



# LES AVANTAGES D'UNE MEILLEURE QUALITÉ DE L'AIR :

DÉMYTHIFIER LE PROCESSUS D'ESTIMATION DES COBÉNÉFICES  
POUR LA SANTÉ ASSOCIÉS AUX INFRASTRUCTURES À  
FAIBLE INTENSITÉ CARBONE PAR LA RÉDUCTION DE LA  
POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

OCTOBRE 2021



**Smart Prosperity  
Institute**

## About Smart Prosperity Institute

L'Institut pour l'IntelliProspérité est un réseau de recherche national, mais aussi un laboratoire d'idées (think tank) qui se trouve à l'Université d'Ottawa. Nous effectuons des recherches de niveau international et travaillons avec des partenaires publics et privés, le tout pour faire progresser les politiques pratiques et les solutions du marché pour une économie forte et propre.

Associé(e)s de recherche: Aline Coutinho and John McNally

Octobre 2021

## Avec le soutien de



Santé  
Canada

Health  
Canada

Les vues exprimées ici ne reflètent pas nécessairement celles de Santé Canada, ni celles des examinateurs.



# SYNTHÈSE

La transition du Canada vers la carboneutralité entraînera d'importants changements structurels et économiques. Les gouvernements devront contruire un large éventail d'infrastructures à faible intensité carbone et en assure le soutien. Cette transition représente une occasion sans précédent pour les gouvernements de toutes tailles : ils peuvent contribuer à l'essor des initiatives de croissance propre et d'action climatique aux avantages mutiples : la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la création d'emplois et l'amélioration de la santé des communautés. Il est crucial de faciliter l'accès de tous les niveaux de gouvernement aux outils nécessaires pour analyser les effets tant positifs que négatifs des projets sur leurs collectivités. Les résultats de ces analyses permettent à tous les intervenants de préconiser les projets et les priorités qui profitent à leurs citoyens.

D'avantage d'efforts doivent être consacrés à mieux comprendre les avantages d'une transition vers la carboneutralité, notamment en matière de bienfaits pour la santé découlant de la réduction de la pollution atmosphérique émises par l'utilisation de combustibles fossiles. Il s'agit d'une tâche complexe mais qui se révèle importante pour mieux éclairer la prise de décision, tâche à laquelle s'attèle le présent rapport. Plus particulièrement, le rapport a pour but d'évaluer certains des cobénéfices pour

la santé découlant de l'amélioration de la qualité de l'air et qui peuvent résulter de certains types de projets d'infrastructures à faible intensité carbone développés à l'appui des initiatives d'action climatique et de croissance propre.

Le présent rapport trace les grandes lignes d'une méthodologie robuste et pertinente à l'évaluation des cobénéfices pour la santé humaine associés aux changements dans la qualité de l'air. Les méthodologies présentées concernent les projets visant la réduction significative de la consommation d'énergie à base de combustibles fossiles et les émissions de gaz à effet de serre dans les sous-secteurs des bâtiments et de l'électricité au Canada par rapport aux pratiques, biens ou technologies traditionnels. Au nombre de ces projets, mentionnons l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments commerciaux et résidentiels, et la mise en place de technologies de production d'électricité renouvelable. Le présent rapport s'inspire du document d'orientation de la *United States Environmental Protection Agency* (2018) pour estimer les bienfaits pour la santé des projets d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables. Toutefois, c'est dans un contexte canadien que le rapport interprète l'application de ce processus à l'évaluation des cobénéfices pour la santé de projets d'infrastructures à faible intensité carbone.

## Aperçu de l'approche en quatre étapes pour évaluer les bienfaits pour la santé de la réduction de la pollution atmosphérique résultant d'une infrastructure à faible intensité carbone

### Étape 1 : Établir le niveau de référence et les inventaires d'émissions pour les gaz à effet de serre (GES) et les polluants atmosphériques.

Déterminer les contours de l'inventaire des émissions et fixer le moment où l'inventaire des émissions doit débiter.

Dresser l'inventaire des émissions et des polluants atmosphériques dans la collectivité en question.

Déterminer les caractéristiques du niveau de référence des émissions et établir des prévisions sur plusieurs années dans le but de déterminer les émissions prévues.

### Étape 2 : Définir le projet d'infrastructure à faible intensité carbone et calculer les réductions d'émissions prévues.

Déterminer la technique la plus convenable pour calculer les réductions d'émissions.

Estimer la totalité des réductions d'émissions associées à un projet.

Comparer les émissions globales selon un scénario de maintien du statu quo (MSQ) et un scénario de réalisation du projet.

### Étape 3 : Évaluer les changements dans la qualité de l'air résultant des réductions d'émissions.

Déterminer les polluants visés par cette analyse.

Choisir la méthode appropriée pour la modélisation des scénarios.

Établir des prévisions pour le scénario MSQ et le scénario de réalisation du projet, et les comparer.

### Étape 4 : Évaluer les bienfaits pour la santé résultant des améliorations de la qualité de l'air.

Évaluer les changements dans les états de santé attribuables à l'amélioration de la qualité de l'air.

Attribuer une valeur économique/monétaire à ces résultats.

Le présent rapport donne une vue d'ensemble des procédures faisant autorité et utilise des outils crédibles pour analyser les bienfaits pour la santé résultant des modifications de la pollution atmosphérique. En outre, il décompose ces procédures en étapes et sous-étapes successives afin de clarifier le processus de modélisation de la qualité de l'air et d'estimation de ses effets sur la santé.

Il ne semble pas encore exister d'outils crédibles pour entreprendre des analyses propres au Canada qui seraient assez simples pour permettre aux intervenants n'ayant pas une vaste expérience ou une expertise notable de les utiliser dans la modélisation de la qualité de l'air ou des bienfaits pour la santé. Le présent rapport comble donc une lacune essentielle; il explicite autant que possible les étapes nécessaires à une

évaluation préliminaire des bienfaits potentiels pour la santé relatifs aux projets. Il peut servir d'outil de référence pour des analyses futures vu qu'il aide à déterminer les ressources utiles à l'évaluation des améliorations de la qualité de l'air et des bienfaits pour la santé.

Les gouvernements du Canada feraient bien d'accorder dorénavant la priorité à l'élaboration d'outils simplifiés et accessibles pour évaluer les améliorations de la qualité de l'air et les effets qu'ont les initiatives d'action climatique et de croissance propre sur la santé. De la sorte, les gouvernements seraient en mesure de cerner et de préconiser des projets et des priorités beaucoup plus avantageuses dans le cadre d'une transition vers la carboneutralité.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>Liste des abréviations</b>	<b>VI</b>
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>Pourquoi cet intérêt dans les bienfaits pour la santé associés à l'amélioration de la qualité de l'air ?</b>	<b>3</b>
<b>Analyser les impacts sur la santé</b>	<b>5</b>
<b>Étape 1 : Établir un niveau de référence pour les émissions et les polluants dans la collectivité</b>	<b>6</b>
<b>Étape 2 : Cerner le projet d'infrastructure à faible intensité carbone et calculer les réductions d'émissions prévues</b>	<b>11</b>
<b>Étape 3 : Évaluer les changements dans la qualité de l'air résultant des réductions d'émissions au sein de la collectivité</b>	<b>15</b>
<b>Étape 4 : Déterminer les bienfaits pour la santé résultant des améliorations dans la qualité de l'air</b>	<b>19</b>
<b>Solutions simplifiées d'évaluation approfondie</b>	<b>22</b>
<b>Recommandations pour améliorer l'accessibilité de l'analyse relative à la qualité de l'air pour les décideurs publics canadiens</b>	<b>24</b>
<b>Conclusion</b>	<b>26</b>
<b>Annexe 1: Sectors and subsectors of city emissions</b>	<b>27</b>
<b>Annexe 2: List of database/sources for emissions factors of GHGs and air pollutants</b>	<b>28</b>
<b>Annexe 3: Guidelines and Protocols for Inventories and Emission Analysis</b>	<b>29</b>
<b>Annexe 4: Methods for evaluating health benefits</b>	<b>30</b>
<b>Annexe 5: Glossary of terms</b>	<b>31</b>
<b>Références</b>	<b>33</b>

# LISTE DES ABRÉVIATIONS

CEF	Coefficient d'émission moyen	GIEC	Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat
OEBQA	Outil d'évaluation des bénéfices liés à la qualité de l'air	ISDCG	International Standard for Determining Greenhouse Gas Emissions for Cities
CAS	Cote air santé	CEM	Coefficient d'émission du moyen de production marginal
AURAMS	Système régional unifié de modélisation de la qualité de l'air	NF3	Trifluorure d'azote
AVERT	Outil de quantification des émissions évitées et de la production	NO2	Dioxyde d'azote
MSQ	Maintien du statu quo	N2O	Oxyde nitreux
IER/IES	Inventaire des émissions repères/surveillées	NO3	Ozone
B-kWh	Bienfaits par kilowatt/heure	PFC	Hydrocarbures perfluorés
BPT	Bienfaits par tonne	PM2,5 et PM10	Matières particulaires 2,5 et 10
NCQAA	Normes canadiennes de qualité de l'air ambiant	MSR	Modélisation des surfaces de réponse
PCA	Principaux contaminants atmosphériques	SMOKE	Sparse Matrix Operator Kernel Emissions
CCME	Conseil canadien des ministres de l'Environnement	Matrice S-R	Matrice source-récepteur
CH4	Méthane	CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CMAQ	SCMMQA - Système communautaire multi-échelles de modélisation de la qualité de l'air		
CO2	Dioxyde de carbone		
CO2e	Équivalent de dioxyde de carbone		
FCR	Fonction concentration-réponse		
DF6	Hexafluorure de soufre		
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada		
eGRID	Emissions & Generation Resource Integrated Database		
EPA	Environmental Protection Agency		
GEM-MACH	Modèle global environnemental multi-échelle — modélisation de la qualité de l'air et de la chimie		
GES	Gaz à effet de serre		
PIGV	Protocole d'inventaire des GES pour les villes		
PRC	Potentiel de réchauffement climatique		
HFC	Hydrofluorocarbures		
EES	Évaluation des effets sur la santé		
ICAP	Illness Cost of Pollution Model [modèle de l'Ontario Medical Association]		
IEAP	International Local Government GHG Emissions Analysis Protocol		



# INTRODUCTION

La transition du Canada vers la carboneutralité entraînera d'importants changements structurels et économiques. Selon l'Institute for Sustainable Finance, pour que le Canada atteigne son objectif fixé pour 2030<sup>1</sup>, le pays doit investir environ 90 à 166 milliards de dollars pour passer à des systèmes énergétiques à faible intensité carbone, à des bâtiments plus écoénergétiques et à des systèmes de transport carboneutres. Pour assurer l'essor des initiatives d'action climatique et de croissance propre, le choix des projets à mettre en œuvre doit se faire en collaboration avec des intervenants et des acteurs issus de tous les secteurs de la société canadienne et sous l'impulsion de tous les ordres de gouvernement.

Les mesures d'action climatique et de croissance propre s'accompagnent souvent d'innombrables avantages potentiels pour les collectivités, notamment la création d'emplois, les économies de coûts pour les ménages et l'amélioration de la santé humaine, entre autres<sup>2</sup>. Pour cristalliser ces avantages, il faut en premier lieu cerner le potentiel associé à l'action, et ce, en évaluant l'ensemble des coûts et avantages directs et indirects associés à la mise en œuvre de projets au sein des collectivités.

***Les projets d'infrastructures à faible intensité carbone comprennent tout projet qui réduit la consommation d'énergie à base de combustibles fossiles et les émissions de gaz à effet de serre (GES) dans les sous-secteurs des bâtiments, du transport et de l'électricité.***

Les différents ordres de gouvernement ne disposent pas tous des ressources nécessaires pour entreprendre de telles évaluations relativement au large éventail de projets d'infrastructures à faible intensité carbone, proposés pour atteindre les objectifs d'action climatique et de croissance propre. Les projets d'infrastructures à faible intensité carbone comprennent tout projet qui réduit la consommation d'énergie à base de combustibles fossiles et les émissions de gaz à effet de serre (GES) dans les sous-secteurs

des bâtiments, du transport et de l'électricité au Canada, bien que le processus décrit dans le présent rapport soit conçu pour quantifier les bienfaits pour la qualité de l'air et la santé découlant des mesures d'efficacité énergétique dans les maisons et les bâtiments et du déploiement de projets d'énergie renouvelable. Pour aider les collectivités à préconiser des initiatives qui répondent le mieux à leurs besoins, il est essentiel de s'assurer que les intervenants qui prônent certaines actions, à tous les paliers du gouvernement, disposent des outils nécessaires à l'évaluation des effets des projets d'infrastructures sur ces collectivités.

Une considération essentielle associée aux projets d'infrastructures à faible intensité carbone est leur effet sur la santé humaine et environnementale. Les décideurs et les chercheurs perçoivent les améliorations de la qualité de l'air et de la santé humaine et environnementale comme des cobénéfices associés à la mise en œuvre de projets d'infrastructures à faible intensité carbone et d'atténuation des changements climatiques, qui visent surtout à assurer la croissance économique ou à atteindre des objectifs environnementaux<sup>3</sup>. Selon une évaluation réalisée aux États-Unis, les bienfaits pour la santé humaine représentent 50 à 60 % des avantages monétaires découlant des réglementations en matière d'amélioration de la qualité de l'air<sup>4</sup>, ce qui porte à croire que les bienfaits pour la santé des infrastructures à faible intensité carbone peuvent être importants et qu'il est donc important d'en tenir compte.

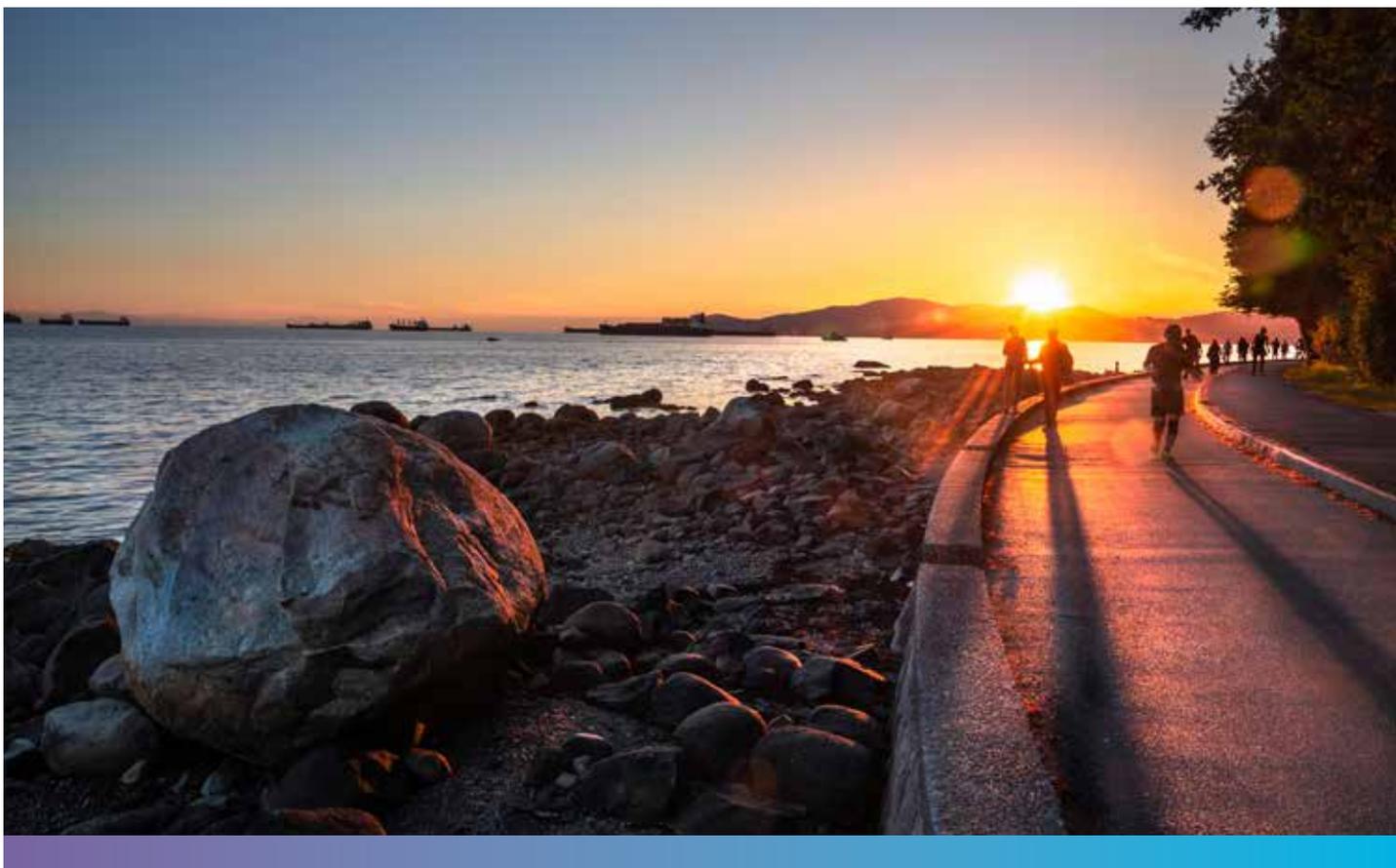
L'évaluation de l'ensemble des cobénéfices pour la santé qui accompagnent un projet s'effectue, dans la plupart des cas, au moyen d'une évaluation des effets sur la santé (EES), qui décrit les répercussions sanitaires d'un projet, d'une politique ou d'un programme proposé ou existant sur la population dans une collectivité<sup>5</sup>. Les EES, dont la portée varie, emploient différents procédés et méthodes pour déterminer les effets potentiels d'un projet sur la santé d'une population. Elles peuvent sortir du cadre de la santé environnementale et déborder sur des considérations de bien-être physique, mental et social. Pour assimiler les bienfaits pour la santé rendus possibles par un projet, il faut entreprendre une solide EES dans la collectivité visée, une étape nécessaire à la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement au Canada.

Les EES sont un ensemble de procédures, de méthodes et d'outils complexes qui brossent un portrait crédible des bienfaits pour la santé associés à un projet. Une EES exhaustive demande beaucoup de temps et de ressources. Dans certains cas, l'inaccessibilité aux outils appropriés complique l'évaluation de certains effets sur la santé. Un bon exemple à donner serait l'évaluation des bienfaits pour la santé résultant de la réduction de la pollution atmosphérique. Au Canada, plusieurs modèles sophistiqués servent à évaluer les changements dans la qualité de l'air et les bienfaits pour la santé découlant de la réduction de la pollution atmosphérique. Toutefois, les techniques simplifiées propres à ces types d'estimations et d'évaluations ne sont généralement ni accessibles ni faciles à utiliser pour les intervenants n'ayant aucune expérience en modélisation de la qualité de l'air<sup>6</sup>. Cette inaccessibilité pose un obstacle

technique et empêche l'intégration de ces effets à une EES et la comparaison des avantages d'un projet avant la prise d'une décision officielle.

La modélisation de la qualité de l'air est un processus complexe et technique, tout comme l'évaluation des bienfaits pour la santé associés à la réduction de la pollution atmosphérique. Bien qu'il soit ardu de surmonter la complexité inhérente à la modélisation de la dynamique et des changements atmosphériques, il est possible de mettre au point des outils simplifiés ou de recourir à des techniques simplifiées pour évaluer les changements dans la qualité de l'air et les effets sur la santé de manière à nécessiter moins de temps et moins de ressources. Des efforts ont été déployés pour mettre au point ces techniques simplifiées et faciliter l'accès à ces outils, mais leur manipulation nécessite un niveau d'expertise élevé afin de produire des estimations rigoureuses et crédibles en matière de bienfaits pour la santé.

Le présent rapport a été en partie rédigé dans le but de démystifier le processus compliqué d'estimation des cobénéfices pour la santé découlant de l'amélioration de la qualité de l'air associée à des projets d'infrastructures à faible intensité carbone. Il ambitionne d'aider les intervenants à cerner les méthodologies crédibles et simplifiées pour évaluer les bienfaits pour la santé associés aux réductions de la pollution atmosphérique. Même si ces méthodologies requièrent quand même un certain niveau d'expertise, la présente recherche met en évidence les outils disponibles auxquels les intervenants peuvent recourir pour mener leurs évaluations au Canada. Elle met aussi en lumière certaines autres méthodologies utilisées ailleurs, qui pourraient être adoptées et adaptées au contexte canadien.



# POURQUOI CET INTÉRÊT DANS LES BIENFAITS POUR LA SANTÉ ASSOCIÉS À L'AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR ?

Les infrastructures à faible intensité carbone ont de vastes effets sur la santé. Ceux-ci peuvent résulter directement de l'adoption ou du déploiement d'un projet, ou encore résulter des répercussions du projet sur les déterminants de la santé, comme l'environnement physique, les facteurs communautaires et sociaux, ou les facteurs liés aux moyens de subsistance et au mode de vie<sup>7</sup>. Selon l'échelle géographique du projet, les effets peuvent aussi se répercuter sur d'autres régions en raison de leur

proximité. Selon l'horizon temporel ou l'échelle géographique choisis, les effets sur la santé peuvent inclure ce qui suit :

- Réduction du risque de méfaits pour la santé (p. ex., symptômes respiratoires aigus, asthme, visites aux urgences pour des problèmes cardiaques, bronchite aiguë chez l'enfant, etc.) et de mortalité prématurée ;

- Réduction du risque de maladies associées à l'inactivité physique ;
- Amélioration de la santé mentale et du bien-être ;
- Amélioration des niveaux généraux d'équité et d'inclusion au sein d'une collectivité.

Le présent rapport se penche sur les outils et méthodologies utilisés pour l'évaluation des bienfaits pour la santé humaine, associés aux changements de la qualité de l'air des suites de la mise en œuvre d'une infrastructure à faible intensité carbone. Il fournit aux intervenants canadiens une liste centralisée, quoique non exhaustive, de ressources et méthodologies simplifiées qu'ils peuvent utiliser pour estimer les changements de la qualité de l'air et les bienfaits pour la santé découlant de la réduction de la pollution atmosphérique. Ces estimations, même avec l'utilisation d'outils simplifiés, nécessitent des ressources et un niveau d'expertise importants et sont souvent inaccessibles aux gouvernements locaux. Le présent rapport peut servir de document de référence et constitue un outil en soi qui démystifie le processus compliqué d'évaluation des bienfaits pour la santé découlant des améliorations de la qualité de l'air associées aux projets. Il s'agit d'une lacune connue des décideurs municipaux en dehors des grands centres urbains/suburbains et des régions métropolitaines.

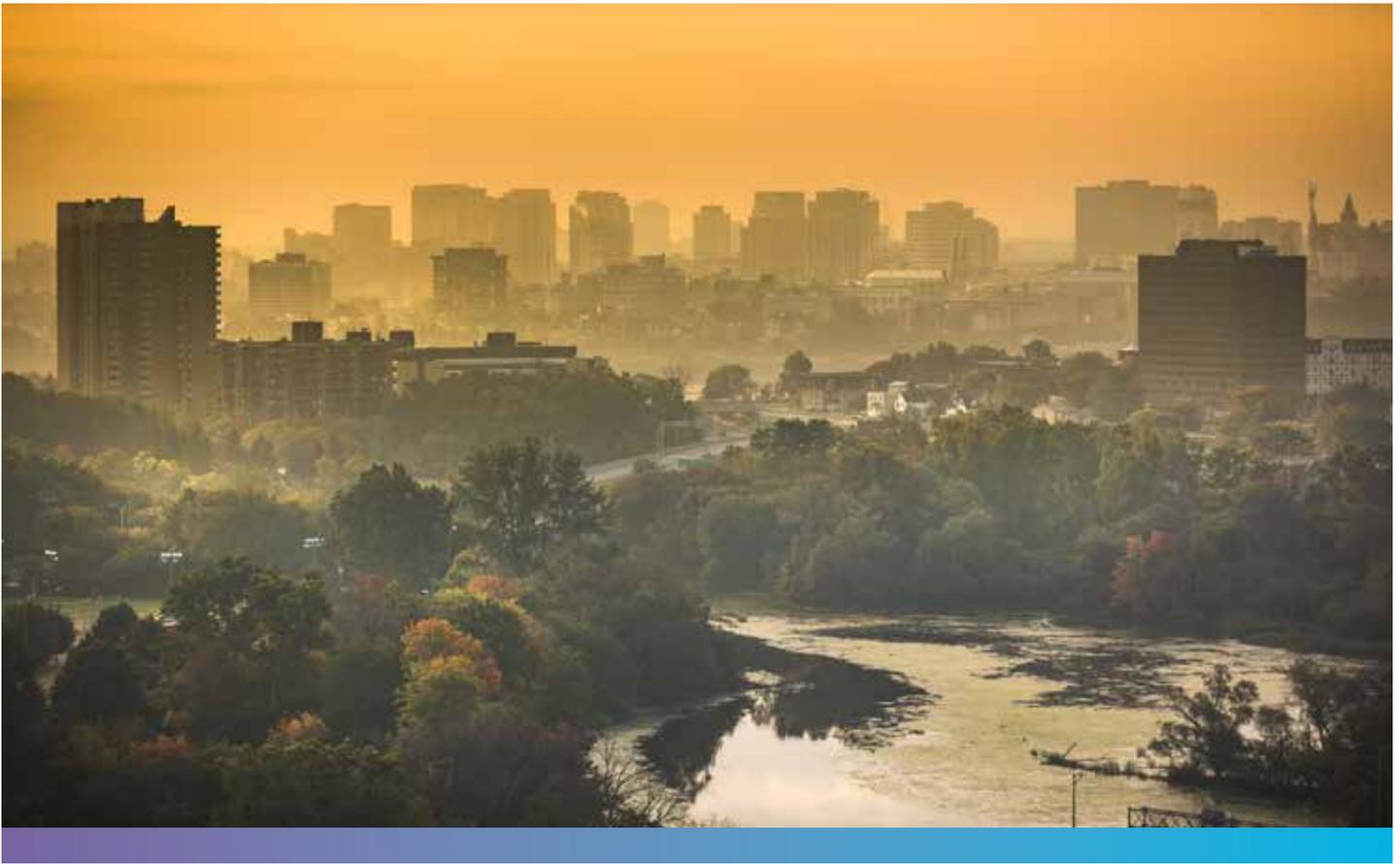
Le gouvernement fédéral, les gouvernements provinciaux et les conseils municipaux des grandes villes peuvent avoir accès à des modèles sophistiqués en matière de qualité de l'air ainsi qu'à des experts qui savent les manier. Cependant, les petites municipalités et les intervenants locaux n'ont souvent pas accès à des ressources équivalentes, ce qui complique les évaluations crédibles des effets sur la santé des projets d'infrastructures. Aux États-Unis, de nombreux modèles et outils simplifiés de quantification de la qualité de l'air sont accessibles pour faciliter l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre (GES) et des répercussions des projets sur la pollution atmosphérique<sup>9</sup>. Certes, ces outils simplifiés exigent un niveau d'expertise élevé, mais un défi encore plus important se pose pour les intervenants canadiens ; ces solutions simplifiées ne sont pas facilement transmissibles au contexte canadien ou leur sont complètement inexistantes.

Le rapport convient donc aux intervenants qui veulent comprendre les étapes de l'évaluation des bienfaits pour la santé associés aux changements de la qualité de l'air. Le décortilage de ce processus ne résout pas cette lacune de manière indépendante, en raison de la complexité de la modélisation de la qualité de l'air et des cobénéfices pour la santé. En raison des limitations techniques, l'estimation des cobénéfices sanitaires émanant d'une infrastructure à faible intensité carbone à l'échelle locale constitue un défi ambitieux, voire même largement irréalisable. Pour résoudre le problème de l'accessibilité, il faudra en partie mettre au point des outils, des techniques et des méthodes simplifiées pour évaluer les effets sur la santé, tout en reconnaissant que les estimations créées serviront à informer les décideurs des effets potentiels plutôt qu'à établir, de manière prescriptive ou autoritaire, des liens de causalité entre un projet particulier et un bienfait pour la santé.

## Effets négatifs de la pollution atmosphérique sur la santé

Selon l'Organisation mondiale de la santé, la **pollution de l'air ambiant** contribue à environ 4,2 millions de décès dans le monde<sup>9</sup>. Au Canada, 15 300 décès annuels sont attribués à la pollution de l'air à des niveaux supérieurs au niveau naturel<sup>10</sup>, et la totalité du coût économique annuel de toutes les mortalités et morbidités est estimée à environ 131,14 milliards de dollars<sup>11</sup>. Des travaux menés précédemment par l'Institut pour l'IntelliProspérité ont déterminé les méfaits pour la santé associés à la réduction de la pollution atmosphérique<sup>12</sup>.

De nombreuses études épidémiologiques prouvent que les polluants, comme les particules 2,5 et 10, l'ozone, le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre, ont des répercussions sur les systèmes cardiovasculaire, respiratoire et neurologique<sup>13</sup>. L'exposition à ces polluants particuliers et à d'autres polluants atmosphériques augmenterait le risque, l'incidence et/ou la prévalence de la mortalité et de la morbidité, notamment l'asthme, les bronchopneumopathies chroniques obstructives, les accidents vasculaires cérébraux, les coronaropathies et les décès prématurés. Des effets sur la santé associés aux quatre types de polluants ont également été relevés dans le tractus gastro-intestinal et l'appareil génital, ainsi que pour les maladies non transmissibles. Toutefois, les données ne suffisent pas pour déduire une causalité entre l'exposition à un polluant donné et un résultat ou un état de santé<sup>14</sup>.



# ANALYSER LES IMPACTS SUR LA SANTÉ

Le présent rapport démystifie le processus d'analyse des effets sur la santé découlant de la réduction de la pollution atmosphérique qui touchent la population locale d'une région donnée. Ce processus d'analyse comprend quatre étapes primordiales. À chaque étape de ce processus, certaines méthodes de quantification et d'évaluation crédibles sont référencées. Bien que le présent rapport ne privilégie pas explicitement l'utilisation d'un outil, d'une technique ou d'un modèle plutôt que d'un autre, il met en évidence une série d'outils, de modèles et de techniques crédibles et reconnus, employés par les intervenants au Canada et à l'étranger, proposés par des organismes comme le GHG Gas Protocol, l'Environmental Protection Agency des États-Unis et Santé Canada. Les intervenants pourront ainsi cerner les ressources disponibles et les processus simplifiés crédibles dont ils peuvent se servir dans leurs tentatives d'évaluation, même si ces outils, techniques ou méthodes sont conçus pour d'autres pays. L'énumération s'accompagne de recommandations adressées aux gouvernements fédéral et provinciaux pour

développer ces outils et les disséminer publiquement dans le but de faciliter et d'accélérer les évaluations de projets dont sont chargés les intervenants à l'échelle du Canada.

La modélisation de la qualité de l'air et l'estimation des bienfaits pour la santé, comme nous l'avons préalablement mentionné, sont fondamentalement complexes. Le rapport vise à faire le tour d'horizon, en langage simple, des considérations essentielles et des méthodes simplifiées disponibles auxquelles les intervenants pourraient avoir recours pour l'estimation des bienfaits pour la santé découlant des projets d'infrastructures à faible intensité carbone. Comme mentionné plus haut, il ne s'agit pas d'une liste exhaustive des outils et approches explicités dans le présent rapport. Certains règlements peuvent exiger le recours à un outil ou une méthode d'évaluation particuliers. Selon les effets sur la santé qu'une collectivité souhaite évaluer, le rapport peut ne pas tenir compte de toutes les considérations essentielles ni renvoyer aux outils nécessaires pour éclairer une évaluation plus approfondie.



# ÉTAPE 1 : ÉTABLIR UN NIVEAU DE RÉFÉRENCE POUR LES ÉMISSIONS ET LES POLLUANTS DANS LA COLLECTIVITÉ

La première étape du processus d'évaluation des effets sur la santé humaine des changements de la pollution atmosphérique consiste à mesurer les niveaux actuels des émissions de GES et de polluants atmosphériques, ainsi que leurs sources. Cette évaluation est reconnue comme la pose d'un **niveau de référence**, vu qu'elle donne un aperçu des émissions, en calculant les niveaux actuels de GES et de polluants atmosphériques dans une région ou une communauté donnée, et en déterminant leurs sources. Les niveaux de référence peuvent également prévoir les **niveaux d'émissions** futurs dans une collectivité. Ces scénarios de projections d'émissions supposent souvent l'absence de changements ou d'interventions futures (mis à part les changements prévus et incorporés dans les projections d'émissions) qui modifieront les niveaux d'émissions à l'avenir (aussi connus sous le nom de scénario du « maintien du statu quo » ou scénario MSQ).

Les scénarios de référence, qui mettent en avant les niveaux d'émissions actuels et futurs, sont utiles pour déterminer les répercussions des projets à faible intensité carbone sur ces émissions. Ils permettent aux intervenants d'étudier les façons dont les changements aux émissions, résultant des projets d'infrastructures à faible intensité carbone proposés, influent

***Les scénarios de référence, qui mettent en avant les niveaux d'émissions actuels et futurs, sont utiles pour déterminer les répercussions des projets à faible intensité carbone sur ces émissions.***

sur les émissions actuelles et futures par rapport à un scénario MSQ. En général, le niveau de référence porte sur les années pour lesquelles la municipalité estime les incidences d'un projet à faible intensité carbone, ce qui permet de tenir compte des changements survenant à la suite d'un projet donné.

La plupart des collectivités canadiennes ont déjà établi des inventaires d'émissions de GES, pris dans le cadre d'initiatives, comme la création de plans énergétiques communautaires<sup>15</sup>. L'[inventaire des émissions de polluants atmosphériques](#) (IEPA) recueille des données sur les émissions de plusieurs polluants qui contribuent à la mauvaise qualité de l'air. Cet inventaire complet peut donner une vue d'ensemble de la qualité de l'air à l'échelle nationale, provinciale et territoriale. Le présent rapport donne un aperçu de la façon dont un intervenant peut réaliser un inventaire des émissions pour à son propre niveau.

L'élaboration d'un niveau de référence pour les émissions comprend deux sous-étapes :

- Choisir les données à inclure dans un inventaire des émissions de référence et les années pour lesquelles un tel inventaire est nécessaire.
- Faire un inventaire des émissions qui offre un profil des émissions associées à la collectivité pour les années en question, y compris les prévisions, dans le périmètre géographique choisi.

## Choisir les données à inclure dans un inventaire des émissions de référence et la date à laquelle il doit commencer

Le développement d'un inventaire des émissions nécessite une prise de décision tenant compte de plusieurs facteurs : quels sont les gaz à effet de serre et les polluants atmosphériques visés ? Quelle est la période à évaluer ? Quel est le périmètre géographique ou sectoriel visé ? Comment l'inventaire tiendra-t-il compte des sources des émissions ?

### Quels sont les gaz ou les polluants atmosphériques visés ?

Dans la première étape, il faut déterminer quels gaz et polluants seront pris en compte pour le niveau de référence des émissions. *Le Protocole mondial pour les inventaires d'émissions de gaz à effet de serre à l'échelle communautaire*<sup>16</sup>, reconnu mondialement pour l'établissement d'inventaires d'émissions, précise que les inventaires communautaires doivent inclure les émissions des sept gaz à effet de serre suivants :

- Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)
- Méthane (CH<sub>4</sub>)

- Oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O)
- Hydrofluorocarbures (HFC)
- Hydrocarbures perfluorés (PFC)
- Hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>)
- Trifluorure d'azote (NF<sub>3</sub>)

Ces sept GES sont présentés dans le Protocole de Kyoto<sup>17</sup>, et sont tous calculés et déclarés dans l'Inventaire officiel national canadien des GES. Il est impératif de comptabiliser toutes les émissions de ces gaz à l'intérieur du périmètre faisant l'objet de l'analyse. Les inventaires doivent aussi tenir compte des émissions qui se produisent à l'extérieur du périmètre si elles résultent directement d'activités ayant lieu à l'intérieur dudit périmètre. Dans la plupart des cas, les projections de référence sont axées soit sur les GES, soit sur les polluants atmosphériques. Pour une analyse exhaustive des bienfaits pour la santé associés à la mise en œuvre d'une infrastructure à faible intensité carbone, il est préférable d'inclure les polluants atmosphériques et les GES dans un inventaire de référence d'émissions<sup>18</sup>.

Le gouvernement du Canada a adopté des normes de qualité en matière d'air ambiant pour plusieurs polluants<sup>19</sup>. Certains polluants, communément appelés **principaux contaminants atmosphériques (PCA)**, seraient émis à la suite de la combustion de combustibles fossiles. Au nombre de ces substances, mentionnons :

- Oxydes de soufre
- Monoxyde de carbone
- Oxydes d'azote
- Composés organiques volatils
- Matières particulaires

D'autres PCA, comme l'ozone, sont formés à la suite d'interactions entre les polluants présents dans l'air ambiant. Il est conseillé d'inclure autant de polluants atmosphériques que possible dans un inventaire des émissions de référence. La présence de plusieurs polluants atmosphériques dans un tel inventaire permet aux intervenants de mieux sélectionner les polluants qui font l'objet de leur analyse. En d'autres termes, une analyse des effets sur la santé serait donc mieux adaptée au profil d'émissions d'un projet particulier ou d'une région particulière. Pour une discussion générale des polluants les plus pertinents à évaluer lors de l'examen des effets et des bienfaits des projets sur la santé, les intervenants peuvent se reporter au rapport de l'Institut pour l'intelliProsperité intitulé « Les cobénéfices pour la santé d'une croissance future propre »<sup>20</sup>. Comme l'influence de la pollution atmosphérique sur la santé est estimée d'après les changements dans la concentration globale des polluants dans l'air ambiant, le calcul des émissions de polluants atmosphériques au sein d'une collectivité n'est qu'une partie du processus requis pour évaluer les répercussions de la pollution atmosphérique sur la qualité de l'air et la santé humaine.

## Quelle est la période visée par l'évaluation?

L'étape suivante consiste à délimiter la période temporelle visée par un inventaire. Comme les repères représentent les niveaux d'émissions sur une période donnée, cette étape nous amène à déterminer si les émissions visées seront exprimées en données quotidiennes, mensuelles ou annuelles. La durée normale d'un inventaire correspond à une période continue de 12 mois.

Toutes les évaluations débutent par la détermination de l'année de référence. Il s'agit de l'année par rapport à laquelle les réductions d'émissions induites par une infrastructure à faible intensité carbone seront comparées. La définition d'un niveau de référence pour les émissions futures nécessite aussi la sélection d'une « année future » pour la projection d'un scénario MSQ dans le temps.

Il ne faut pas oublier que plusieurs variables fluctuent et peuvent influencer sur les projections d'un scénario MSQ et sur les inventaires d'émissions d'une année donnée. Voici une liste non exhaustive des variables qui influent sur la variabilité des émissions<sup>21</sup> d'une année à l'autre et dont il faut donc tenir compte :

- Taille de la population (croissance ou réduction prévue)
- Croissance économique prévue
- Production d'énergie et d'électricité
- Progrès technologiques prévus, comme l'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules personnels ou des modes de transports en commun.

## Quelles sont les limites sectorielles?

Après avoir cerné la période et l'année de référence, les intervenants doivent décomposer les émissions produites par l'activité économique en catégories de sources. Selon la documentation du système de modélisation Sparse Matrix Operator Kernel Emissions (SMOKE)<sup>22</sup>, les inventaires d'émissions sont divisés en plusieurs catégories de sources. L'annexe 1 énumère les potentielles catégories d'intérêt relatives aux sources d'inventaire, qui comprennent les sources stationnaires, les sources mobiles non routières, les sources mobiles routières, les sources ponctuelles, les sources de feux de forêt, de même que l'utilisation biogénique des terres (*biogenic land use*). Dans le cas où les intervenants chercheraient à examiner les incidences d'une infrastructure à faible intensité carbone pour une source particulière, ils doivent axer l'inventaire uniquement sur les émissions découlant de la catégorie de source en question. Pour une compréhension plus granulaire, ils peuvent ainsi désagréger les émissions.

## Comment l'inventaire permet-il de comptabiliser les émissions?

Les intervenants doivent décider d'un autre paramètre, à savoir le **champ d'application** de leurs inventaires d'émissions. La détermination des émissions qui entrent dans le champ d'application d'un inventaire des émissions de référence dépend de la méthode de comptabilisation des émissions utilisée. Il existe trois façons principales de catégoriser les émissions :

- **Émissions de Niveau 1 (Scope 1)** : Les émissions directement produites à l'intérieur du périmètre géographique visé. Il s'agit des émissions fondées sur la production.
- **Émissions de Niveau 2 (Scope 2)** : À l'intérieur de ce même périmètre géographique, les émissions qui résultent de l'utilisation ou de la consommation de produits ou de services, tels que l'énergie, le transport et le chauffage. Il s'agit des émissions fondées sur la consommation.
- **Émissions de Niveau 3 (Scope 3)** : Les émissions découlant des activités menées tout au long d'une chaîne de valeur ou d'une chaîne d'approvisionnement. Ces émissions peuvent être fondées sur la production ou sur la consommation, mais elles sont indirectes dans les deux cas.

La plupart des inventaires d'émissions tiennent compte des émissions de Niveau 1 et/ou de Niveau 2. Il est possible d'inclure tant les données fondées sur la production que celles fondées sur la consommation dans l'inventaire. Cependant, dans le cas où les émissions de la production et de la consommation seraient comptabilisées simultanément, il est impératif que les intervenants s'assurent qu'elles ne sont pas comptabilisées deux fois.

## Réaliser un inventaire qui reflète le profil des émissions de la collectivité

Une fois choisie la méthode de comptabilisation des émissions, un inventaire de référence peut être réalisé suivant l'une des deux méthodologies principales suivantes : la **méthode descendante** et la **méthode ascendante**<sup>23</sup>.

La **méthode descendante** tient compte des émissions produites et consommées dans chaque secteur. Elle utilise un coefficient d'émission afin de transformer les estimations de consommation ou production énergétique en estimations des émissions qui fournissent une vue d'ensemble des émissions par les différents secteurs d'une collectivité. La méthode descendante est utile quand il s'agit de cerner la façon dont

les changements dans les émissions influent sur des secteurs ou des régions entières. Cependant, les estimations d'un inventaire réalisées selon cette méthode ne montrent que les changements globaux des émissions dans un secteur ou dans la collectivité. Leur analyse se limite au niveau sectoriel ; elles ne donnent aucune indication précise sur les causes ou les sources des émissions, ce qui peut exclure des évaluations détaillées des sources des émissions au sein d'un secteur.

Au niveau le plus élémentaire, le recours à une méthodologie descendante pour la quantification des émissions de carbone dans l'élaboration d'un niveau de référence implique une formule simple qui permet de transformer le niveau d'activité, comme l'utilisation d'énergie ou la consommation de carburant, en estimations d'émissions :

$$\text{Estimation totale des émissions} = \text{données sur l'activité} \times \text{coefficient d'émission}$$

Les **données sur l'activité** font référence à la consommation totale d'un combustible ou d'une source d'énergie donnée au cours de la période de référence. Les **coefficients d'émission**, eux, servent à indiquer la quantité des émissions rejetées par chaque unité d'activité.

Les coefficients d'émission sont ensuite multipliés par les données sur l'activité afin de calculer le volume des émissions qui forment la totalité du niveau de référence. Les unités utilisées pour calculer les données sur l'activité et les coefficients d'émission diffèrent souvent. Il est donc important de veiller à les convertir en unités identiques lors du calcul (litres, kilomètres, kilowatt-heures, entre autres). Cet exercice est indispensable pour que la comparaison des GES et des polluants atmosphériques se fasse selon les mêmes unités et pour que les données sur l'activité soient exprimées dans la même unité que celle d'un coefficient d'émission donné. Des guides de conversion énergie/unité sont mis au point par les gouvernements et les organismes de réglementation afin de faciliter ce processus, notamment ces [tables de conversion d'unités d'énergie](#) de la Régie de l'énergie du Canada<sup>24</sup>. D'autres guides sont publiés en ligne pour soutenir l'analyse.

Après avoir converti les données sur les activités en une unité commune, les intervenants doivent déterminer les estimations de coefficients d'émissions à utiliser dans le calcul de leur niveau de référence. Si leur seul objectif est la comptabilité d'inventaire, le **coefficient d'émission moyen (CEF)** est le coefficient d'émission normalement utilisé. Le CEF mesure la quantité moyenne des émissions associées à une unité d'activité. C'est donc une estimation utile pour effectuer un inventaire des émissions. Le **coefficient d'émission du moyen de production marginal (CEM)**, quant à lui, est un coefficient servant à quantifier le changement dans les émissions découlant

d'un projet proposé. Il varie selon le type d'activité et le profil d'émissions d'une unité donnée. Le CEM est généralement employé lorsqu'il s'agit d'estimer les changements incrémentaux dans les émissions provenant de changements dans les projets ou les utilisations finales. Voici une manière simple de comprendre au mieux cette différence : le CEF présente les émissions globales au sein d'un secteur alors que le CEM sert à mettre en évidence les incidences d'un projet particulier sur le niveau des émissions. Il est donc important de ne pas oublier que le CEF et le CEM servent deux objectifs distincts : les CEF servent à donner une vue d'ensemble des émissions massives de chaque unité d'activité, tandis que le CEM sert à calculer les changements dans les émissions résultant de la mise en œuvre de projets particuliers.

Il existe plusieurs sources pour déterminer les coefficients d'émissions. L'annexe 2 présente une liste de bases de données et d'outils qui explicitent les coefficients d'émission provenant de sources canadiennes et d'autres sources internationales crédibles.

Lors du calcul des émissions totales, les sept GES devront être convertis en une mesure commune (**équivalence en dioxyde de carbone** ou CO<sub>2e</sub>). La valeur du CO<sub>2e</sub> de chaque gaz peut être calculée en multipliant le volume de chaque gaz par son **potentiel de réchauffement climatique (PRC)**. Le PRC correspond à l'incidence globale d'un gaz donné sur le réchauffement climatique par rapport à une tonne de dioxyde de carbone. Le recours aux estimations du PRC est une pratique courante qui permet aux intervenants d'illustrer le volume total des GES d'un secteur donné à l'aide d'une valeur unique. Les estimations du PRC généralement acceptées sont élaborées par des organisations internationales, puis sont compilées et continuellement mises à jour par des organisations internationales, comme le Protocole d'inventaire des GES<sup>25</sup>. Afin de calculer les émissions de polluants atmosphériques dans le cadre d'un inventaire des émissions repères, il est possible d'utiliser les coefficients d'émissions énumérés à l'annexe 2.

En revanche, la **méthode ascendante** pour la réalisation d'un inventaire des émissions permet de recueillir des données à partir de sources d'émissions précises. Les inventaires d'émissions réalisés selon la méthode ascendante sont créés par la collecte de données relatives aux émissions de chaque activité à partir du terrain au lieu de se pencher sur l'utilisation globale de l'énergie dans un secteur. Cela nécessite la collecte de données sur le nombre et le type de sources d'émissions et de polluants atmosphériques dans une municipalité. Les inventaires réalisés selon la méthode ascendante sont gourmands en données, mais comme ils fournissent des estimations plus précises en matière d'émissions dans le secteur visé, ils permettent une modélisation plus précises des scénarios. Le tableau 1 ci-dessous compare les deux méthodes.

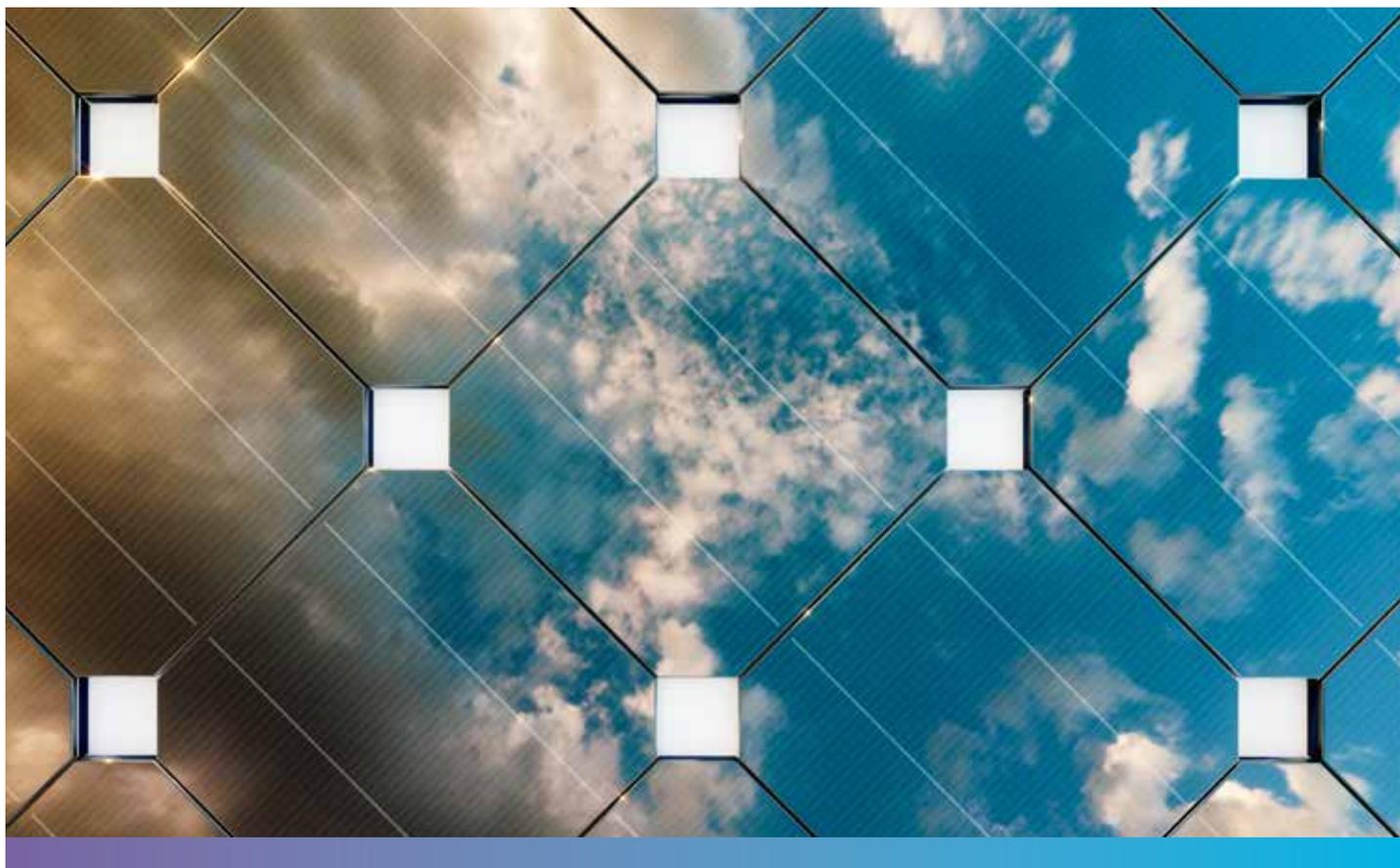
**Tableau 1 : Comparaison d'une méthode descendante et d'une méthode ascendante**

	Méthode descendante	Méthode ascendante
<b>Objet</b>	Développer des estimations des principaux polluants atmosphériques ou GES à l'échelle d'une collectivité.	Développer des inventaires sectoriels et calculer les estimations des émissions à la source.
<b>Forces</b>	Assure une vue d'ensemble des émissions dans une collectivité.	Garantit un profil nuancé et granulaire des émissions dans une collectivité.
<b>Faiblesses</b>	Absence d'aperçu sectoriel approfondi et risque accru d'incertitude lors du calcul de la moyenne des coefficients d'émission.	Très exigeante en données y compris en données désagrégées qui peuvent être coûteuses ou difficiles à recueillir.
<b>Exigences en données</b>	Données en rapport avec la production ou la consommation de services et de produits à l'échelle de la collectivité dans le secteur concerné, ainsi que données relatives à l'activité économique et aux niveaux de population.	Données sur les sources des émissions dans chaque secteur concerné, données sur l'activité et, pour chaque source, données de surveillance des émissions.

Dans le cas où les intervenants souhaiteraient réaliser un inventaire selon la méthode ascendante, ils devraient cerner les sources d'émissions de projets ou d'installations particuliers dans le cadre de l'inventaire global des émissions de référence. Certes, les exigences en matière de données diffèrent selon la méthode choisie lors de la réalisation de tout inventaire, mais la collecte de données est toujours essentielle et doit être envisagée avant l'inventaire, indépendamment de la méthode choisie.

Après la réalisation de l'inventaire des émissions, les intervenants sont en mesure de prévoir les émissions futures. À ce point-ci du processus, les collectivités sont en mesure de prévoir les émissions futures selon le scénario du MSQ, qui serviront à évaluer le potentiel de réduction des projets. Les intervenants peuvent aussi avoir recours aux projections pour analyser la qualité de l'air et suivre les progrès assurés par la mise en œuvre de nouvelles infrastructures.

L'annexe 3 présente plusieurs outils et ressources que les intervenants peuvent utiliser pour calculer, gérer, projeter et déclarer les émissions. Les intervenants qui souhaitent réaliser un inventaire des émissions de GES peuvent suivre le guide étape par étape des [Partenaires dans la protection du climat](#)<sup>26</sup>.



## ÉTAPE 2 : CERNER LE PROJET D'INFRASTRUCTURE À FAIBLE INTENSITÉ CARBONE ET CALCULER LES RÉDUCTIONS D'ÉMISSIONS PRÉVUES

La première étape de ce processus consiste à établir le niveau de référence des émissions dans une collectivité, qui comprend à la fois les GES et les polluants atmosphériques. La deuxième étape consiste à quantifier le potentiel de réduction des émissions découlant d'un projet donné. Cette section met en exergue les processus suivis pour l'estimation des effets d'un projet sur les niveaux des émissions à l'intérieur du périmètre géographique sélectionné. Le calcul s'effectue en examinant l'activité déplacée par un projet donné. Ce changement est ensuite comparé au scénario du MSQ. Une telle comparaison permet d'évaluer l'effet d'un projet donné sur les émissions globales de GES et de pollution atmosphérique au sein de la collectivité.

Les réductions d'émissions associées à chaque type de projet présenté dans le présent rapport (projets d'efficacité énergétique et d'énergie renouvelable) résultent de l'évitement de la production d'électricité. Elles peuvent aussi résulter de l'évitement de la consommation d'autres combustibles qui sont utilisés pour chauffer les maisons et les bâtiments, comme le gaz naturel. Le présent rapport s'intéresse ainsi au calcul des effets des émissions découlant de la production d'électricité évitée, mais un processus semblable peut aussi servir à mesurer les émissions évitées de ces autres sources d'énergie. Pour calculer les effets sur les émissions, il faut multiplier la production d'électricité évitée par le CEM relatif au réseau électrique utilisé dans une région donnée<sup>27</sup> :

Réductions totales d'émissions = production d'électricité évitée × coefficient d'émission du moyen de production marginal

Cette formule permet de quantifier les effets sur les émissions d'un projet d'efficacité énergétique ou d'énergie renouvelable. Cependant, plusieurs facteurs peuvent être pris en compte pour améliorer la précision et la complexité de l'analyse de ces effets<sup>28</sup>. Selon que les intervenants peuvent intégrer – ou pas – ces facteurs dans leur analyse, différentes approches pour quantifier les réductions d'émissions seraient souhaitables. Ces facteurs, explorés ici en fonction de leur influence sur les émissions d'une gamme de projets d'infrastructures à faible intensité carbone, comprennent :

- **La comptabilisation de l'intensité carbone de l'énergie déplacée**, qui implique le calcul du profil de charge de l'électricité qui est produite et distribuée à un moment donné. De cette façon, il est possible de cerner la source de l'électricité déplacée et d'estimer plus précisément l'effet des émissions d'un actif énergétique donné. Selon le niveau de complexité, il peut aussi tenir compte des importations ou exportations d'électricité sur le réseau électrique à partir d'autres juridictions.
- **La variabilité du profil de production d'un actif énergétique**, qui peut influencer sur le moment où l'électricité est produite et sur la quantité produite. Il s'agit d'un facteur particulier pour les projets d'énergie renouvelable. Cette variabilité est un facteur supplémentaire qui complique davantage la comptabilisation des émissions de carbone déplacées par un projet. Pour tenir compte des variations quotidiennes, il faut établir un « profil de charge » associé à un actif énergétique. Ce « profil de charge » détermine, en moyenne, le nombre de fois par jour où cet actif produit de l'électricité dans une région donnée et tient compte de l'intensité des émissions de l'énergie déplacée. Ce profil peut être comparé à l'intensité moyenne quotidienne des émissions de l'ensemble du réseau. Il fournit également des renseignements sur les éléments déplacés par l'électricité produite à des moments particuliers.
- **La demande saisonnière et les facteurs de rendement**, qui influent fortement sur l'utilisation globale de l'énergie et, en l'occurrence, sur les émissions déplacées par un projet donné. La demande énergétique moyenne augmente en hiver au Canada. En tenant compte des effets de la demande et du rendement saisonniers sur les émissions globales, il est possible d'avoir une vue d'ensemble annuelle plus claire des émissions totales déplacées. Tout comme on le fait pour la variation quotidienne ou horaire, une technique qui peut servir pour calculer ces chiffres consiste à définir le

rendement moyen par saison et prendre en considération le déplacement des émissions en fonction des saisons.

- **Les profils d'utilisation**, qui ont une incidence importante sur les niveaux d'émissions globaux. Plus une infrastructure à faible intensité carbonique est utilisée, plus elle a le potentiel de déplacer des émissions. Le profil d'utilisation d'un actif influe sur les émissions. Dans certains cas, pour en tenir compte, il faut prendre en considération la variabilité du profil de production d'un actif. Dans d'autres cas, il faut considérer le fait que l'énergie potentiellement économisée grâce à une meilleure efficacité énergétique peut être réduite par une augmentation de la consommation d'énergie, qui compense partiellement ces économies, un phénomène connu sous le nom d'effet rebond<sup>29</sup>. La prise en compte de ces profils d'utilisation permettrait aux intervenants de mieux comprendre le potentiel de réduction des émissions d'un projet dans une région donnée.
- **Les répercussions des prix des combustibles sur la consommation énergétique globale**, qui sont une variable essentielle dans l'évaluation des incidences sur les émissions d'une solution donnée. Si les prix de l'énergie (à savoir l'électricité ou le gaz naturel) sont faibles, les augmentations potentielles de la demande globale d'énergie neutraliseront les avantages réalisés grâce à la réduction des émissions par un projet donné. Le taux d'utilisation global d'un projet d'infrastructure à faible intensité carbone donné peut ainsi être temporairement réduit, selon la structure du marché de l'électricité dans la province. Une analyse de sensibilité qui prend en compte les changements aux prix de l'énergie permet de s'assurer que ces changements sont représentés dans un calcul de réduction des émissions.

Plusieurs modèles et techniques qui intègrent directement ces caractéristiques sont proposés. Ils nécessitent souvent un niveau d'expertise technique intermédiaire ou avancé. Pour ce qui est des projets d'infrastructures à faible intensité carbone qui dépassent les contours des mesures d'efficacité énergétique et des énergies renouvelables, de nombreux facteurs, énumérés ci-dessus, sont applicables.

Le présent rapport énumère et présente brièvement trois méthodes de quantification des émissions<sup>30</sup>, mises en avant selon un ordre de complexité croissante.

- **Adoption d'un coefficient d'émission du moyen de production marginal (CEM) préexistant** : Cette démarche suppose, comme nous l'avons explicité à l'étape 1, la multiplication de la quantité de production d'énergie déplacée au sein du programme à faible intensité carbonique (à savoir les données sur l'activité) par le coefficient représentant le taux d'émission de l'unité de production électrique (c'est-à-dire le CEM). Elle est

utile aux intervenants qui souhaitent déterminer l'ampleur relative des réductions d'émissions de GES et de polluants atmosphériques attribuables à un projet donné d'infrastructure à faible intensité carbone.

- **Installation modèle :** Cette méthode consiste à choisir une installation de production d'électricité comme modèle – ou comme substitut - pour illustrer les émissions d'une autre installation qui aurait été construite en l'absence des réductions de la demande d'énergie induites par la mise en œuvre de projets d'infrastructures à faible intensité carbone. Cette méthode n'est conseillée que si d'autres méthodes plus élémentaires ne sont pas faisables, vu que la méthode des installations modèles peut déformer l'analyse et introduire des incertitudes majeures dans les mesures et les estimations.
- **Analyse des facteurs de charge :** Cette méthode emploie une courbe de déplacement, une technique qui modélise le cadre spatiotemporel de la production

de l'électricité à partir d'un actif de manière à mieux estimer le taux d'émissions d'un projet et de calculer son potentiel de réduction des émissions. Cette méthode permet de créer un coefficient d'émission du moyen de production marginal (CEM) personnalisé, qui reflète au mieux les caractéristiques d'exploitation d'une ressource particulière. Elle permet de déterminer la probabilité de déplacement d'une unité de production électrique à la suite de la mise en œuvre d'une infrastructure à faible intensité carbone. Elle nécessite des données historiques sur les taux de production et d'émissions.

Le tableau 2 résume les principales exigences et caractéristiques des méthodes ci-dessus afin de calculer les réductions d'émissions dans un éventail de projets d'infrastructures à faible intensité carbone. Bien que le tableau concerne surtout les méthodes de calcul des effets des projets d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables sur les émissions, ces techniques peuvent être utilisées dans une large gamme d'autres applications d'électrification, comme le chauffage domestique et le transport.

**Tableau 2 : Caractéristiques et exigences des différentes méthodes de calcul des réductions d'émissions**

	Méthode d'adoption des CEM préexistants	Méthode de l'installation modèle	Méthode d'analyse des facteurs de charge
<b>Capacité analytique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcule les estimations de base des avantages tirés des projets d'efficacité énergétique ou d'énergie renouvelable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifie les unités de production électrique qui sont à la marge et évalue les émissions saisonnières ou annuelles évitées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcule les réductions d'émissions horaires</li> <li>• Évalue la réduction des émissions pendant les périodes de pointe de demande d'électricité</li> </ul>
<b>Hypothèses principales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suppose l'absence de variabilité dans le fonctionnement des unités de production électrique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suppose l'absence de variabilité dans le fonctionnement et les caractéristiques des unités de production électrique</li> <li>• Ne représente qu'un seul type d'unité qui est toujours à la marge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suppose qu'aucune électricité n'est importée</li> <li>• Ne tient pas compte des contraintes locales relatives au transport ou à la distribution d'électricité</li> </ul>
<b>Exigences en données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incidences énergétiques annuelles ou saisonnières (mégawatt-heure)</li> <li>• Taux d'émission hors charge de base</li> <li>• Taux d'émission par technologies groupées</li> <li>• Taux d'émission relatifs à une technologie en particulier</li> <li>• Calculs simples</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incidences énergétiques annuelles ou saisonnières (mégawatt-heure)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incidences énergétiques horaires (mégawatts et/ou mégawatt-heure)</li> </ul>
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nécessite moins de données que l'analyse des facteurs de charge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nécessite le moins de données</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tient compte des caractéristiques relatives aux ressources de production</li> </ul>

## Lacunes

- Les économies d'énergie fluctuent avec le temps. Par conséquent, cette méthode pourrait déformer les estimations des avantages réels en matière d'émissions
- Ne tient pas compte des changements potentiels découlant des nouvelles réglementations et des améliorations technologiques
- Ignore le transfert d'énergie entre les régions
- Insensible à la maintenance ou aux pannes
- Insensible aux processus de répartition
- Nécessite plus de ressources que la méthode de l'installation substitutive

## Outils

AVERT

eGRID

La liste des ressources comprenant les CEM se trouve dans le tableau 1\*.

S.O.

eGRID

\* Il est conseillé que les intervenants aient recours aux CEM relatifs à une région en particulier, le cas échéant.

Pour obtenir des renseignements supplémentaires ou des précisions concernant l'application de ces méthodes, il est conseillé de consulter des guides spécialisés, notamment le protocole [Quantifying the Emissions and Health Benefits of Energy Efficiency and Renewable Energy](#)<sup>31</sup> de l'Environmental Protection Agency et le guide [Energy Efficiency Program Impact Evaluation](#)<sup>32</sup> du State and Local Energy Efficiency Action Network. Ces deux ressources ont été toutes deux mises au point aux États-Unis, mais offrent tout de même un aperçu des méthodes de quantification des GES, de la modélisation de la qualité de l'air et de l'évaluation des effets sur la santé qui peuvent trouver écho au Canada. Les intervenants doivent choisir les techniques et outils qui offrent la profondeur d'analyse dont ils ont besoin, puis déterminer lesquels des facteurs énumérés ci-dessus sont visés par le champ d'application de manière à assurer la granularité de leurs estimations.

Une fois que les changements dans les niveaux d'émissions ont été calculés, déterminer la réduction des émissions prévue grâce à la mise en œuvre de projets d'infrastructures à faible intensité carbone nécessite la comparaison du scénario du projet avec le scénario MSQ. De la sorte, les effets du projet sur les émissions correspondent à la différence entre les émissions de l'inventaire de référence et les émissions du scénario du projet :

**Effet des émissions du projet = émissions du scénario MSQ - émissions du scénario du projet**

Selon cette approche, il faut comparer le potentiel de réduction des émissions d'un projet à l'inventaire des émissions de référence et à la projection des émissions du scénario MSQ. Une fois cette étape franchie, les intervenants auront identifié deux scénarios : un scénario d'émissions MSQ, et un autre scénario dans lequel un projet d'infrastructure à faible intensité carbone est installé. Il est alors possible de déterminer les effets de réduction d'émissions découlant d'un projet qui se répercutent sur les changements de la qualité de l'air.



## ÉTAPE 3 : ÉVALUER LES CHANGEMENTS DANS LA QUALITÉ DE L'AIR RÉSULTANT DES RÉDUCTIONS D'ÉMISSIONS AU SEIN DE LA

La mise en œuvre et l'utilisation d'infrastructures à faible intensité carbone entraîneraient une réduction de la pollution atmosphérique et une amélioration de la qualité de l'air<sup>33</sup>. La pollution atmosphérique présente un lien de causalité avec la mortalité et la morbidité, notamment les maladies respiratoires et cardiovasculaires et la mortalité prématurée. Le présent rapport donne un aperçu du calcul des effets des émissions d'un projet particulier (se reporter aux étapes 1 et 2). La troisième étape de ce processus consiste à opérer une transition des évaluations des émissions aux évaluations de la qualité de l'air. Pour évaluer les effets de la pollution de l'air sur la santé, il faut évaluer l'incidence des changements aux émissions sur la qualité de l'air ambiant dans un périmètre géographique donné.

Les intervenants cherchant à estimer les changements dans la qualité de l'air à partir des réductions d'émissions découlant d'un projet doivent tenir compte de certaines considérations importantes. Cette étape permet d'identifier et d'explicitier, en

termes généraux, les méthodologies d'évaluation des effets d'un scénario MSQ et d'un scénario de projet sur la qualité de l'air. La différence entre les deux servira à évaluer le changement dans la qualité de l'air induit par un projet d'infrastructure à faible intensité carbone.

Une explication approfondie des étapes nécessaires à la réalisation d'une évaluation de la qualité de l'air qui se conforme aux exigences réglementaires en matière de qualité de l'air au Canada dépasse le cadre du présent rapport. Nous examinerons plutôt les facteurs importants dont les intervenants doivent prendre conscience pour réaliser une évaluation de la qualité de l'air.

Il existe trois étapes de base pour calculer l'incidence sur la qualité de l'air des changements des émissions dans une région particulière :

1. Cerner les polluants visés par cette analyse.
2. Choisir la méthode convenable pour la modélisation des scénarios.
3. Établir des prévisions pour le scénario MSQ et le scénario de réalisation du projet, et les comparer.

## Identifier les polluants visés par cette analyse.

Les activités associées au projet peuvent modifier les concentrations de pollution atmosphérique d'un lieu précis. La sélection des polluants atmosphériques qui feront l'objet de la modélisation dépendra des émissions résultant d'un projet particulier.

Pour évaluer les changements dans la qualité de l'air, il est important de déterminer les polluants qui feront l'objet de la modélisation. Il est nécessaire que les polluants pris en compte reflètent les émissions particulières au projet. Les intervenants ne doivent toutefois pas oublier que les évaluations de la qualité de l'air sont déjà effectuées par les gouvernements canadiens selon un ensemble déterminé de polluants. Au Canada, le Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) a mis au point les [Normes canadiennes de qualité de l'air ambiant \(NCQAA\)](#) qui précisent les normes de qualité de l'air par rapport auxquelles il faut évaluer les concentrations ambiantes de polluants atmosphériques. Les NCQAA peuvent être utilisées simultanément avec la [Cote air santé \(CAS\)](#), un outil de communication des risques, qui offre aux intervenants un résumé des prévisions les plus récentes en matière de la qualité de l'air de plusieurs villes canadiennes. Les NCQAA mesurent la qualité de l'air en examinant les concentrations des quatre polluants suivants :

- Ozone (O<sub>3</sub>) troposphérique;
- Matières particulaires (PM<sub>2,5</sub>);
- Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>);
- Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>).

D'autres facteurs doivent aussi être pris en considération : le choix des polluants initialement inclus dans le niveau de référence d'un projet et l'existence d'autres polluants atmosphériques que les intervenants souhaiteraient examiner. Pour décider de l'inclusion d'autres **contaminants potentiellement préoccupants**, les intervenants peuvent consulter des rapports d'évaluation des impacts environnementaux ou d'évaluation des risques, l'[Inventaire national des rejets de polluants du Canada \(quand il s'agit de sources ponctuelles\)](#), et l'[Inventaire des émissions de polluants atmosphériques](#) afin de cerner les émissions et les polluants atmosphériques induits pas des activités spécifiques au projet.

Lors de la sélection des polluants, il faut considérer que plusieurs polluants sont directement émis par une source (polluants primaires) tandis que d'autres sont formés par des réactions chimiques complexes de **précurseurs gazeux** dans l'atmosphère (polluants secondaires). Il est important de cerner les polluants primaires ou précurseurs gazeux qui feront partie de l'analyse, et ce, afin de mieux comprendre l'effet des niveaux d'émissions sur les changements dans la qualité de l'air. De plus, toute évaluation des changements dans la qualité de l'air doit tenir compte de la transformation chimique des polluants primaires/précurseurs en polluants secondaires. Cette caractéristique est intégrée à la plupart des modèles de qualité de l'air couramment utilisés et mentionnés dans le présent rapport.

Les évaluations de la qualité de l'air consistent à tenir compte de plusieurs facteurs qui sont susceptibles de compliquer la modélisation de la qualité de l'air ambiant et de refléter les changements au niveau local. Au nombre de ces facteurs, mentionnons<sup>34</sup> :

- **Caractéristiques du projet** : Un projet peut avoir une incidence sur les émissions de polluants atmosphériques tout au long de son cycle de vie. Il est possible d'estimer l'effet des émissions à chaque phase d'un projet, du développement et la mise en œuvre jusqu'au déclassement et l'abandon. Fixer la période d'évaluation de la contribution du projet à la pollution atmosphérique variera selon que le cycle de vie complet du projet est évalué ou pas. En outre, le profil d'utilisation d'un projet donné aura une incidence sur ses contributions. La contribution d'un projet donné à la qualité globale de l'air peut donc varier, selon les mesures utilisées.
- **Périmètre géographique** : Un facteur important dans tout modèle ou calcul de la qualité de l'air est la portée spatiale. En effet, la définition du périmètre géographique de l'analyse variera en fonction de la région en question. L'effet sur la qualité de l'air d'un projet quelconque peut être ressenti dans des régions, petites et grandes, selon les polluants atmosphériques émis. De plus, la pollution atmosphérique se déplace et certains polluants sont transformés en polluants secondaires. De la sorte, la définition du périmètre géographique influence la portée d'une analyse. Il faut noter un autre facteur important, à savoir la distance par rapport à la source des émissions. Ce facteur doit être pris en compte en raison de la dispersion géographique des polluants.
- **Les conditions météorologiques et topographiques** : Tout comme le périmètre géographique, la forme topographique du paysage et les conditions météorologiques influent sur la dispersion des polluants, leur transformation potentielle en polluants secondaires et l'endroit de leur déposition finale (processus appelé « sédimentation »).

- **La durée d'exposition à un polluant donné :** La durée de l'exposition aux polluants atmosphériques, généralement classée en expositions aiguës (à court terme) ou chroniques (à long terme), doit être considérée avec beaucoup de soin. Bien que les relations entre l'exposition à la pollution atmosphérique et les résultats en matière de santé soient complexes et que l'exposition ne soit qu'un facteur parmi tant d'autres pouvant contribuer à l'apparition de maladies, l'exposition aiguë à certains polluants peut avoir des méfaits pour la santé humaine, tandis que d'autres polluants (ou combinaison de polluants) ne peuvent avoir des méfaits pour la santé qu'après une exposition chronique. D'autres polluants, comme l'ozone et les matières particulaires, sont des substances sans seuil, c.-à-d. qu'ils se répercutent sur la santé humaine, quelque soit le niveau d'exposition.

**Les méthodes de contrôle à forme réduite ont recours à un ensemble d'outils et de stratégies simplifiés qui se basent sur les résultats de modèles complexes et en simplifient les hypothèses. Cet ensemble donne un aperçu des relations entre les polluants dans une région donnée et les changements ultérieurs de la qualité de l'air sur la base de ces hypothèses simplifiées.**

Compte tenu de l'ampleur des facteurs à envisager dans une évaluation, il est important de sélectionner, après détermination des polluants, un outil de modélisation de la qualité de l'air qui reflète ces facteurs et lève les contraintes en données et en ressources.

## Choisir la méthode convenable pour la modélisation des scénarios

Le scénario de projet décrit les niveaux d'émissions prévus dans un scénario où le projet sera entièrement mis en œuvre. L'élaboration d'un scénario de projet permet ainsi d'évaluer la contribution d'un projet particulier à la concentration de polluants dans l'air ambiant, en comparaison avec un scénario MSQ. L'incidence d'une infrastructure particulière à faible intensité carbonique sur la qualité de l'air correspondrait à la différence en concentrations de pollution entre le scénario de référence et le scénario de projet.

Dans le cas des scénarios MSQ, les concentrations de polluants atmosphériques dans l'air ambiant sont habituellement comptabilisées et déclarées sous forme de concentrations (microgrammes par mètre cube ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ou en parties par milliard (ppb). En effet, les niveaux de concentration des polluants dans l'air sont essentiels à l'évaluation de la qualité de l'air.

Quelques types de modèles de qualité de l'air disponibles pour les intervenants canadiens figurent ci-dessous. Chacun de ces modèles fournit divers niveaux de détails dans sa représentation des changements dans la qualité de l'air qui se produisent dans chaque scénario d'émissions :

- **Modèles de dispersion :** Ces modèles sont idéals pour prédire la dispersion des émissions atmosphériques et son effet sur la concentration des polluants dans l'air ambiant. Bien qu'ils modélisent convenablement les polluants émis directement par la source, ces modèles ne sont pas assez sophistiqués pour analyser les réactions chimiques atmosphériques occasionnant des polluants secondaires<sup>35</sup>.
- **Modèles photochimiques :** Ces modèles nécessitent des simulations complexes qui saisissent à la fois les concentrations de polluants troposphériques primaires et les réactions atmosphériques qui produisent des polluants secondaires, comme l'ozone et les particules  $\text{PM}_{2,5}$  secondaires. Les modèles photochimiques illustrent la formation de la pollution atmosphérique, son accumulation et sa dispersion, et ce, en caractérisant les processus physiques et chimiques dans l'atmosphère<sup>36</sup>. Des renseignements supplémentaires sur les différents types de modèles photochimiques sont accessibles [ici](#).
- **Modèles de récepteurs :** Ces modèles permettent d'estimer les contributions des sources aux concentrations de polluants atmosphériques. Il existe deux types fondamentaux de modèles de récepteurs : 1) Le bilan des quantités de produits chimiques (*Chemical Mass Balance*), utilisé principalement pour quantifier la contribution des émissions primaires à la source<sup>37</sup> lorsque le profil détaillé de la source est disponible<sup>38</sup>; 2) la factorisation matricielle positive<sup>39</sup> (*Positive Matrix Factorization*), qui permet d'évaluer la contribution de sources particulières à la pollution atmosphérique, sans qu'il y ait d'informations préalables relatives aux sources<sup>40</sup>. Des renseignements supplémentaires sur les différents types de modèles de récepteurs sont accessibles [ici](#).

Chaque type de modèles nécessite un niveau de données différent afin de tenir compte des divers facteurs qui influent sur la qualité de l'air. Lors du choix d'un modèle, il est essentiel de déterminer la disponibilité des données et des ressources.

Les intervenants qui souhaitent utiliser l'un des modèles ci-dessus pour analyser les changements de la qualité de l'air au Canada ont accès à un guide, élaboré par le gouvernement du Canada, qui fournit des renseignements supplémentaires en matière de modélisation des scénarios. Les intervenants sont invités à consulter le guide de Santé Canada intitulé, [Conseils pour l'évaluation des impacts sur la santé humaine dans le cadre des évaluations environnementales : Qualité de l'air](#). L'un des outils dont disposent les décideurs canadiens est le [Community Multiscale Air Quality Modelling System \(CMAQ\)](#) mis au point par l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis. Il s'agit d'un type de modèle photochimique qui, certes, nécessite beaucoup de ressources, mais donne une représentation exhaustive des processus atmosphériques. Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) a également mis au point le Système régional unifié de modélisation de la qualité de l'air (AURAMS)<sup>41</sup>. Tout comme le CMAQ de l'EPA, l'AURAMS fournit des estimations et des projections en matière de concentrations des polluants atmosphériques primaires et secondaires, permettant d'évaluer les effets des réductions d'émissions sur la qualité de l'air<sup>42</sup>. L'ECCC utilise actuellement un modèle avancé de transport chimique et de météorologie pour toutes ses modélisations de qualité de l'air. Il est connu sous le nom de Modèle global environnemental multi-échelle — modélisation de la qualité de l'air et de la chimie (GEM-MACH)<sup>43</sup>

Sur les quatre modèles susmentionnés, qui sont utilisés pour effectuer des évaluations au Canada, le CMAQ est le seul que le public peut télécharger et utiliser. Les données du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique ont été utilisées pour évaluer les changements antérieurs dans la qualité de l'air<sup>44</sup>. AURAMS ne peut pas être téléchargé pour utilisation directe par les intervenants au Canada, mais ces derniers peuvent contacter Environnement et Changement climatique Canada pour demander de l'aide à réaliser une évaluation. GEM-MACH n'est pas accessible au public.

## Solutions simplifiées utilisées dans d'autres pays

La modélisation des changements de la qualité de l'air induite par les réductions d'émissions est une tâche complexe. Elle nécessite une foule de considérations, comme celles décrites ci-dessus. L'EPA aux É.-U. a mis en place des solutions de rechange, connues sous le nom de méthodes de **contrôle à forme réduite** (*Reduced Form Screening*), qui accélèrent l'évaluation des effets d'un projet particulier sur la qualité de l'air. Ces méthodes sont surtout utiles lorsque le temps et les ressources disponibles sont limités. Les méthodes de contrôle à

forme réduite ont recours à un ensemble d'outils et de stratégies simplifiés qui se basent sur les résultats de modèles complexes et en simplifient les hypothèses. Cet ensemble donne un aperçu des relations entre les polluants dans une région donnée et les changements ultérieurs de la qualité de l'air sur la base de ces hypothèses simplifiées. La liste non exhaustive suivante fait état des outils et techniques de contrôle à forme réduite couramment utilisés :

- **Matrice source-récepteur (matrice S-R) (Source-Receptor Matrix)** : Cette technique explicite différentes relations source-récepteur. Ces relations permettent de relier les variations des émissions d'un polluant donné aux variations des niveaux de concentration dans la qualité de l'air, traduisant les changements des émissions en changements des concentrations de polluants atmosphériques. Cette technique est habituellement employée lorsque la réalisation d'une analyse plus détaillée nécessite une pléthore de ressources. Une matrice S-R couramment utilisée se trouve dans le modèle des [Co-Benefits Risk Assessment Health Impacts \(COBRA\)](#) de l'EPA, qui simule la relation entre les émissions et les polluants de l'air ambiant.
- **Modélisation des surfaces de réponse (MSR) (Response Surface Modeling)** : Appelée aussi méta-modélisation de la qualité de l'air, cette technique simule la relation entre un polluant particulier et les réductions d'émissions sur une période donnée<sup>45</sup>. Les techniques MSR simplifient l'estimation de l'effet d'un changement prévu des émissions sur la qualité globale de l'air dans une région. Ces techniques utilisent des multiplicateurs pour illustrer les changements de la pollution atmosphérique. En d'autres termes, un changement de X % du polluant 1 entraîne un changement de Y % du polluant 2. Par exemple, si une réduction de 10 % d'un polluant précurseur (émissions) entraîne une réduction de 5 % de la concentration d'un polluant particulier, on s'attend qu'une réduction de 20 % du même polluant précurseur réduise la concentration ambiante de l'autre polluant de 10 %.

Plusieurs outils et techniques de contrôle sous forme réduite qui évaluent aussi les effets sur la santé figurent dans la liste non exhaustive de l'annexe 4. Bien que ces techniques soient crédibles et couramment utilisées à l'échelle mondiale, aucun modèle de qualité de l'air à forme réduite comparable aux outils américains susmentionnés n'a été élaboré au Canada. Chaque outil décrit ci-dessus est accompagné de guides d'application et d'outils de formation, accessibles sur le site Web de l'EPA aux États-Unis.



## ÉTAPE 4 : DÉTERMINER LES BIENFAITS POUR LA SANTÉ RÉSULTANT DES AMÉLIORATIONS DANS LA QUALITÉ DE L'AIR

Après l'établissement des changements dans la qualité de l'air résultant d'un projet, il faut finalement cerner les effets sur la santé découlant de ce changement et calculer la valeur économique des cobénéfices pour la santé associés aux réductions d'émissions.

### Comment les bienfaits pour la santé sont-ils mesurés?

Il existe plusieurs façons de considérer les bienfaits pour la santé induits par la réduction de la pollution atmosphérique. Les résultats, ou seuils, en matière de santé sont généralement représentés comme des effets aigus (effets à court terme qui se produisent à la suite de l'exposition à un polluant) ou des effets chroniques (répercussions à long terme qui se développent lentement). Chaque changement relatif au seuil de santé est

calculé à l'aide d'une **fonction concentration-réponse**<sup>46</sup>.

Une fonction concentration-réponse est une estimation statistiquement dérivée qui quantifie l'incidence d'un polluant sur un état de santé particulier<sup>47</sup>. Elle représente la relation entre l'exposition à un polluant donné et les méfaits de cette exposition sur la santé d'une population donnée<sup>48</sup>. La valeur de cette fonction souligne l'incidence d'une exposition à la pollution de l'air ambiant sur la santé d'un groupe de personnes.

Après avoir calculé les changements sur les états de santé, une valeur monétaire ou économique est attribuée à chaque changement. Ces valeurs sont calculées en fonction de trois facteurs : d'abord, les études épidémiologiques qui déterminent les coûts économiques associés à une maladie ou à un seuil de santé négatif; ensuite, les valeurs sociales accordées par les gens aux biens non monétaires, comme la réduction du risque de douleur, de souffrance et de mortalité de même que la perte de productivité<sup>49</sup>. Une fois calculées, des valeurs sont attribuées

à des résultats tels que les visites aux urgences respiratoires et cardiaques, la mortalité due aux maladies respiratoires, les jours caractérisés par des symptômes respiratoires aigus et d'asthme, les jours d'activité restreinte mineure, les hospitalisations dues à des troubles respiratoires, les décès prématurés évités, etc.<sup>50</sup>.

Aux États-Unis, dans l'Union européenne et au Canada, une approche est couramment utilisée pour mesurer l'incidence de l'exposition aux polluants atmosphériques sur la santé humaine, il s'agit de la **méthode fondée sur l'évaluation des dommages**<sup>51</sup>. L'utilisation complète de cette méthode nécessite une analyse semblable à la séquence présentée dans le présent rapport :

1. Les émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques sont calculées dans une zone précise ;
2. Ces valeurs sont introduites dans un modèle de pollution atmosphérique afin d'estimer les concentrations de polluants atmosphériques dans une région donnée ;
3. Les fonctions concentration-réponse sont appliquées aux prévisions relatives aux effets des changements de la pollution atmosphérique sur les états de santé. Il peut s'agir de changements dans la mortalité, les maladies, les absences au travail et à l'école, ou les jours où une activité restreinte est conseillée. Les fonctions de concentration-réponse sont appliquées aux estimations de la population, au niveau de référence des états de santé et à la zone géographique du champ d'application de l'évaluation afin de vérifier les effets sur les différents groupes ;
4. Des valeurs monétaires ou économiques sont attribuées à ces différents effets pour estimer le coût global de leur action ou de leur inaction.

Le recours à la méthode fondée sur l'évaluation des dommages est pertinent lorsque les intervenants souhaitent évaluer la relation complexe entre les changements dans la qualité de l'air et la santé. Cette méthode est plus précise que les méthodes de base. Le calcul des bienfaits pour la santé suppose une modélisation complexe qui nécessite l'utilisation de logiciels ou d'ordinateurs spécialisés. Ces modèles ont recours à une approche sophistiquée de la fonction de dommage, et ce, pour mesurer la totalité des bienfaits pour la santé humaine. Ces bienfaits résultent d'une modification des émissions et de l'amélioration ultérieure de la qualité de l'air qui permettent la réduction des méfaits pour la santé. Chaque état de santé utilise une fonction concentration-réponse qui lui est propre afin de déterminer les effets des changements dans un polluant particulier sur une population. La méthode fondée sur l'évaluation des dommages prend en compte les quatre facteurs suivants :

- **Les changements de concentration des polluants**, qui permettent de calculer le changement des concentrations de polluants atmosphériques dans l'air ambiant induit par une réduction des émissions de gaz à effet de serre/polluants atmosphériques.
- **Les fonctions concentration-réponse**.
- **La population exposée**, qui représente le nombre de personnes touchées par un polluant atmosphérique dans une région donnée. La pollution de l'air influe différemment sur chaque membre d'une population. Par conséquent, les intervenants qui cherchent à mieux comprendre les effets des changements de la qualité de l'air dans leur communauté peuvent les mesurer selon plusieurs critères. Bien qu'il soit possible d'évaluer ces effets en fonction des tranches d'âge, du sexe, des communautés minoritaires et des niveaux de revenus, toute analyse de ces caractéristiques exige que des données soient disponibles pour chacune d'entre elles et que les analyses de ces facteurs soient disponibles en tant que caractéristique d'un modèle donné.
- **Les taux de référence en matière de santé**, qui sont une estimation du nombre moyen de personnes dont la santé est touchée dans une population donnée sur une période donnée. Ils sont inclus pour évaluer les façons dont les changements aux polluants atmosphériques dans l'air ambiant induits par un projet donné se traduisent par des changements à ce taux de référence. Les taux de référence en matière de santé doivent aussi tenir compte des maladies répandues dans un sous-ensemble de la population, comme l'asthme, puisqu'elles ne toucheront qu'un pourcentage réduit de la population globale.

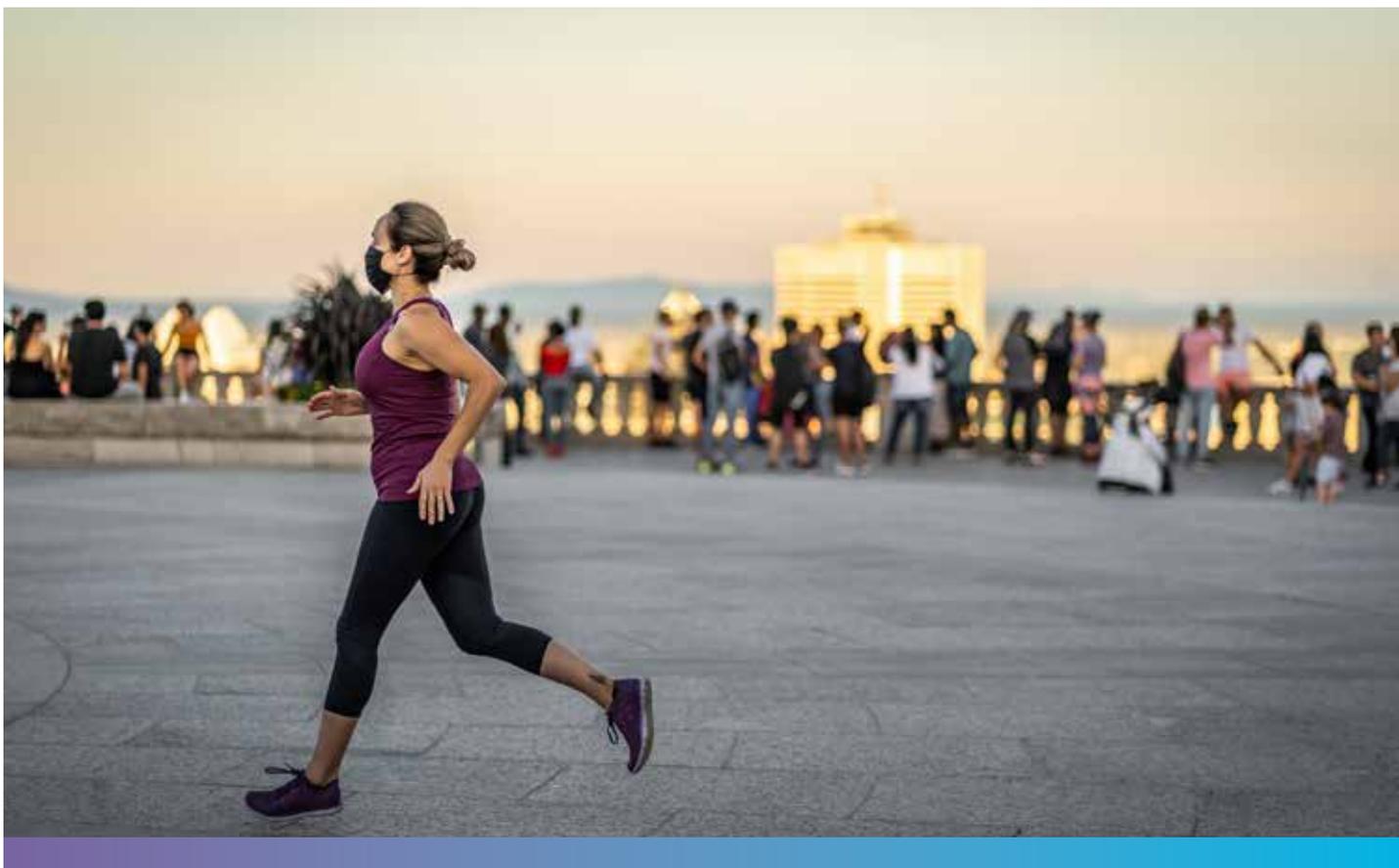
Ces quatre facteurs sont ensuite calculés pour estimer les résultats en matière de santé relatifs à plusieurs paramètres de santé. À la suite du calcul de ces estimations, une valeur économique est attribuée à chaque paramètre de santé afin d'accorder une valeur monétaire globale aux résultats en matière de santé induits par les changements dans la qualité de l'air. Cela facilite la communication de la valeur monétaire globale relative à un ensemble de cobénéfices pour la santé découlant de la réduction de la pollution atmosphérique induite par les projets.

Les intervenants qui veulent effectuer une analyse au Canada disposent d'une liste des principaux outils, comme le programme BenMAP de l'EPA aux États-Unis et le modèle AirQ de l'Organisation mondiale de la santé, utilisés à l'échelle internationale pour estimer les bienfaits pour la santé des infrastructures à faible intensité carbone. Cette liste figure à l'annexe 4. Un outil fréquemment utilisé au Canada dans le but d'évaluer les résultats en matière de santé induits par les changements dans la qualité de l'air est l'**Outil d'évaluation**

**des bénéfices liés à la qualité de l'air (OEBQA)** mis au point par Santé Canada. Les utilisateurs peuvent contacter Santé Canada pour recevoir une copie du modèle applicable à l'échelle régionale et nationale, et ce, pour évaluer les effets des changements dans les niveaux de pollution atmosphérique, mesurés à l'étape 3, sur différents résultats en matière de mortalité et de morbidité.

D'autres modèles d'évaluation de la santé ont été utilisés préalablement au Canada, notamment le modèle *Illness Costs of Air Pollution* (ICAP) de l'Ontario Medical Association et le programme BENMap de l'EPA. BENMap comprend un ensemble de données canadiennes relatives à la population, aux taux de mortalité de base et aux niveaux de qualité de l'air, ainsi que des grilles géographiques que les utilisateurs peuvent télécharger pour effectuer des analyses.

L'OEBQA et BENMap sont accessibles au public et sont utiles pour les évaluations (le premier est un outil Excel téléchargeable alors que le second est un outil en ligne en source libre). Leur utilisation nécessite une familiarité avec les logiciels de modélisation qui évaluent les changements dans la qualité de l'air et les effets sur la santé. Ces modèles sont appuyés par des guides de l'utilisateur pour permettre aux intervenants de suivre le processus de modélisation et de mieux comprendre les exigences en matière d'entrée et de sortie de chaque modèle.



# SOLUTIONS SIMPLIFIÉES D'ÉVALUATION APPROFONDIE

Dans le présent rapport, nous avons postulé que l'analyse des effets sur la santé des réductions de la pollution atmosphérique découlant de projets d'infrastructures à faible intensité carbone est un exercice technique complexe. En effet, il n'est pas accessible aux intervenants qui ne sont pas expérimentés en modélisation de la qualité de l'air ou des résultats en matière de santé. Certains des modèles les plus complexes, qui ne permettent d'effectuer qu'une seule étape de cette analyse (nous mentionnons en guise d'exemple l'utilisation d'un modèle photochimique tel que le CMAQ pour évaluer les changements dans la qualité de l'air) sont très exigeants en matière de calcul, et leur exécution nécessite un niveau d'expertise élevé, beaucoup de temps et une grande puissance informatique. Les recherches exploratoires et les consultations d'experts menées

dans le cadre du présent rapport prouvent que la plupart des modèles disponibles — même les plus simplifiés — pour l'évaluation de la qualité de l'air et des résultats en matière de santé, nécessitent des niveaux élevés d'expertise et l'accès à des ressources informatiques complexes. Cela met en évidence le besoin d'outils, de techniques ou de méthodes simplifiés afin de rendre les analyses plus accessibles. Il faut toutefois reconnaître que l'utilisation d'un processus, même simplifié, constitue une épreuve technique, répartie en plusieurs étapes, afin d'estimer les bienfaits pour la santé des réductions d'émissions.

Certains pays ont mis en place des stratégies simplifiées pour calculer les bienfaits pour la santé des changements de la qualité de l'air, comme les méthodes ou techniques à forme réduite

établies par l'EPA des États-Unis. Ces méthodes qui sont plus simples permettent de mieux comprendre, de manière générale, l'effet sur la santé des changements en matière de pollution atmosphérique.

Une des techniques utilisées consiste à développer une estimation des **bénéfices par tonne (BPT)** ou des **bénéfices par kilowatt/heure (B-kWh)**. Les estimations des BPT et B-kWh sont des approximations quantitatives du bienfait global pour la santé associé à la réduction d'une tonne d'un polluant atmosphérique donné provenant d'une source particulière, ou à la réduction d'un kilowatt-heure d'énergie provenant d'une source particulière dans une région donnée<sup>52</sup>. Les estimations des B-kWh n'évaluent pas les résultats en matière de santé à la suite des changements dans la pollution atmosphérique, mais réalisent des projections fondées sur les changements dans l'utilisation d'un combustible donné. Les estimations des BPT et B-kWh attribuent une valeur monétaire aux réductions d'émissions d'une source particulière, d'un secteur particulier ou dans une région, en général. Le calcul de ces estimations est habituellement divisé en étapes. D'abord, il faut exécuter de nombreux scénarios d'émissions potentielles par le biais de modèles de qualité de l'air à forme réduite ou avancée. Ensuite, il s'agit de quantifier les charges sur la santé humaine induites par la pollution atmosphérique. L'étape finale est la division de la somme des effets totaux sur la santé par l'ampleur des changements d'émissions, bien que l'utilisation d'approches de recharge soit possible pour les modèles photochimiques avancés. Les résultats de cette analyse représentent une estimation du bienfait global pour la santé associé à la réduction d'une tonne d'un polluant particulier. Les valeurs des BPT et B-kWh sont donc des approximations utiles vu qu'elles déterminent rapidement les bienfaits pour la santé humaine associés aux changements des émissions d'une source particulière dans une région donnée. L'application d'une estimation des BPT et B-kWh pour vérifier les bienfaits pour la santé exige que les intervenants évaluent la modification des émissions résultant d'un projet donné, processus semblable à celui présenté dans les étapes 1 et 2. Ils doivent ensuite multiplier cette modification par une estimation compatible des BPT ou B-kWh afin d'obtenir une estimation de la valeur des bienfaits pour la santé associés à ce changement des émissions.

Les estimations des BPT et B-kWh sont utiles du fait qu'elles sont simples à utiliser et fournissent un aperçu en un temps réduit. Il ne faut toutefois pas oublier que :

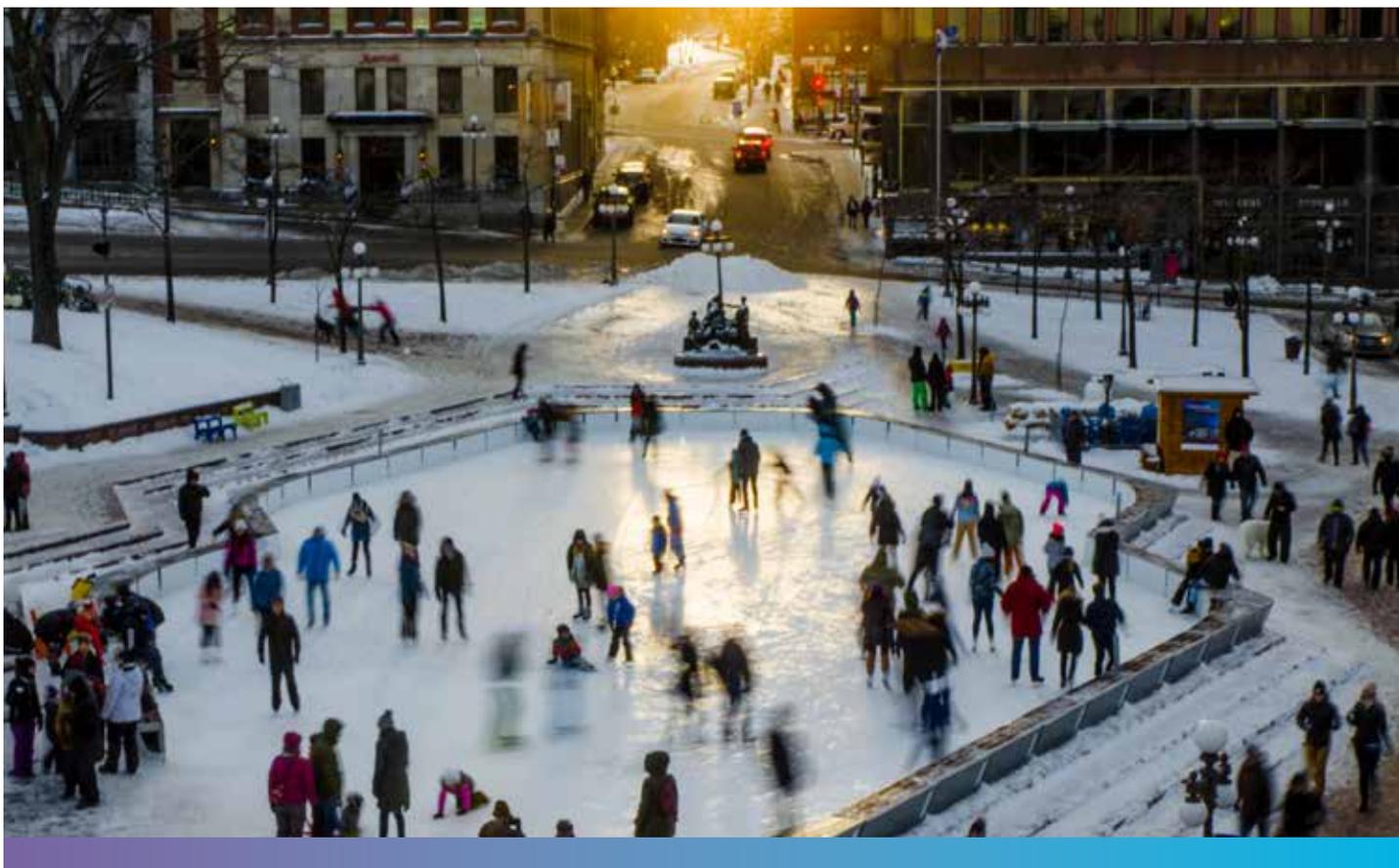
- Les estimations des BPT et B-kWh sont propres à un polluant, et souvent spécifiques à un secteur et à une région. Il n'existe pas assez d'estimations de BPT compilées au Canada. Il n'est pas conseillé d'appliquer les estimations de BPT des autres régions pour mesurer les bienfaits pour la santé dans une région différente.
- La capacité des estimations des différents effets sur la santé de chaque population est limitée. Ceci entrave la qualité d'une analyse, puisque les répercussions de la pollution atmosphérique sur une population donnée varient en fonction de la communauté ou de la région.

Les polluants atmosphériques touchent certains groupes différemment, comme les aînés, les enfants et les jeunes adultes. Les effets sur la santé des changements de la qualité de l'air sont, en l'occurrence, également variés.

- Il n'est pas possible de modifier les valeurs BPT et B-kWh. En d'autres termes, les collectivités ne peuvent pas modifier les hypothèses qui ont servi à calculer ces estimations, notamment les années d'exposition de la population, les valeurs différentes relatives à la santé ou la vie humaine ou toute autre modification des modèles de qualité de l'air.

### ***Les estimations des BPT et B-kWh sont des approximations quantitatives du bienfait global pour la santé associé à la réduction d'une tonne d'un polluant atmosphérique donné provenant d'une source particulière, ou à la réduction d'un kilowatt-heure d'énergie provenant d'une source particulière dans une région donnée***

En dépit des limites et des avantages associés aux méthodes à forme réduite pour l'estimation et la monétisation des bienfaits pour la santé attribuables aux changements dans la qualité de l'air, il ne faut pas oublier que sans les estimations des BPT ou B-kWh propres au contexte, les intervenants ne peuvent pas utiliser ces valeurs sans risque de biais et d'imprécisions. Cependant, c'est une approche prometteuse pour simplifier les analyses des bienfaits pour la santé associés aux changements des émissions. De plus, l'élaboration d'estimations canadiennes améliorerait de loin l'accessibilité des analyses pour les intervenants canadiens.



# RECOMMANDATIONS

## POUR AMÉLIORER L'ACCESSIBILITÉ DE L'ANALYSE RELATIVE À LA QUALITÉ DE L'AIR POUR LES DÉCIDEURS PUBLICS CANADIENS

Le présent rapport a pour objectif de définir un processus global pour la réalisation d'une évaluation des bienfaits pour la santé associés aux améliorations dans la qualité de l'air. La réalisation de cette évaluation est, en fin de compte, un exercice technique complexe hors de portée de la plupart des intervenants, à l'exception de ceux qui sont expérimentés en matière d'évaluation des changements dans la qualité de l'air ou des effets sur la santé. Certains des outils et approches présentés dans le présent rapport, y compris plusieurs outils, modèles et techniques à forme réduite, favorisent l'accessibilité dans les analyses. Toutefois, ces outils ne conviennent pas à l'analyse au Canada parce qu'ils sont adaptés à d'autres régions.

Dans le présent rapport, nous recommandons aux gouvernements et aux experts canadiens de créer des outils à forme réduite propres au Canada afin que les intervenants les utilisent pour évaluer les changements dans la qualité de l'air et les effets sur la santé. Certains outils présentés à l'étape 3 du présent rapport, notamment la technique de la matrice source-récepteur et les modèles des surfaces de réponse (MSR), sont mondialement reconnus et utilisés dans d'autres pays pour permettre aux intervenants d'analyser la qualité de l'air. La mise au point d'un plus grand nombre d'outils, de techniques ou de méthodes à forme réduite à l'usage des intervenants canadiens pour la réalisation des évaluations de la qualité de l'air et des

effets sur la santé permettrait aux intervenants de disposer d'outils et de méthodes pour mener différents types d'analyses selon le besoin à combler. Le présent rapport n'identifie pas de façon prescriptive les outils à forme réduite utilisés hors du Canada qui devraient être développés dans le contexte canadien. Cette décision devrait être prise en collaboration avec les intervenants, les experts en modélisation de la qualité de l'air et des effets sur la santé, et les acteurs des différents ordres du gouvernement.

Ces outils favoriseraient l'accessibilité des analyses, mais ne faciliteraient que certaines sections des quatre étapes de l'approche présentée ci-dessus. Les estimations canadiennes des BPT et B-kWh permettraient de simplifier les évaluations des résultats en matière de santé associés aux changements dans la qualité de l'air. Les gouvernements doivent aussi élaborer des estimations canadiennes des BPT et B-kWh afin de faciliter cette analyse. Les estimations canadiennes des BPT et B-kWh devraient être spécifiques aux polluants et englober les émissions de polluants provenant d'un éventail de sources d'énergie à travers le Canada, notamment l'électricité, l'essence, le diesel et le gaz naturel. Elles devraient être régulièrement mises à jour en suivant le rythme des progrès scientifiques et des changements démographiques pour garantir qu'elles sont représentatives des incidences moyennes sur les membres actuels d'une communauté donnée. L'élaboration de ces estimations au Canada simplifierait considérablement l'analyse des effets sur la santé associés à la réduction des polluants dans une région donnée et permettrait de réduire les coûts en temps et en ressources des estimations crédibles des bienfaits pour la santé associés à la réduction de la pollution atmosphérique, réalisées par les intervenants. Ceci pourrait éclairer les décisions concernant les investissements dans des infrastructures à faible intensité carbone.

***Dans le présent rapport, nous recommandons aux gouvernements et aux experts canadiens de créer des outils à forme réduite propres au Canada afin que les intervenants les utilisent pour évaluer les changements dans la qualité de l'air et les effets sur la santé.***



# CONCLUSION

À l'heure où le Canada opère une transition vers la carboneutralité d'ici 2050, les intervenants des quatre coins du pays investiront dans des projets d'infrastructure à faible intensité carbone qui réduiront les émissions et favoriseront une croissance plus propre. Les projets d'infrastructures à faible intensité carbone peuvent contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air et de la santé des collectivités. Il est donc essentiel de s'assurer que les intervenants des quatre coins du Canada disposent des outils nécessaires pour évaluer les incidences potentielles sur la santé pour qu'ils puissent déterminer et saisir l'éventail complet des avantages associés aux projets. Les intervenants canadiens bénéficieraient à l'avenir de concevoir des outils, des techniques et des méthodes à forme réduite propres au Canada parce qu'ils réduiraient les coûts en temps et en ressources associés à l'analyse des effets sur la santé induites par les projets d'infrastructures à faible intensité carbone.

# ANNEXE 1 : SECTORS AND SUBSECTORS OF CITY EMISSIONS

According to the SMOKE modelling documentation, emission inventories are traditionally divided in the following source categories:

Source category	Subsector
Stationary area/Nonpoint sources (These are sources treated as being spatially spread)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residential heating</li> <li>Architectural coating</li> <li>Commercial buildings and facilities (e.g, dry cleaning facilities)</li> </ul>
Mobile sources (Vehicular and otherwise movable sources)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nonroad mobile sources (locomotives, lawn and garden equipment, construction vehicles, boating emissions)</li> <li>On-road mobile sources (light-duty gasoline vehicles and heavy duty diesel vehicles)</li> </ul>
Wildfire sources	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wildfires with plume rise</li> </ul>
Point sources (These are point locations that are often subject to regulation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Electric generating utilities</li> <li>Chemical manufacturers</li> <li>Furniture refinishers</li> </ul>
Biogenic land use data	<ul style="list-style-type: none"> <li>Livestock</li> <li>Land</li> <li>Aggregate sources and non-CO<sub>2</sub> emission sources on land</li> </ul>

**Sources:** The Institute for the Environment (2015).

Some other well renowned guiding documents use the following terminology to categorize source of emissions by sectors and subsectors of city emissions:

Sector	Subsector
Stationary energy	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residential buildings</li> <li>Commercial and institutional buildings and facilities</li> <li>Manufacturing industries and construction</li> <li>Energy industries</li> <li>Agriculture, forestry, and fishing activities</li> <li>Non-specified sources</li> <li>Fugitive emissions from mining, processing, storage, and transportation of coal</li> <li>Fugitive emissions from oil and natural gas systems</li> </ul>
Transportation	<ul style="list-style-type: none"> <li>On-road</li> <li>Railways</li> <li>Waterborne navigation</li> <li>Aviation</li> <li>Off-road</li> </ul>
Waste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solid waste disposal</li> <li>Biological treatment of waste</li> <li>Incineration and open burning</li> <li>Wastewater treatment and discharge</li> </ul>
Industrial Processes, Solvent and Product use	<ul style="list-style-type: none"> <li>Industrial processes</li> <li>Product use</li> </ul>
Agriculture, forestry, and other land use	<ul style="list-style-type: none"> <li>Livestock</li> <li>Land</li> <li>Aggregate sources and non-CO<sub>2</sub> emission sources on land</li> </ul>

**Sources:** The Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventory (WIR, 2014: 31) and the Kyoto Protocol Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amount (UNFCCC, 2008: 106).

There is a lot of overlap between the two tables in this appendix. This report refrains from suggesting a specific terminology and categorization scheme, as the correct sector classification will vary based on the needs of each analysis. Both forms of categorizing are advocated for by equally authoritative sources for both GHG and air pollutant inventory construction. Whichever classification is selected, stakeholders should use the terminology and categorization scheme of choice in a consistent form.

## ANNEXE 2 : LIST OF DATABASE/SOURCES FOR EMISSIONS FACTORS OF GHGS AND AIR POLLUTANTS

The following is a non-exhaustive list of databases and tools that compile emissions factors, from both Canada and credible international sources. These databases contain a mix of both AEFs and MEFs, and it is recommended stakeholders identify which emissions factors are best suited to their analysis by consulting sources of country-specific data for guidance.

List of database/sources for emissions factors of GHGs and air pollutants

	Canada	International
Greenhouse gas emissions	National Inventory Report: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada - Part II and III	
	Canada's Official Greenhouse Gas Inventory	
	Canada's 2018 Greenhouse Gas and Air Pollutant Emissions Projections	
	Alberta's Carbon Offset Emission Factors Handbook	IPCC Emission Factor Database
	A Guidance Document for Reporting Greenhouse Gas Emissions for Large Industry in Newfoundland and Labrador	EPA's 2020 Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories
	British Columbia's guide to development of the greenhouse gas emissions (GHG) emission factors	EPA's Center for Corporate Climate Leadership GHG Emission Factors Hub
	Manitoba Hydro Emissions Factor for electricity and natural gas	
	Ontario's Guideline for Quantification, Reporting and Verification of GHG Emissions	
A Clear View on Ontario's Emissions (Average and Marginal Electricity Emission Factors)		
Quebec's Emissions Factor, by type of energy		
Air pollutants	National Pollutant Release Inventory	EPA's Compilation of Air Pollutant Emissions Factor
	Air Pollution Emission Inventory	EPA's Emission Factor Search Engine
		EPA's National Emissions Inventories
GHGs and air pollutantS	N/A	EPA's Avoided Emissions and Generation Tool (AVERT)*
		EPA's Clearinghouse for Inventories and Emissions Factors (CHIEF)
		EPA's Emissions & Generation Resource Integrated Database (eGRID)
		EPA's Motor Vehicles Emissions Simulator (MOVES)

\* Note that some tools used to quantify carbon emissions provide both national and regional average emissions factor (AEFs) and marginal emission factors (MEFs), such as the case of AVERT.

# ANNEXE 3 : GUIDELINES AND PROTOCOLS FOR INVENTORIES AND EMISSION ANALYSIS

This appendix lists and summarizes a number of reference guides and protocols that establish world-renowned standards and best practices for the development of emissions inventories and for conducting accounting practices.

**1996/2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC Guidelines):** The Guideline sets best practices for the estimation and reporting of anthropogenic greenhouse gas emissions. The 2006 IPCC guidelines can be found in this [link](#).

**Compendium on Greenhouse Gas Baselines and Monitoring:** Developed by UNFCCC, this compendium is an essential tool for stakeholders who seek a robust methodology to collect GHG quantification and mitigation measures to reduce emissions in the transport sector. The compendium can be found [here](#).

**GHG Protocol for Cities: An Accounting and Standard Report for Cities (GPC):** An authoritative source, the GPC establishes credible emissions accounting and reporting practices that help municipalities develop an emissions baseline, set mitigation goals, and track progress over time. The GPC can be downloaded from this [link](#).

**The PCP Protocol: Canadian Supplement to the International Emissions Analysis Protocol:** This Protocol aims to provide stakeholders with a set of accounting and reporting guidelines for developing community-level GHG inventories. It can be found [here](#).

**US Community Protocol for Accounting and Reporting of Greenhouse Gas Emissions:** This is the equivalent of GPC above, but focused on US specificity. The US Protocol and additional resources such as on-demand training can be found [here](#).

**Local Government Operations Protocol for the Quantification and Reporting of GHG Inventories:** This is a protocol designed to assist local governments in quantifying and reporting GHG emissions associated with government activities and operations. The Local Government Protocol can be downloaded [here](#).

**International Local Government GHG Emissions Analysis Protocol (IEAP):** This Protocol provides an accessible set of guidelines to assist local governments in quantifying the GHG emissions and establishing inventories. The IEAP can be found [here](#).

**International Standard for Determining Greenhouse Gas Emissions for Cities (ISDGC):** It provides consistent reporting formats for GHGs from cities and local regions. ISDGC can be downloaded [here](#).

**Baseline Emissions Inventory/Monitoring Emissions Inventory Methodology (BEI/MEI):** It allows the quantification of CO<sub>2</sub> emissions. The Guidebook can be found [here](#).

**PAS 2070: Specification for the Assessment of a Greenhouse Gas Emissions of a City:** It provides two methodologies to calculate the emissions from a city: a bottom-up and a top-down approach to calculate emissions. PAS 2070 can be downloaded [here](#).

# ANNEXE 4 : METHODS FOR EVALUATING HEALTH BENEFITS

Non-exhaustive list of reports and databases containing tools to support assessment of health benefits

Report/Database	Country	Region	Sector-focus	Resource
<a href="#">Health Canada's Air Quality Benefits Assessment Tool (AQBAT)*</a>	Canada (applicable for use in Canada)	National and regional scale	Non-sector specific	Customizable excel tool.
<a href="#">Reduced-Form Tools for Calculating PM2.5 Benefits<sup>53</sup></a>	United States	National and regional scale	17 sectors	List of BPT estimates
<a href="#">Monetized health benefits attributable to mobile source emission reductions across the United States in 2025<sup>54</sup></a>	United States	National and Regional (East and West)	16 mobile-source sectors (transportation is broken down into sub-sectors including air, marine, rail and heavy-duty trucking)	List of BPT estimates
<a href="#">EASIUR Model estimating social benefits from reducing elemental carbon (i.e. primary PM2.5), SOx, NOx and ammonia.</a>	United States	National and regional scale	Non-sector specific	Multiple features with varying levels of complexity, including a simple-to-use online tool.
<a href="#">World Health Organization's AirQ model for calculating PM2.5, PM10, NO2, O3 and Black Carbon</a>	Available/ customizable for use in all WHO regions (including Canada)	Can be regionally customized using GIS tools.	Non-sector specific	Customizable excel tool.
<a href="#">United States EPA Benefits Mapping and Analysis Program (BenMAP)</a>	United States, but can be customized for use in other regions	Dependent on geography selected, but there are geographic datasets for a number of regions/countries.	Non-sector specific	Open-source online tool.
<a href="#">Open-source Intervention Model for air pollution (InMAP)</a>	United States	Regionally customizable	Non-sector specific	Open-source tool.

\* Note: The Air Quality Benefits Assessment Tool (AQBAT) was developed by Health Canada to estimate the human health impacts of ambient air quality changes. It is the most authoritative application tool used in Canada.

# ANNEXE 5 : GLOSSARY OF TERMS

This glossary includes key terms for undertaking the analyses outlined in this report in Canada. It should be noted that terms for concepts may differ depending on the country of origin where resources were developed.

**Activity data:** An activity provides a service or a product. Activity data refers to a value of measure representing the level of activity that results in emissions. Common examples of activity data include kilowatt-hours of electricity used, distance travelled, quantity of fuel used, area of solar panel, and floor area of a building.

**Average emissions factor (AEF):** A value representing the average emissions intensity of a specific activity throughout the course of a year. Average emission factors are mostly used in simple calculations to estimate the emissions from a particular activity without necessarily measuring the impact or consequences of the implementation of a low-carbon project. They are usually sourced from secondary databases or tools used to quantify emissions, such as AVERT.

**Avoided electricity generation:** This refers to the net energy savings of a specific program. When multiplied by emission factors, it calculates the avoided emissions of a low-carbon programs or project.

**Benefit-per-tonne:** This refers to estimates that represent health benefits, often in monetized terms, of avoiding one ton of emissions from a particular source.

**Baseline health outcomes:** An estimate of the average number of people who experience an adverse health impact in a given population over a set period of time.

**Baseline of emissions:** The baseline of emissions refers to the set of emissions projections used as a benchmark for the analysis of the impact of different policy scenarios.

**Baseline year:** The year against which a municipality tracks its emissions over time.

**Bottom-up method for inventory development:** An accounting decision to develop an inventory with sector-specific data for emissions from source, equipment use, or activity. A bottom-up inventory is used to generate estimates of air pollutant and GHG emissions specific to the sector of interest, providing more granularity in estimates, projections, and analysis.

**Capacity factor:** A measure of the frequency that an electric generating unit runs for a given period of time.

**Carbon dioxide equivalence (CO<sub>2</sub>e):** A common unit of measurement used to represent greenhouse gas emissions. Using CO<sub>2</sub>e estimates when developing an emissions baseline allows for the total warming potential of all greenhouse gas emissions in an inventory to be represented using a single value.

**Co-benefits:** The spillover positive effects associated with a policy, project or program aimed at a particular goal.

**Concentration-response function (CRF):** A statistically derived estimate that quantifies the impact of a pollutant on a specific health endpoint. It represents the relationship between the exposure to given pollutant and the associated adverse health impacts to a given population brought on by this exposure.

**Contaminants of potential concern:** These are contaminants with strong evidence of posing risks to human or animal health.

**Criteria air contaminants (CACs):** Hazardous emissions that contribute to air pollution and which are regularly recorded by governmental authorities such as Environment Canada.

**Emission Factor:** These are values used to represent the mass of emissions released as a result of each unit of an activity. The emission factor is the ratio between the amount of pollution generated and the amount of a given raw material processed. The term may also refer to the ratio between the emissions generated and the outputs of production processes. Emission factors are used to convert activity data into emissions data.

**Emissions levels:** A value representing the amount of emissions released into the atmosphere from various sources

**Exposed population:** the number of people affected by an air pollutant in a given region.

**Exposure:** The presence of air pollution that adversely affects populations. It involves the contact with a chemical.

**Global Warming Potential (GWP):** A measure of how much energy the emissions of 1 tonne of a given gas will absorb over time, relative to 1 tonne of carbon dioxide.

**Health Co-Benefits:** Ancillary positive health effects that result from policies, projects or programs aimed at reducing greenhouse gas emissions, supporting greater environmental conservation or supporting cleaner economic growth.

**Marginal emissions factor (MEF):** A value representing the amount of emissions displaced by the introduction of a low-carbon infrastructure such as energy efficiency or renewable energy programs or technologies. Marginal emission factors are used to more accurately estimate the impact of projects or decisions on the environment. As such, marginal emission factors (MEF) are preferred over average emission factors (AEF) in environmental impact analysis.

**Pollution concentration changes:** A measure of the change in concentrations of air pollutants in ambient air that result from a reduction in emissions of greenhouse gases/air pollutants.

**Precursor emissions:** This refers to emissions of gaseous pollutants that, in the presence of sunlight or in hot atmospheric conditions, originate secondary pollutants through complex chemical reactions.

**Project scenario:** A project scenario is a set of projections based on alternative assumptions than those used in the baseline. It is used to provide information on the impact of changes should a project or policy be implemented.

**Reduced form methods:** These refer to a set of simplified tools and strategies that take the output of complex models or existing studies to facilitate the quantification of air quality changes or health impacts from these changes. These methods allow the extrapolation of rough estimates from a single case study to other cases, expediting and simplifying cost-benefit analysis.

**Scope:** This refers to an account technique that separates emissions by geographical and activity sources. To avoid double-counting, emissions are accounted as scope 1 (emissions from sources located within the jurisdiction boundaries), scope 2 (emissions as a consequence of use of grid-supplied electricity, heat, steam/cooling within the jurisdiction boundaries), or scope 3 (emissions that occur outside of the jurisdiction, but as a result of activities taking place within its boundaries).

**Top-down method for inventory development:** An accounting decision to develop an inventory with aggregated data across the jurisdiction. A top-down inventory is used to generate municipality-wide estimates of air pollutant and GHG emissions.

# NOTE DE FIN DE DOCUMENT

- 1 Martin et Riordan, 2020.
- 2 New Climate Institute, 2018.
- 3 Sergi et coll., 2020.
- 4 Aldy et coll., 2020.
- 5 Barn et coll., 2011.
- 6 Ce que nous soulevons a été mentionné dans les échanges avec les intervenants municipaux et les experts en modélisation de la pollution atmosphérique à travers le Canada.
- 7 Metro Vancouver, 2015.
- 8 Environmental Protection Agency, 2018.
- 9 Organisation mondiale de la santé, 2020.
- 10 Santé Canada, 2021.
- 11 En dollars canadiens de 2020.
- 12 Pour en savoir plus sur le sujet, lire le rapport intitulé « Les cobénéfices pour la santé d’une croissance future propre » (Coutinho, McGillivray et Ramesh, 2021) de l’Institut pour l’intelliProspérité.
- 13 Santé Canada, 2021.
- 14 Ibid.
- 15 Laszlo et coll., 2016.
- 16 Fong et coll., 2014.
- 17 Conférences des Nations unies sur les changements climatiques, 2020.
- 18 Environmental Protection Agency, 2018.
- 19 Gouvernement du Canada, 2020a. Santé Canada, 2016.
- 20 Coutinho, McGillivray et Ramesh, 2021.
- 21 Environnement et Changement climatique Canada, 2018.
- 22 Institut de l’environnement, 2015.
- 23 Environmental Protection Agency, 2018.
- 24 Régie de l’énergie du Canada, 2020.
- 25 Fong et coll., 2014.
- 26 Partenaires dans la protection du climat, s.d.
- 27 Environmental Protection Agency, 2018.
- 28 Ces caractéristiques ont été résumées à partir de *Quantifying the Emissions and Health Benefits of Energy Efficiency and Renewable Energy* (Environmental Protection Agency, 2018) et du Protocole mondial pour les inventaires d’émissions de gaz à effet de serre à l’échelle communautaire (Fong et coll., 2014).
- 29 Gillingham, Rapson et Wagner, 2016.
- 30 Environmental Protection Agency, 2018.
- 31 Environmental Protection Agency, 2018.
- 32 Action, 2012.
- 33 Edenhoer et coll., 2014; Zhao et coll., 2019.
- 34 Ces considérations ont été résumées dans « Conseils pour l’évaluation des impacts sur la santé humaine dans le cadre des évaluations environnementales : Qualité de l’air » (Santé Canada, 2016) et « Quantifying the Emissions and Health Benefits of Energy Efficiency and Renewable Energy » (Environmental Protection Agency, 2018).
- 35 Gouvernement de l’Alberta, 2020.
- 36 Environmental Protection Agency, s.d.
- 37 Landis et coll., 2012.
- 38 Environmental Protection Agency, 2020a.
- 39 Environmental Protection Agency, 2020b.
- 40 Jeong et coll., 2011.
- 41 Cho et coll., 2019; Smyth et coll., 2009.
- 42 Gouvernement du Canada, 2007.
- 43 Gouvernement du Canada, 2020
- 44 Lundgren et coll., 2012.
- 45 Foley et coll., 2014.
- 46 idem.
- 47 Santé Canada, 2019a. 25.
- 48 Santé Canada, 2019b.
- 49 Au Canada, ces valeurs sociales sont représentées par des chiffres tirés d’études qui effectuent des analyses de sondages, de données comptables, économiques ou actuarielles (Santé Canada, 2019a); se reporter aussi à Fowler et coll., 2017.
- 50 Santé Canada, 2021.
- 51 Alberni, Bigano et Post, 2015.
- 52 Wolfe et coll., 2019.

# RÉFÉRENCES

- Alberni, A., Bigano, A., & Post, J. (2015). *Approaches and issues in valuing the costs of inaction of air pollution on human health*. OECD Environmental Directorate. [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/EPOC\(2015\)10/FINAL&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/EPOC(2015)10/FINAL&docLanguage=En).
- Aldy, J., Kotchen, M., Evans, M., Fowlie, M., Levinson, A., & Palmer, K. (2020). *Co-Benefits and Regulatory Impact Analysis: Theory and Evidence from Federal Air Quality Regulations* (Working Paper No. 20-12; RFF Working Papers). Resources for the Future. <https://www.rff.org/publications/working-papers/co-benefits-and-regulatory-impact-analysis-theory-and-evidence-federal-air-quality-regulations/>
- Barn, P., Jackson, P., Suzuki, N., Kosatsky, T., Jennejohn, D., Henderson, S., Millar, G., Plain, E., Poplawski, K., & Setton, E. (2011). *Air Quality Assessment Tools: A guide for public health practitioners* (NCCEH, p. 47). National Collaborating Centre for the Environment. [https://www.nccch.ca/sites/default/files/Air\\_Quality\\_Assessment\\_Tools\\_Dec\\_2011.pdf](https://www.nccch.ca/sites/default/files/Air_Quality_Assessment_Tools_Dec_2011.pdf)
- Canada Energy Regulator. (2020). *Energy conversion tables*. <https://apps.cer-rec.gc.ca/Conversion/conversion-tables.aspx?GoCTemplateCulture=en-CA>
- Cho, S., Makar, P. A., Lee, W. S., Herage, T., Liggio, J., Li, S. M., Wiens, B., & Graham, L. (2009). *Evaluation of a unified regional air-quality modeling system (AURAMS) using PrAIRie2005 field study data: The effects of emissions data accuracy on particle sulphate predictions*. Atmospheric Environment, 43(11), 1864–1877. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.12.048>
- Coutinho, A., McGillivray, M. & Ramesh, H. (2021). *The health co-benefits of a clean growth future*. Smart Prosperity Institute. Ottawa, ON.
- Edenhofer O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, S. Kadner, J.C. Minx, S. Brunner, S. Agrawala, G. Baiocchi, I.A. Bashmakov, G. Blanco, J. Broome, T. Bruckner, M. Bustamante, L. Clarke, M. Conte Grand, F. Creutzig, X. Cruz-Núñez, S. Dhakal, N.K. Dubash, P. Eickemeier, E. Farahani, M. Fishedick, M. Fleurbaey, R. Gerlagh, L. Gómez-Echeverri, S. Gupta, J. Harnisch, K. Jang, F. Jotzo, S. Kartha, S. Klasen, C. Kolstad, V. Krey, H. Kunreuther, O. Lucon, O. Masera, Y. Mulugetta, R.B. Norgaard, A. Patt, N.H. Ravindranath, K. Riahi, J. Roy, A. Sagar, R. Schaeffer, S. Schlömer, K.C. Seto, K. Seyboth, R. Sims, P. Smith, E. Somanathan, R. Stavins, C. von Stechow, T. Sterner, T. Sugiyama, S. Suh, D. Ürge-Vorsatz, K. Urama, A. Venables, D.G. Victor, E. Weber, D. Zhou, J. Zou, and T. Zwickel. (2014). *Technical Summary*. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_technical-summary.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_technical-summary.pdf)
- Environment and Climate Change Canada. (2018). *Canada's Greenhouse Gas and Air Pollutant Emissions Projections*. [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2018/eccc/En1-78-2018-eng.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2018/eccc/En1-78-2018-eng.pdf)
- Environmental Protection Agency (n.d). *Photochemical air quality modelling*. US Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/scram/photochemical-air-quality-modeling>
- Environmental Protection Agency. (2018). *Quantifying the Emissions and Health Benefits of Energy Efficiency and Renewable Energy*. US Environmental Protection Agency. [https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-07/documents/mbg\\_2-4\\_emissionshealthbenefits.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-07/documents/mbg_2-4_emissionshealthbenefits.pdf)
- Environmental Protection Agency. (2020a). *Chemical Mass Balance (CMB) Model*. Retrieved from: <https://www.epa.gov/scram/chemical-mass-balance-cmb-model>
- Environmental Protection Agency (2020b). *Positive Matrix Factorization Model for environmental data analyses*. Retrieved from: <https://www.epa.gov/air-research/positive-matrix-factorization-model-environmental-data-analyses>
- Foley, K. M., Napelenok, S. L., Jang, C., Phillips, S., Hubbell, B. J., & Fulcher, C. M. (2014). *Two reduced form air quality modeling techniques for rapidly calculating pollutant mitigation potential across many sources, locations and precursor emission types*. Atmospheric Environment, 98, 283–289. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.08.046>
- Fong, W., Sotos, M., Doust, M., Schultz, S., Marques, A., & Deng-Beck, C. (2014). *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories: An accounting and reporting standard for cities*. [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/GHGP\\_GPC\\_0.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/GHGP_GPC_0.pdf)
- Fowler, H., Lalonde, P., Mak, G., & Gyarmati, D. (2017). *Considerations for assessing the 2011 economic value of population health interventions (SDRC)*. Social Research and Demonstration Corporation. <http://www.srdc.org/media/200027/phac-report-en.pdf>
- Gillingham, K., Rapson, D., & Wagner, G. (2016). *The Rebound Effect and Energy Efficiency Policy*. Review of Environmental Economics and Policy, 10(1), 68–88. <https://doi.org/10.1093/reep/rev017>

- Government of Alberta. (2020). *Recommended dispersion models*. <https://www.alberta.ca/recommended-dispersion-models.aspx>
- Government of Canada. (2007). *Regulatory Framework for Air Emissions*. Retrieved from [https://www.ec.gc.ca/doc/media/m\\_124/report\\_eng.pdf](https://www.ec.gc.ca/doc/media/m_124/report_eng.pdf)
- Government of Canada. (2011). *National Pollutant Release Inventory*. Retrieved from: <http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=En&xml=AFF8EAF0-20B4-4B45-9B0E-DB079092B825#490F86B6>
- Government of Canada. (2020). *Regional Air Quality Deterministic Prediction System (RAQDPS)*. Retrieved from: [https://weather.gc.ca/raqfm/index\\_e.html](https://weather.gc.ca/raqfm/index_e.html).
- Health Canada. (2016). *Guidance for Evaluating Human Health Impacts in Environmental Assessment: Air Quality*. Retrieved from: <https://www.acee.gc.ca/050/documents/p80054/119376E.pdf>
- Health Canada. (2019a). *Air Quality Benefits Assessment Tool (AQBAT)* [Reference page]. AQBAT. [https://www.ic.gc.ca/eic/site/063.nsf/eng/h\\_97170.html?Open=1&wbdisable=true](https://www.ic.gc.ca/eic/site/063.nsf/eng/h_97170.html?Open=1&wbdisable=true)
- Health Canada. (2019b). *Health Impacts of Air Pollution in Canada: Estimates of morbidity and premature mortality outcomes*. Retrieved from: [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2019/sc-hc/H144-51-2019-eng.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2019/sc-hc/H144-51-2019-eng.pdf)
- Health Canada. (2021). *Health Impacts of Air Pollution in Canada: Estimates of premature deaths and nonfatal outcomes. 2021 Report*. Retrieved from: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/2021-health-effects-indoor-air-pollution.html>
- Jeong, C.-H., McGuire, M. L., Herod, D., Dann, T., Dabek-Zlotorzynska, E., Wang, D., Ding, L., Celso, V., Mathieu, D., & Evans, G. (2011). *Receptor model based identification of PM<sub>2.5</sub> sources in Canadian cities*. *Atmospheric Pollution Research*, 2(2), 158–171. <https://doi.org/10.5094/APR.2011.021>
- Landis, M. S., Pancras, J. P., Graney, J. R., Stevens, R. K., Percy, K. E., & Krupa, S. (2012). *Chapter 18—Receptor Modeling of Epiphytic Lichens to Elucidate the Sources and Spatial Distribution of Inorganic Air Pollution in the Athabasca Oil Sands Region*. In K. E. Percy (Ed.), *Alberta Oil Sands* (Vol. 11, pp. 427–467). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097760-7.00018-4>
- Laszlo, R., Gikmour, B., Marchoinda, S., Drapeau, S., & Lee, M. (2016). *Community Energy Planning and Data: An assessment for small and rural municipalities in Ontario*. QUEST. [https://questcanada.org/wp-content/uploads/2018/08/Community-Energy-Planning-and-Data\\_Full\\_Report.pdf](https://questcanada.org/wp-content/uploads/2018/08/Community-Energy-Planning-and-Data_Full_Report.pdf).
- Lundgren, J., Boulton, W., Conley, G., Gauthier, M., Wolfe, A., & McClellan, C. (2012). *High-resolution CMAQ application for the regional municipality of Peel, Ontario, Canada*. Retrieved from: [https://www.cmascenter.org/conference/2014/abstracts/akhila\\_wolfe\\_high\\_resolution\\_2014.pdf](https://www.cmascenter.org/conference/2014/abstracts/akhila_wolfe_high_resolution_2014.pdf).
- Martin, S., & Riordan, R. (2020). *Capital Mobilization Plan for a Canadian Low-Carbon Economy* (Capital Mobilization Series, p. 33). Institute for Sustainable Finance. <https://smith.queensu.ca/centres/isf/pdfs/ISF-CapitalMobilizationPlan.pdf>
- Metro Vancouver. (2015). *Health Impact Assessment (HIA) of transportation and land-use activities; Guidance and toolkit*. Metro Vancouver. <https://planh.ca/node/502>
- New Climate Institute. (2018). *Climate Opportunity: More Jobs, Better Health; Liveable Cities - Quantifying the benefits of climate change mitigation measures in buildings, transport and energy supply*. <https://www.c40.org/researches/climate-opportunity-more-jobs-better-health>
- Partners for Climate Protection. (n.d.). *Developing Inventories for Greenhouse Gas Emissions and Energy Consumption: A Guidance Document for Partners for Climate Protection in Canada*. Peng, W., Yang, J., Lu, X., & Mauzerall, D. L. (2018). *Potential co-benefits of electrification for air quality, health, and CO<sub>2</sub> mitigation in 2030 China*. *Applied Energy*, 218, 511–519. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.02.048>
- SEE Action. (2012). *Energy Efficiency Program Impact Evaluation Guide. State and Local Energy Efficiency Action Network*. US Department of Energy. [https://www7.eere.energy.gov/seeaction/system/files/documents/emv\\_ee\\_program\\_impact\\_guide\\_0.pdf](https://www7.eere.energy.gov/seeaction/system/files/documents/emv_ee_program_impact_guide_0.pdf)
- Sergij, B. J., Adams, P. J., Muller, N. Z., Robinson, A. L., Davis, S. J., Marshall, J. D., & Azevedo, I. L. (2020). *Optimizing Emissions Reductions from the US Power Sector for Climate and Health Benefits*. *Environmental Science & Technology*, 54(12), 7513–7523. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b06936>
- Smyth, S. C., Jiang, W., Roth, H., Moran, M. D., Makar, P. A., Yang, F., Bouchet, V. S., & Landry, H. (2009). *A comparative performance evaluation of the AURAMS and CMAQ air-quality modelling systems*. *Air Pollution Related to Transport*, 43(5), 1059–1070. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.11.027>
- The Institute for the Environment (2015). *SMOKE v3.7 User's Manual*. The University of North Carolina at Chapel Hill. Retrieved from [https://www.cmascenter.org/smoke/documentation/3.7/manual\\_smokev37.pdf](https://www.cmascenter.org/smoke/documentation/3.7/manual_smokev37.pdf)

United Nations Climate Change. (2020). *Kyoto Protocol - Targets for the first commitment period*. Retrieved from: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/kyoto-protocol-targets-for-the-first-commitment-period>

UNFCCC. (2008). *Kyoto Protocol Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amount*. [https://unfccc.int/resource/docs/publications/08\\_unfccc\\_kp\\_ref\\_manual.pdf](https://unfccc.int/resource/docs/publications/08_unfccc_kp_ref_manual.pdf)

Wolfe, P., Davidson, K., Fulcher, C., Fann, N., Zawacki, M., & Baker, K. R. (2019). Monetized health benefits attributable to mobile source emission reductions across the United States in 2025. *Science of The Total Environment*, 650, 2490–2498. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.273>

World Health Organization (2020). *Air Pollution*. Retrieved from [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_2](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_2)

Zhao, B., Wang, T., Jiang, Z., Gu, Y., Liou, K.-N., Kalandiyur, N., Gao, Y., & Zhu, Y. (2019). Air Quality and Health Cobenefits of Different Deep Decarbonization Pathways in California. *Environmental Science & Technology*, 53(12), 7163–7171. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b02385>





**Smart Prosperity  
Institute**

[institute.smartprosperity.ca](http://institute.smartprosperity.ca)

## REMERCIEMENTS

Le présent rapport a été rédigé par Aline Coutinho et John McNally. Harshini Ramesh and Sushant en ont assuré la révision et l'aide à la rédaction. Nous tenons à remercier Santé Canada, Maryam Shekarrizfard du Atmospheric Fund, ainsi que deux réviseurs anonymes, pour avoir fourni divers points de vue et conseils utiles au rapport de recherche. La responsabilité de ce produit final appartient uniquement à l'Institut pour l'intelliProsperité et ne doit être attribuée à aucun réviseur, répondant ou partie externe. Toute participation à un entretien en vue du présent rapport ou toute révision de celui-ci n'est pas synonyme de caution, et toute erreur reste la responsabilité des auteurs.