsi une mesure d'ajustement pour le chevauchement éventuel des effets des polluants. Cependant, un double

[2] $PM_{2,5}$: 2010-2012; O_3 : 2007-2009; NO_2 : 2009-2011

comptage des effets des polluants est tout de même possible, tout comme il est possible que les effets imputables à un polluant ne soient pas complètement isolés de ceux des autres polluants.

Discussion

Les 14 400 décès par année représentent l'estimation actuelle par Santé Canada des mortalités au Canada pouvant être imputées à la pollution atmosphérique de sources humaines en Amérique du Nord. Des estimations similaires ont été produites par le passé. En 2004, Santé Canada donnait une estimation de 5 900 décès par année pour huit grandes divisions de recensement du Canada, qui englobaient environ le tiers de la population du pays (Judek et coll. 2004). En 2008, l'Association médicale canadienne a extrapolé des données de surveillance à l'ensemble du Canada, estimant que 21 000 décès pouvaient être imputés aux concentrations ambiantes de $PM_{2,5}$ (y compris les concentrations naturelles et les concentrations supérieures aux niveaux naturels). Les plus récentes estimations de la mortalité due à la pollution atmosphérique au Canada, selon la charge mondiale de morbidité de l'IHME, sont de 7 100 pour les $PM_{2,5}$ et de 690 pour l'O_3 (IHME et HEI 2017). Ces nombres semblent différents, mais la science sous-jacente est cohérente. Des variations ou divergences entre les estimations peuvent survenir en raison de différences dans les données et les méthodes utilisées pour calculer les impacts de la pollution atmosphérique sur la santé et plus particulièrement, dans l'attribution des niveaux de concentration à la population. Par exemple, les différentes RCR utilisées peuvent influencer les estimations. Comme il est mentionné précédemment, des RCR pour les $PM_{2,5}$ existent pour l'ensemble des causes internes de mortalité ou pour certaines d'entre elles (c'est-à-dire, les cardiopathies ischémiques, le cancer du poumon, les MPOC et les maladies cérébrovasculaires). La RCR dépend aussi de la population ou de la cohorte d'origine; les données canadiennes sont plus pertinentes que celles de l'Europe ou même des États-Unis. Les estimations de l'exposition à la pollution atmosphérique (c'est-à-dire, la surface d'exposition au Canada) peuvent également varier en fonction des modèles de transport chimiques et des données de surveillance utilisés pour estimer les niveaux ambiants de pollution atmosphérique au Canada et, dans certains cas, des méthodes utilisées pour extrapoler les données de surveillance à l'ensemble de la population. Les estimations de la mortalité dépendent aussi de données démographiques détaillées, comme le compte et la distribution de la population, ainsi que des taux de mortalité de référence du Canada. Les données et la méthode utilisées dans la présente analyse sont considérées comme étant plus complètes et appropriées au contexte canadien que les estimations antérieures puisqu'elles intègrent des avancements scientifiques récents et de nouvelles connaissances quant aux effets sanitaires de la pollution de l'air au Canada.

Dans la présente analyse, une concentration naturelle estimée pour l'Amérique du Nord a servi de référence dans les calculs. Cette approche a été sélectionnée puisque les émissions de sources anthropiques sont généralement la cible de mesures de gestion de la qualité de l'air. Même si les niveaux de pollution sont faibles au Canada comparativement à ceux d'autres pays développés[3], des études canadiennes récentes montrent que la mortalité est imputable à la pollution de l'air même à des concentrations relativement faibles (Crouse et coll. 2015).

Les estimations de la charge mondiale de morbidité de l'IHME sont fondées sur quatre causes de décès en particulier pour les $PM_{2,5}$ (c'est-à-dire, les cardiopathies ischémiques, le cancer du poumon, les MPOC et les maladies cérébrovasculaires) et sur une cause pour l'O_3 (c'est-à-dire, les MPOC). Ces estimations conviennent particulièrement à l'estimation des effets de la pollution atmosphérique à l'échelle mondiale compte tenu d'une variation potentiellement grande des taux de mortalité associée à une cause sous-jacente particulière à travers le monde. Toutefois, la preuve que l'exposition à la pollution atmosphérique ambiante de $PM_{2,5}$ aille des répercussions allant au-delà de ces quatre maladies rend approprié l'utilisation d'une RCR reposant sur la mortalité toutes causes internes confondues dans les calculs des estimations au Canada.

Dans la présente analyse, trois différentes méthodes (observations satellites jumelées à un modèle de transport chimique pour les $PM_{2,5}$, observations terrestres jumelées à un autre modèle de transport chimique

[3] www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/

pour l'O_3 et un modèle de régression de l'utilisation du territoire appuyé par diverses sources de données pour le NO_2) ont été utilisées pour calculer l'exposition de la population canadienne à chacun des trois polluants. Malheureusement, les périodes que couvrent les données ne sont pas tout à fait les mêmes. Ces trois méthodes d'estimation donnent les meilleures estimations nationales disponibles de chaque polluant et malgré les variations, elles donnent la meilleure estimation de l'exposition possible à l'heure actuelle. Santé Canada et Environnement et Changement climatique Canada collaborent actuellement sur l'évaluation d'approches visant à élaborer une estimation plus uniforme et intégrée de l'exposition qui peut être actualisée annuellement ou à chaque deux ans.

Il importe de noter qu'il faut s'attendre à des variations entre les estimations des impacts sanitaires dans les futures mises à jour de Santé Canada. Ces variations ou divergences entre les estimations peuvent être dues, par exemple : aux différentes données ou méthodes utilisées pour évaluer l'exposition de la population aux polluants atmosphériques, aux différentes relations exposition-réponse ou concentration-réponse ou aux différences dans les taux de mortalité de référence du Canada. Les estimations de la mortalité peuvent particulièrement être influencées par les valeurs utilisées pour les relations exposition-réponse, qui sont régulièrement mises à jour selon que de nouvelles données sont générées, deviennent disponibles ou sont intégrées dans l'ensemble de données épidémiologiques existant. De plus, si des tendances annuelles sont générées à partir des analyses, les estimations des impacts sanitaires seront recalculées pour toutes les années de l'analyse pour s'assurer que les tendances sont intrinsèquement cohérentes.

Par ailleurs, les estimations de Santé Canada peuvent diverger de celles publiées par des agences internationales, comme l'IHME (rapports sur la charge mondiale de morbidité), l'HEI et l'OMS. Cependant, elles devraient toutes converger et montrer des tendances similaires.

Conclusions

La pollution atmosphérique est reconnue mondialement comme l'un des principaux facteurs de risque de mortalité prématurée. Cette reconnaissance se base sur le poids de la preuve selon un ensemble robuste de données issues d'études épidémiologiques internationales et d'éléments de preuves à l'appui issus d'études toxicologiques. À la suite de recherches et d'analyses exhaustives, y compris des évaluations complètes de Santé Canada, il a été déterminé que les $PM_{2.5}$, le NO_2 et l'O_3 étaient responsables des plus grands impacts sanitaires dans la population.

Santé Canada estime que 14 400 décès prématurés par année sont imputables aux sources anthropiques de ces trois polluants. La présente analyse prend en compte la mortalité associée avec la fraction ambiante de polluants atmosphériques qui est attribuable à la contribution d'émissions de sources humaines. Les mesures de gestion de la qualité de l'air ciblent généralement les émissions de sources humaines.

En comparaison aux analyses canadiennes précédentes, les données et la méthodologie utilisées dans la présente analyse (par exemple, les concentrations naturelles et les RCR) prennent en considération des avancements scientifiques récents et de nouvelles connaissances relativement aux effets sanitaires de la pollution atmosphérique au Canada. Les données et méthodes utilisées sont plus complètes et appropriées et permettent la meilleure estimation de l'exposition à l'heure actuelle.

Tableau 1. Estimation des mortalités prématurées imputables aux niveaux de pollution atmosphérique supérieurs aux niveaux naturels : résultats, paramètres d'analyse et sources

Polluant	$PM_{2,5}$	NO_2	O_3
Nombre de mortalités **(% de la mortalité de référence)**	**9 500** (4,3 %) – mortalité toutes causes confondues; exposition chronique **5 600** (2,5 %) – quatre causes de mortalité en particulier; exposition chronique	**1 300** (0,6 %) – exposition aiguë	**2 400** (1,1 %) – exposition aiguë **1 200** (0,6 %) – exposition chronique
Causes de décès	Toutes causes confondues (sauf les causes externes, p. ex., accidents, suicides) Quatre causes : cardiopathies ischémiques, cancer du poumon, maladies cérébrovasculaires, MPOC	Toutes causes confondues (sauf les causes externes, p. ex., accidents, suicides)	Aiguë : Toutes causes confondues (sauf les causes externes, p. ex., accidents, suicides) Chronique : Maladies respiratoires
RCR – % augmentation par Δx	Tous : 10 % par 10 µg/m^3 Cardiopathies ischémiques : 27,7 % par 10 µg/m^3 Cancer du poumon : 16,9 % par 10 µg/m^3 Maladies cérébrovasculaires : 17,9 % par 10 µg/m^3 MPOC : 9,2 % par 10 µg/m^3	1,5 % par 20 ppb	Aiguë : 1,7 % par 20 ppb Chronique : 8,2 % par 20 ppb
Source des RCR	Toutes causes confondues : Crouse et coll. 2012 Quatre causes : Shin et coll. 2013	Burnett et coll. 2004 (modèle d'analyse complémentaire tenant compte du CO, du NO_2, de l'O_3 et du SO_2)	Aiguë : Burnett et coll. 2004 (modèle d'analyse complémentaire tenant compte du CO, du NO_2, de l'O_3 et du SO_2) Chronique : Jerrett et coll. 2009

Effets de la morbidité également estimés	Oui	Non	Oui
Années des données d'exposition	2010-2012	2009-2011	2007-2009
Source des données d'exposition	Observations satellites; van Donkelaar et coll. 2015	Modèle national tenant compte d'observations des appareils de surveillance du RNSPA, d'observations satellites, d'utilisation du territoire et de la distance par rapport aux autoroutes et aux routes principales; Hystad et coll. 2011	Combinaison de valeurs provenant du modèle de prévision de la qualité de l'air CHRONOS et des observations des appareils de surveillance du RNSPA; Robichaud et Ménard 2014
Concentration ambiante moyenne pondérée selon la population nationale	**6,5 µg/m^3**	**8,5 ppb**	**38,8 ppb (annuelle)** **43,6 ppb (mai à sept.)**
Estimation de la concentration naturelle de pollution	**1,8 µg/m^3**	**0,2 ppb**	**25,8 ppb (annuelle)** **28 ppb (mai à sept.)**
Résultats publiés antérieurement	Stieb et coll. 2015	Non	Non

CHRONOS : Système canadien hémisphérique et régional de l'ozone et des NOx; µg/m^3 : microgrammes par mètre cube; MPOC : maladies pulmonaires obstructives chroniques; ppb : parties par milliard; RCR : relations concentration-réponse; RNSPA : Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique

Références

Banque mondiale et IHME. 2016. The cost of air pollution: strengthening the economic case for action. Washington, DC: Banque mondiale.

Boys B, Martin RV, Van Donkelaar A, MacDonell R, Hsu NC, Cooper MJ, Yantosca RM, Lu Z, Streets DG, Zhang Q, Wang SW. 2014. Fifteen year global time series of satellite-derived fine particulate matter. Environ Sci Technol 48: 11109-11118.

Burnett RT, Stieb D, Brook JR, Cakmak S, Dales R, Raizenne M, Vincent R, Dann T. 2004. Associations between short-term changes in nitrogen dioxide and mortality in Canadian cities. Arch Environ Health 59(5): 228-36.

Association médicale canadienne. 2008. No Breathing Room: National Illness Cost of Air Pollution Summary Report. Ottawa: AMC. www.healthyenvironmentforkids.ca/resources/no-breathing-room-costs-of-air-pollution

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.

Crouse DL, Peters PA, van Donkelaar A, Goldberg MS, Villeneuve PJ, Brion O, Khan S, Atari DO, Jerrett M, Pope 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.

Crouse DL, Peters PA, Hystad P, Brook JR, van Donkelaar A, Martin RV, Villeneuve PJ, Jerrett M, Goldberg MS, Pope CA, Brauer M, Brook RD, Robichaud A, Menard R, Burnett RT. 2015. Ambient $PM_{2.5}$, O_3, and NO_2 exposures and associations with mortality over 16 years of follow-up in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CanCHEC). Environ Health Perspect 123(11): 1180-1186.

European Environment Agency. 2016. Air quality in Europe — 2016 report EEA Report No 28/2016. www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016

Health Effects Institute. 2017. State of Global Air 2017. Special Report. Boston, MA: Health Effects Institute.

Holgate S, Grigg J, Agius R, Ashton JR, Cullinan P, Exley K, Fishwick D, Fuller G, Gokani N, Griffiths C, Harrison P. 2016. Every breath we take: The lifelong impact of air pollution. Report of a working party. Royal College of Physicians. www.rcplondon.ac.uk/projects/outputs/every-breath-we-take-lifelong-impact-air-pollution

Hystad P, Setton E, Cervantes A, Poplawski K, Deschenes S, Brauer M, van Donkelaar A, Lamsal L, Martin R, Jerrett M, Demers P. 2011. Creating national air pollution models for population exposure assessment in Canada. Environ Health Perspect 119: 1123-1129.

IHME (Institute for Health Metrics and Evaluation) and HEI (Health Effects Institute). 2017. State of Global Air/2017: A Special Report on Global Exposure to Air Pollution and Its Disease Burden. Institute for Health Metrics and Evaluation, and Health Effects Institute. www.stateofglobalair.org/

Jerrett M, Burnett RT, Pope CA III, Ito K, Thurston G, Krewski D, Shi Y, Calle E, Thun M. 2009. Long-term ozone exposure and mortality. N Engl J Med 360(11): 1085-1095.

Judek S, Stieb D, Jovic B, Edwards B. 2012. Air Quality Benefits Assessment Tool (AQBAT) – User Guide – Draft. Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada.

Judek S, Jessiman B, Stieb D, Vet R. 2004. Estimated number of excess deaths in Canada due to air pollution. Ottawa: Santé Canada.

Kalnay E. 2003. Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability: New York: Cambridge University Press.

Lamsal LN, Martin RV, van Donkelaar A, Steinbacher M, Celarier EA, Bucsela E, et coll. 2008. Ground- level nitrogen dioxide concentrations inferred from the satellite-borne Ozone Monitoring Instrument. J Geophys Res Atmos 113: D16308.

Lim SS, Vos T, Flaxman AD, et coll. 2012. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. Lancet 380: 2224-2260.

Maji KJ, Dikshit AK, Arora M, Deshpande A. 2017. Estimating premature mortality attributable to $PM_{2.5}$ exposure and benefit of air pollution control policies in China for 2020. Sci Total Environ 612: 683-693.

NASA (National Aeronautics and Space Administration). 2011. Aura Satellite. http://aura.gsfc.nasa.gov/

OMS (Organisation mondiale de la santé). 2016. Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease. Geneva www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/

Pudykiewicz JA, Kallaur A, Smolarkiewicz PK. 1997. Semi-Lagrangian modelling of tropospheric ozone. Tellus B Chem Phys Meteorol 49: 231-248.

Robichaud A, Ménard R. 2014. Multi-year objective analyses of warm season ground-level ozone and $PM_{2.5}$ over North America using real-time observations and the Canadian operational air quality models. Atmos Chem Phys 14(4): 1769-1800.

Shin HH, Cohen A, Pope CA III, Ezzati M, Lim SS, Hubbell B, et al. 2013. Critical issues in combining disparate sources of information to estimate the Global Burden of Disease attributable to ambient fine particulate matter exposure. Working paper prepared for: Methods for Research Synthesis: A Cross-Disciplinary Workshop. Cambridge (MA): Harvard Center for Risk Analysis. www.hsph.harvard.edu/wp-content/uploads/sites/1273/2013/09/Shin-et-al.-Sept-2013.pdf

Stieb DM, Judek S, van Donkelaar A, Martin RV, Brand K, Shin HH, Burnett RT, Smith-Doiron M. 2015. Estimated public health impact of changes in fine particle air pollution in Canada, 2000-2011. Can J Public Health 106(6): 362-368.

van Donkelaar A, Martin RV, Brauer M, Boys BL. 2015. Use of satellite observations for long-term exposure assessment of global concentrations of fine particulate matter. Environ Health Perspect 123(2): 135-143.

van Donkelaar A, Martin RV, Spurr RJD, Drury E, Remer LA, Levy RC, Wang J. 2013. Optimal estimation for global ground-level fine particulate matter concentrations. J Geophys Res 118: 5621-5636.

van Donkelaar A, Martin RV, Brauer M, Kahn R, Levy R, Verduzco C, Villeneuve PJ. 2010. Global estimates of ambient fine particulate matter concentrations from satellite-based aerosol optical depth: development and application. Environ Health Perspect 118: 847-855.