

Examen systématique de la charge de morbidité imputable à l'environnement au Canada

Rédigé pour
le Centre de collaboration nationale en santé environnementale
400 East Tower
555 W 12th Avenue
Vancouver (Colombie-Britannique) V5P 3X7

Par*
E Risk Sciences, LLP
4647 Carter Trail
Boulder, CO 80301
États-Unis

14 octobre 2010

*La production de ce document a été rendue possible grâce à une contribution financière provenant de l'Agence de la santé publique du Canada par l'intermédiaire du Centre de collaboration nationale en santé environnementale. Les vues exprimées dans ce document ne reflètent pas nécessairement les vues de l'Agence ou du Centre.

TABLE DES MATIÈRES

1.0	Introduction.....	7
2.0	Méthodes.....	9
3.0	Informations de base.....	10
3.1	Premières études sur la charge de morbidité.....	10
3.2	Approches méthodologiques de l'estimation de la CME.....	19
4.0	Résultats.....	22
4.1	Études de CME mondiales, régionales et nationales.....	22
4.1.1	<i>Études de CME mondiales et régionales.....</i>	24
4.1.2	<i>Études de CME réalisées aux États-Unis.....</i>	28
4.1.3	<i>Études de CME réalisées en Europe.....</i>	30
4.2	Études de CME propres au Canada.....	33
4.2.1	<i>Études de CME réalisées au Canada.....</i>	33
4.2.2	<i>Études réalisées au Canada sur des facteurs de risque environnementaux ou problèmes de santé particuliers.....</i>	39
4.2.3	<i>Autres programmes et ateliers liés aux effets de l'environnement sur la santé au Canada.....</i>	41
5.0	Analyse.....	42
5.1	Lacunes statistiques et besoins de recherche.....	45
5.2	Recommandations.....	50
6.0	Références bibliographiques.....	54

ANNEXE A

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. AVCI estimées pour 25 maladies et blessures importantes en fonction de huit grands facteurs de risque d'après l'étude GBD de 1990.

Tableau 2. Pourcentage de décès et d'AVCI imputables à dix grands facteurs de risque selon l'étude GBD de 1990.

Tableau 3. Récapitulation des différences méthodologiques entre les approches utilisées pour estimer la charge imputable à dix grands facteurs de risque selon l'étude GBD de 1990.

Tableau 4. Pourcentage de décès et d'AVCI imputables aux facteurs de risque selon l'étude GBD de 2001.

Tableau 5. Facteurs de risque environnementaux et professionnels inclus dans l'évaluation comparative des risques (ECR) et dans les études de CME de l'OMS.

Tableau 6. Résumé des études de CME mondiales, régionales et nationales réalisées du début à la fin des années 1990.

Tableau 7. Résumé des études de CME mondiales, régionales et nationales réalisées du début à la fin des années 1990.

Tableau 8. CME totales estimées d'après l'étude réalisée dans l'OCDE en 1988.

Tableau 9. CME estimées par catégorie d'atteinte d'après l'étude réalisée dans l'OCDE en 1988.

Tableau 10. Estimations de CME pour certains facteurs de risque environnementaux et professionnels d'après l'étude GBD de l'OMS.

Tableau 11. Estimations de FAE établies par l'OMS pouvant être pertinentes pour les pays développés comme le Canada.

Tableau 12. Estimations de la FAE et du coût des maladies chez les enfants aux États-Unis.

Tableau 13. Estimations des décès et AVCI imputables à l'environnement chez les enfants de trois groupes d'âge dans trois sous-régions d'Europe.

Tableau 14. Profil national de CME établi par l'OMS pour le Canada.

Tableau 15. Estimations de la CME au Canada selon les catégories d'affections.

Tableau 16. Dommages sanitaires de la pollution atmosphérique en Ontario pour quatre années prises à titre d'exemple.

Tableau 17. Expositions éventuelles à des cancérogènes connus ou probables dans l'environnement ou le milieu de travail de 14 zones urbaines et rurales du Nouveau-Brunswick pour la période 1989-2005.

Tableau 18. Expositions environnementales et recommandations faites à Action Cancer Ontario.

Tableau A-1. Résumé des études de CME mondiale et régionales sélectionnées.

Tableau A-2. Résumé des études de CME sélectionnées réalisées aux États-Unis.

Tableau A-3. Résumé des études de CME sélectionnées réalisées en Europe.

Tableau A-4. Résumé des études de CME réalisées au Canada.

Tableau A-5. Études épidémiologiques réalisées au Canada examinant la pollution atmosphérique en tant que facteur de risque environnemental.

Tableau A-6. Études réalisées au Canada examinant le cancer en tant que problème de santé imputable à l'environnement.

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Cadre d'étude de la charge de morbidité : réseau de causes simplifié reliant expositions et effets sur la santé.

Figure 2. Comparaison des ordres de grandeur de la principale charge de morbidité imputable aux facteurs de risque environnementaux dans les régions développées et en développement.

Figure 3. Cadre d'évaluation de la charge de morbidité imputable à l'exposition au plomb.

Figure 4. Les deux approches de l'estimation de la charge de morbidité imputable à l'environnement.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AES	Anciennes économies socialistes d'Europe
ALC	Amérique latine et Caraïbes
ASPC	Agence de la santé publique du Canada
AVCI	Année de vie corrigée du facteur invalidité
BPCO	Bronchopneumopathie chronique obstructive
CCNSE	Centre de collaboration nationale en santé environnementale
CEHAPE	Children's Environment and Health Action Plan for Europe (Plan d'action pour l'environnement et la santé des enfants en Europe)
CME	Charge de morbidité imputable à l'environnement
CMM	Charge mondiale de morbidité
CSPA	Coûts sanitaires associés à la pollution atmosphérique
DEAS	Division des effets de l'air sur la santé
ECR	Évaluation comparative des risques
EMCS	Enquête canadienne sur les mesures de la santé
EME	Économies de marché établies
EVAS	Espérance de vie ajustée en fonction de la santé
EVSI	Espérance de vie sans incapacité
FAE	Fraction attribuable à l'environnement
FCE	Fonction concentration-effet
FTA	Fumée de tabac ambiante
HEIMTSA	Health and Environment Integrated Methodology and Toolbox for Scenario Assessment ¹
HSPH	Harvard School of Public Health (École de santé publique de l'Université Harvard)
INTARESE	Integrated Assessment of Health Risks of Environmental Stressors in Europe ²
IQA	Indice de la qualité de l'air
IRISPC	Initiative de recherche interventionnelle en santé des populations du Canada
ISP	Impact sur la santé de la population des maladies au Canada
MIREC	Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement (abréviation de Maternal-Infant Research on Environmental Chemicals)
MP	Matière particulaire
MP ₁₀	Matière particulaire d'un diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres
MP _{2,5}	Matière particulaire d'un diamètre inférieur ou égal à 2,5 micromètres
NAS	National Academy of Sciences (académie des sciences des États-Unis)
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OIT	Organisation internationale du Travail
OMA	Ontario Medical Association (Association médicale de l'Ontario)
OMS	Organisation mondiale de la Santé
PCSEE	Partenariat canadien pour la santé des enfants et l'environnement
QVLS	Qualité de vie liée à la santé

¹ Programme de recherche européen visant à mettre au point une méthodologie d'évaluation des effets de l'environnement sur la santé et une boîte à outils pour l'application de méthodologie à divers scénarios de politiques.

² Programme international visant à effectuer une évaluation intégrée des risques sanitaires des agents environnementaux en Europe.

RIVM	Institut national de la santé publique et de la protection de l'environnement des Pays-Bas
RNSPA	Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique
US EPA	United States Environmental Protection Agency (agence de protection de l'environnement des États-Unis)
UV	Ultraviolet

1.0 Introduction

Les maladies et décès potentiellement évitables résultant de l'exposition aux contaminants environnementaux coûteraient au Canada environ 3,6 à 9,1 milliards de dollars par an en soins de santé selon les estimations (Boyd et Genuis, 2008). Ces coûts résultent principalement de certaines catégories d'affections (comme les maladies cardiovasculaires et respiratoires) pouvant être provoquées ou aggravées par l'exposition de la population à différents contaminants de l'environnement (pollution de l'air intérieur et extérieur, plomb, etc.). Des préoccupations ont également été soulevées quant aux effets indésirables possibles de certains facteurs environnementaux sur l'évolution des grossesses et la santé des enfants au Canada, ainsi qu'aux coûts économiques et sociaux imputables à la charge de morbidité infantile liée à l'environnement (Bérubé, 2007). Selon un rapport du groupe d'experts sur le cancer (Cancer Panel) de la présidence des États-Unis publié récemment, les décisions politiques et les stratégies nationales en matière de prévention sanitaire, d'accès aux soins et de réforme du système de santé ne tiennent pas suffisamment compte des données scientifiques relatives aux effets de l'exposition à un ou plusieurs contaminants du milieu sur l'apparition et l'évolution des maladies, ainsi qu'aux coûts résultants pour le système de santé et la société (Département de la Santé et des Services sociaux des États-Unis [DHSS], 2010).

Le fait que la charge mondiale de morbidité est imputable à un éventail de facteurs de risque liés notamment à l'environnement, au mode de vie et à l'activité professionnelle est reconnu depuis de nombreuses années. Certains des premiers efforts visant à établir un lien entre problèmes de santé et facteurs de risque particuliers (liés notamment à l'environnement) se sont penchés sur les déterminants du cancer. L'étude phare de Doll et Peto (1981), qui estimait le pourcentage de décès par cancer évitables pouvant être imputés à des facteurs liés au mode de vie et à l'environnement aux États-Unis, a été l'une des premières à tenter de quantifier la relation entre facteurs de risque et problèmes de santé. Depuis lors, un certain nombre d'études ont essayé de quantifier la charge de morbidité à l'échelle du monde, ainsi que de différents pays ou régions (en particulier dans les années 1990). Ces études brossent un tableau de la santé publique en termes de charge de morbidité et de mortalité pour différentes catégories d'affections (cancer, cardiopathies, blessures, etc.) et de facteurs de risque. Cependant, la plupart de ces études ne se concentraient pas sur les facteurs de risque environnementaux, à l'exception de la prise en compte d'une éventuelle pollution de l'environnement dans les pays en développement. L'étude GBD (Global Burden of Disease), un travail largement cité, fut l'un des premiers efforts mondiaux de ce type à évaluer l'invalidité et la mortalité prématurées résultant d'un grand nombre de maladies et blessures imputables à différentes expositions de la population (Murray et Lopez, 1996). Les problèmes de santé pris en compte dans l'étude GBD de 1990 ont été attribués à huit grands facteurs de risque (dont une minorité étaient directement liés à l'environnement) : malnutrition, problèmes d'assainissement de l'eau et d'hygiène personnelle, rapports sexuels non protégés, consommation d'alcool, exposition professionnelle, tabagisme, hypertension et activité physique. Une autre étude GBD réalisée en 2001 a pris en compte un plus grand nombre de facteurs de risque, dont plusieurs sont directement liés à l'environnement : problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène; pollution atmosphérique urbaine; pollution de l'air intérieur par l'usage domestique de combustibles solides; etc. (Lopez et al., 2006a).

Comme les évaluations de la charge de morbidité effectuées jusqu'alors négligeaient généralement les problèmes propres à la santé environnementale, d'autres études ont essayé de déterminer et quantifier la charge de morbidité liée à l'environnement (CME) à l'échelle du monde et des différents pays ou régions. Ces études se fondent généralement sur l'approche traditionnelle de l'évaluation de la charge de morbidité et définissent l'environnement de différentes façons. Le cadre actuellement recommandé pour les études de CME se fonde sur un réseau de causes liant les dangers et facteurs de risque environnementaux à la charge de morbidité (Prüss et al., 2001; Prüss-Üstün et al., 2003). En règle générale, l'estimation de la CME utilise une approche basée sur l'exposition et une autre fondée sur les effets, la seconde étant employée plus fréquemment à cause du manque de données sur les niveaux d'exposition de la population et sur les relations quantitatives dose-effet. L'approche basée sur les effets consiste à rassembler des statistiques sanitaires sur la population pour différentes catégories d'affections et à déterminer la fraction attribuable à l'environnement (FAE), c'est-à-dire le pourcentage de la charge de morbidité imputable aux expositions environnementales.

Au Canada, des efforts sont en cours pour évaluer la charge de morbidité imputable aux facteurs de risque environnementaux au moyen d'approches novatrices et de données idoines. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a également élaboré un profil de la charge de morbidité environnementale au Canada, et plusieurs études publiées ont estimé cette charge pour différentes catégories d'affections et de facteurs de risque dans l'ensemble du pays ou pour certaines de ses régions. D'autres études mondiales, régionales et nationales apportent des données supplémentaires qui pourraient servir à établir des estimations propres au Canada. Malgré l'importance des lacunes statistiques et des besoins de recherche, les études disponibles apportent des renseignements pertinents aux responsables des politiques et professionnels de la santé chargés d'allouer les ressources peu abondantes et de concevoir ou mettre en œuvre des politiques de santé environnementale destinées à traiter directement les différentes causes de morbidité. Ces renseignements peuvent également servir à mieux informer le public sur les façons de réduire l'exposition aux facteurs associés à différents problèmes de santé.

Le présent rapport est un examen systématique des études de CME réalisées au Canada ou pouvant être pertinentes dans le contexte canadien. Il est important de reconnaître que les études de charge de morbidité environnementale disponibles définissent les facteurs de risque environnementaux de différentes façons, certaines ne retenant que les facteurs liés à l'environnement de l'ensemble de la population (pollution atmosphérique, pollution des eaux), d'autres prenant également en considération des facteurs liés au mode de vie individuel (tabagisme, obésité) ou à l'exposition professionnelle. Bien que, par souci d'exhaustivité, cet examen englobe l'ensemble de ces études, nous essayons de limiter la discussion aux estimations de charge de morbidité se rapportant plus particulièrement aux facteurs de risque environnementaux auxquels est exposée la population dans son ensemble. Non seulement cette approche permet-elle de comparer ce qui est comparable dans les différentes études, mais elle pourrait aussi s'avérer plus utile dans la perspective de la mise au point de programmes d'intervention sanitaire ciblés et efficaces. Nous apportons également des informations de base sur quelques-unes des premières études de charge de morbidité, car elles servent d'ossature ou d'éléments de structure à plusieurs des études de CME qui ont suivi. Nous signalons également les lacunes statistiques et besoins de recherche importants, en faisant plusieurs recommandations de suivi à l'intention du Centre de collaboration nationale en santé environnementale (CCNSE)

ou d'autres organismes sanitaires ou environnementaux canadiens. La suite de ce rapport comprend : (1) un examen des méthodes utilisées pour répertorier les études pertinentes sur la charge de morbidité environnementale et faire l'inventaire des publications correspondantes; (2) un résumé des informations de base sur les premières études de charge de morbidité et méthodes de calcul de la CME et des FAE; (3) un examen et une synthèse des études de CME mondiales, régionales, nationales et locales existantes offrant le plus de pertinence pour le Canada; et (4) un examen des lacunes statistiques et besoins de recherche essentiels, accompagné d'une liste de recommandations à l'intention des responsables des politiques et professionnels de la santé du Canada.

2.0 Méthodes

Afin de répertorier les données et informations pertinentes sur les études liées à la CME au Canada, nous avons effectué un examen systématique des publications à comité de lecture, des livres blancs et de la littérature grise parus au cours des 15 à 20 dernières années. Cette recherche documentaire a porté plus particulièrement sur la période de 1995 à 2010, mais certains travaux antérieurs importants sont également cités. Nous nous sommes notamment procuré les principales publications relatives aux premières évaluations de la charge de morbidité et méthodes d'estimation de la CME pour apporter un contexte plus large quant à leur origine et à leur fondement. Nous avons également répertorié et résumé les études et articles de synthèse mondiaux, régionaux et non canadiens sur la CME, en indiquant quels documents ou ensembles de données pourraient s'avérer pertinents dans le contexte canadien. Enfin, nous avons inventorié et résumé les études et analyses relatives à la CME qui ont été réalisées spécialement pour le Canada. Il est à noter que certains de ces derniers documents ne constituent pas des études à proprement parler, mais plutôt des ensembles de données de base pouvant servir à réaliser des études de CME locales ou nationales au Canada. Ces derniers documents ne sont inclus qu'à titre indicatif et ne constituent pas un inventaire exhaustif des données environnementales disponibles qui pourraient servir à une étude de la CME au Canada. En général, les études s'attachant à démontrer l'association entre une exposition environnementale particulière et un effet sur la santé n'ont pas été incluses dans ce rapport, puisqu'elles ne représentent qu'une composante des études de CME sans vraiment en constituer une.

En raison de la grande variabilité des plans, modèles et méthodes des nombreuses études de CME réalisées à ce jour, nous nous sommes résolu à résumer l'ensemble des publications existantes en incluant toutes les études pertinentes répertoriées, même si certaines peuvent apporter des estimations plus fiables ou plus solides que d'autres. Dans l'état actuel des connaissances, nous ne pensons pas qu'il soit possible de classer ces études en fonction de leur fiabilité respective. Toutefois, tout au long de la partie *Résultats* de ce rapport, nous essayons de déterminer celles des études et estimations de CME qui pourraient être les plus pertinentes pour le Canada, ainsi que celles qui ont moins de chances de l'être.

Les documents sélectionnés pour figurer dans cette étude devaient soit (1) présenter des informations de base utiles sur les premières études de charge de morbidité et méthodes d'estimation de la CME, soit (2) apporter des estimations de CME ou de FAE basées sur des études mondiales, régionales ou propres au Canada. Les documents du premier type sont résumés ci-après dans la partie *Informations de base*, et ceux du second type dans la partie

Résultats et à l'annexe 1 (tableaux A1 à A6). Notre recherche documentaire s'est fondée principalement sur les ressources électroniques disponibles dans le système de bibliothèque de l'Université Harvard. Conduite en anglais, elle portait notamment sur des termes tels que les suivants : *burden [et] illness (ou) disease [et] Canada; burden [et] illness (ou) disease [et] environment**; *burden [et] illness (ou) disease [et] method**. Nous avons utilisé l'ensemble des bases de données et moteurs de recherche importants disponibles à partir du système de l'Université Harvard, y compris plusieurs bases de données exclusives. En voici la liste :

- Index de citations du service Web of Science de la société ISI;
- JSTOR;
- PubMed (Bibliothèque nationale de médecine des États-Unis);
- MEDLINE (sous OvidSP);
- Google Scholar;
- Google Livres;
- base de données TRIP;
- Embase (sous OvidSP);
- Scirus;
- Environmental Research (ressources de l'Université Harvard).

Nous avons passé au crible tous les documents ainsi recensés afin d'établir leur pertinence. Dans un premier temps, nous avons parcouru le résumé ou sommaire de chaque publication pour déterminer sa pertinence, puis nous avons examiné toutes les publications pertinentes dans leur intégralité. Par ailleurs, nous avons dépouillé les publications sélectionnées au fur et à mesure de leur acquisition de manière à obtenir des références supplémentaires non répertoriées par la recherche documentaire initiale.

En plus de la recherche documentaire à partir du système de l'Université Harvard, nous en avons effectué une sur les sites Web pertinents du Canada, des États-Unis et d'autres pays, notamment ceux d'Environnement Canada, de Santé Canada, de l'Agence de la santé publique du Canada (ASPC), de Ressources naturelles Canada, du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, de l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (EPA) et de l'OMS.

3.0 Informations de base

3.1 Premières études sur la charge de morbidité

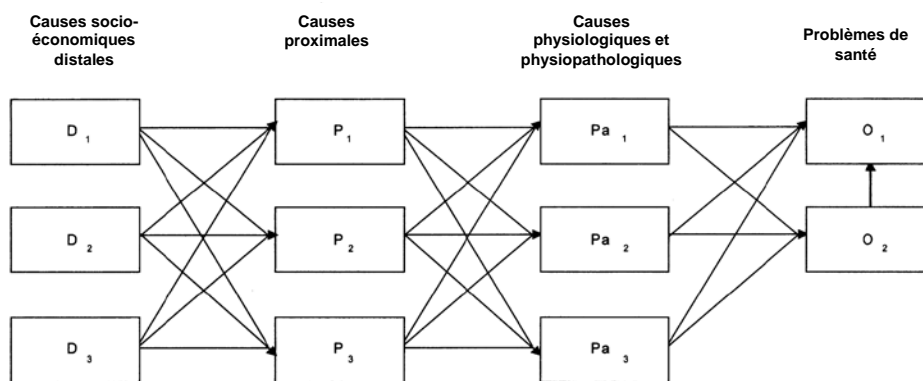
Il est important de bien comprendre les premières études de charge de morbidité, car elles servent d'ossature ou d'éléments de structure à plusieurs des études de CME qui ont suivi. Nous dressons donc un tableau d'ensemble de quelques-unes des premières études de morbidité importantes réalisées aux États-Unis et dans le monde. Cet aperçu ne vise pas à donner un compte rendu exhaustif des publications sur la charge de morbidité, mais plutôt à fournir un cadre contextuel pour la compréhension des méthodes mises au point pour réaliser les études de CME pertinentes pour le Canada.

L'étude phare de Doll et Peto (1981) a été l'une des premières à tenter d'évaluer l'effet de certains facteurs liés à l'environnement et au mode de vie sur la charge de mortalité (plutôt que

de morbidité) d'une population : elle a estimé le pourcentage de décès par cancer évitables dont ces facteurs auraient pu être la cause aux États-Unis. À partir d'une analyse documentaire approfondie, les auteurs ont conclu que 35 % (intervalle de 10 à 70 %) et 30 % (intervalle de 25 à 40 %) de l'ensemble des décès par cancer à cette époque étaient imputables respectivement à l'alimentation et à l'exposition au tabac. Ils ont cependant souligné que, bien que la fraction attribuable estimée du premier facteur de risque fût supérieure à celle du second, elle présentait une bien plus grande incertitude, et donc la fraction attribuable à l'exposition au tabac, connue de manière plus fiable, y était supérieure. Cette étude a estimé qu'environ 4 % (intervalle de 2 à 8 %) de tous les décès par cancer (principalement celui du poumon) étaient alors imputables aux expositions professionnelles et qu'environ 2 % (intervalle de moins de 1 à 5 %) étaient imputables à la pollution.

Dans une perspective mondiale plus large, l'étude GBD de 1996, organisée par la Banque mondiale en collaboration avec l'OMS et la Harvard School of Public Health (HSPH), fut l'une des premières à tenter d'évaluer l'invalidité et la mortalité prématurées causées par un grand nombre de maladies et de blessures résultant de différentes expositions de la population à travers le monde (Murray et Lopez, 1996, 1999). Le cadre de l'étude GBD était fondé sur un concept de chaîne causale reliant différents types de causes ou d'expositions à des problèmes de santé particuliers (la figure 1 présente le diagramme d'un réseau de causes simplifié à titre d'illustration). Les facteurs sociaux, culturels et économiques distaux étaient présumés influencer l'évolution de la santé à travers les comportements ou expositions des individus (consommation de tabac, alimentation), alors que les déterminants ou facteurs de risque proximaux étaient présumés l'influencer par des voies ou mécanismes physiologiques et physiopathologiques tels que poids, pression artérielle, etc. (Murray et Lopez, 1999). Ce cadre rendait également compte des effets sanitaires pouvant entraîner différents troubles, handicaps fonctionnels (invalidités), décès ou dommages non sanitaires au bien-être (Lopez et al., 2006b).

Figure 1. Cadre d'étude de la charge de morbidité : réseau de causes simplifié reliant expositions et effets sur la santé (source : Murray et Lopez, 1999)



L'étude GBD initiale visait à apporter une évaluation approfondie de la charge mondiale de morbidité en 1990. Ses principaux objectifs étaient les suivants : (1) estimer de manière cohérente la mortalité imputable à 107 grandes causes de décès dans le monde et dans huit régions particulières; (2) estimer de manière cohérente l'incidence, la prévalence, la durée et le taux de létalité de 483 séquelles handicapantes des causes susmentionnées; (3) estimer la fraction

de la charge de mortalité et d'incapacité imputable à dix grands facteurs de risque; (4) mettre au point des scénarios prospectifs de la charge de mortalité et d'incapacité par âge, sexe et région (Murray et Lopez, 1996, 1999). L'étude GBD était notamment guidée par le principe suivant lequel toutes les sources de données de santé pouvaient contenir des informations utiles, et c'est un jugement d'expert fondé sur la collaboration de plus d'une centaine de scientifiques dans plus de vingt pays qui a servi à évaluer la documentation et à en tirer l'estimation des charges de morbidité imputables aux facteurs de risque retenus (Murray et Lopez, 1999; Lopez et al., 2006a, b).

Outre le premier ensemble complet et cohérent d'estimations de la mortalité et de la morbidité, l'étude GBD a apporté, pour quantifier la charge de morbidité, une nouvelle unité de mesure appelée *année de vie corrigée du facteur invalidité* (AVCI), qui permet d'évaluer la santé de la population de manière synthétique en tenant compte des années de vie perdues par décès prématuré et de celles vécues sans être en pleine santé (Murray et Lopez, 1999; Mathers et al., 2006a). Les AVCI ont été estimées pour différentes catégories d'affections ou de blessures et pour différents facteurs de risque en fonction des données de causalité, de prévalence, d'exposition et d'évolution alors disponibles (voir le tableau 1).

Tableau 1. AVCI estimées pour 25 maladies et blessures importantes en fonction de huit grands facteurs de risque d'après l'étude GBD de 1990 (source : Murray et Lopez, 1999)

Maladies ou blessures	AVCI (en millions)	Facteurs de risque
	219,6	Malnutrition
Infections des voies respiratoires inférieures	112,9	
Maladies diarrhéiques	99,6	
	93,4	Problèmes d'assainissement de l'eau et d'hygiène personnelle
Affections périnatales	92,3	
Dépression majeure unipolaire	50,8	
	48,7	Rapports sexuels non protégés
	47,7	Alcool
Cardiopathie ischémique	46,7	
Maladie vasculaire cérébrale	38,5	
Tuberculose	38,4	
	37,9	Exposition professionnelle
Rougeole	36,5	
	36,2	Tabac
Accidents de la circulation	34,3	
Anomalies congénitales	32,9	
Paludisme	31,7	
BPCO	29,1	
Chutes	26,7	
Anémie ferriprive	24,6	
Malnutrition protéino-calorique	20,9	
Guerre	20,0	
	19,0	Hypertension
Blessures auto-infligées	18,9	
Tétanos	17,5	
Violence	17,4	
Consommation d'alcool	16,6	
Noyades	15,7	

Trouble bipolaire	14,2	
	13,6	Sédentarité
Coqueluche	13,4	
Arthrose	13,3	
Cirrhose	13,2	

Il est à noter que, selon ces estimations, les plus fortes charges de morbidité mondiales sont imputables à deux facteurs de risque caractéristiques des pays en développement plutôt que des pays développés : la malnutrition et les problèmes de salubrité de l'eau et d'assainissement (voir le tableau 2). Cela est dû au fait que, dans le monde en développement, des populations relativement importantes sont sous-alimentées et manquent d'eau potable et de systèmes d'assainissement. En revanche, les estimations indiquent que les facteurs de risque comme le tabac, l'alcool, l'exposition professionnelle, l'hypertension, la sédentarité et la pollution atmosphérique entraînent une plus grande charge de morbidité dans les régions développées que dans celles en développement. Ces résultats laissent à penser que les estimations de charge mondiale de morbidité ne sont pas nécessairement pertinentes pour les évaluations par pays, puisque les conditions et facteurs de risque sous-jacents sont différents.

Tableau 2. Pourcentage de décès et d'AVCI imputables à dix grands facteurs de risque selon l'étude GBD de 1990 (adapté d'après Murray et Lopez, 1999)

	Monde		Pays développés		Pays en développement	
	Décès (%)	AVCI (%)	Décès (%)	AVCI (%)	Décès (%)	AVCI (%)
Malnutrition	11,7	15,9	0,0	0,0	14,9	18,0
Problèmes de salubrité de l'eau et d'assainissement	5,3	6,8	0,0	0,1	6,7	7,6
Rapports sexuels non protégés	2,2	3,5	0,8	2,1	2,5	3,7
Tabac	6,0	2,6	14,5	12,1	3,7	1,4
Alcool	1,5	3,5	1,3	9,6	1,6	2,7
Exposition professionnelle	2,2	2,7	2,1	4,6	2,3	2,5
Hypertension	5,8	1,4	12,9	4,7	3,8	0,9
Sédentarité	3,9	1,0	10,1	4,0	2,3	0,6
Drogues illicites	0,2	0,6	0,3	1,9	0,2	0,4
Pollution atmosphérique	1,1	0,5	2,5	1,5	0,7	0,4

Plusieurs aspects de l'étude GBD de 1990 ont fait l'objet de nombreuses critiques dans le milieu scientifique, notamment les méthodes utilisées pour établir les facteurs de pondération en fonction de l'âge et les scores de gravité des handicaps, qui sont basés essentiellement sur l'opinion d'experts plutôt que sur des évaluations de l'état de santé de la population (Lopez et al., 2006b). L'étude GBD initiale a également suscité un certain nombre de questions méthodologiques quant à la possibilité de réaliser des évaluations comparables de la charge de morbidité, vu l'absence de méthodes standardisées et les différences de fiabilité entre les études épidémiologiques sous-jacentes du risque relatif et des niveaux d'exposition des populations (Murray et Lopez, 1999; Lopez et al., 2006b). Par exemple, les mesures d'exposition aux facteurs de risque retenus sont souvent d'assez mauvaise qualité et varient selon le facteur de

risque, la méthode de mesure, le décalage temporel et la distribution de référence (voir le tableau 3).

Un module d'évaluation comparative des risques (ECR) a donc été mis au point dans le cadre de l'étude GBD afin d'évaluer systématiquement les changements dans la santé de la population qu'entraînerait une modification de la distribution de son exposition à un facteur de risque ou groupe de facteurs de risque; en pratique, les fractions de morbidité attribuables à un facteur de risque ont été calculées à partir de comparaisons entre la charge de morbidité attendue selon la distribution de l'exposition actuellement estimée et celle attendue selon une distribution différente ou hypothétique (Murray et Lopez, 1999; Ezzati et al., 2006). Cette vision élargie a permis de définir cette distribution sur plusieurs niveaux et intensités d'exposition (plutôt que par comparaison à une exposition nulle) et quatre types de distributions hypothétiques ont été décrits : risque minimum théorique, risque minimum plausible, risque minimum possible et risque minimum rentable (Murray et Lopez, 1999). L'estimation de la charge attribuable dans le cadre GBD révisé nécessitait les types de données suivants : (1) risques relatifs pour chaque cause de décès et d'invalidité en fonction du niveau d'exposition; (2) niveaux d'exposition actuels (et passés pour les variables décalées dans le temps); (3) distribution hypothétique de l'exposition; et (4) charge de morbidité associée à chaque cause de décès et d'invalidité dans une population donnée.

Tableau 3. Récapitulation des différences méthodologiques entre les approches utilisées pour estimer la charge imputable à dix grands facteurs de risque selon l'étude GBD de 1990 (source : Murray et Lopez, 1999)

Facteur de risque	Type de facteur de risque		Risque relatif après ajustement en fonction des facteurs de confusion	Mesure de l'exposition	Distribution de référence de l'exposition	Décalage temporel entre exposition et effets
	Exposition	État physiologique				
Malnutrition		0		Population à plus de 2 écarts type en dessous du poids moyen pour l'âge selon des enquêtes nationales de grande envergure	Population de poids supérieur au poids moyen pour l'âge moins 2 écarts type	Intermédiaire
Problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène	0			Basée sur la voie de propagation oro-fécale théorique	Nulle	Court

Rapports sexuels non protégés	0			Basée sur le modèle théorique de transmission des MST et sur les enquêtes sur la demande de contraception pour les affections maternelles	Nulle	Court à long
Alcool (maladie)		0	0	Indexée sur la consommation d'alcool, la cirrhose sans hépatite B et le syndrome de dépendance à l'alcool	Nulle	Long
Alcool (blessure)	0			Indexée sur l'estimation des habitudes de consommation d'après des études à petite échelle	Nulle	Court
Exposition professionnelle (maladie)	0			Données enregistrées pour les EME, les AES et la région ALC et taux constants pour toutes les autres régions	Nulle	Long
Exposition professionnelle (blessure)	0			Données enregistrées pour les EME et taux constants pour toutes les autres régions	Nulle	Court
Tabac	0		0	Indexée sur le cancer du poumon	Nulle	Long
Hypertension		0		Enquêtes démographiques sur la pression artérielle	Tension artérielle systolique de 110 mm Hg	Long
Sédentarité	0		0	Enquêtes démographiques sur les habitudes d'activité	Activité physique régulière	Long
Drogues illicites	0			Études de petite échelle	Nulle	Court et intermédiaire

Pollution atmosphérique	0			Systèmes de surveillance en zone urbaine pour la plupart des régions	Directives de l'OMS	Court à long
-------------------------	---	--	--	--	---------------------	--------------

Ce nouveau cadre unifié a constitué la base sous-jacente de l'étude GBD de 2001, qui a estimé les AVCI pour les différents facteurs de risque, ainsi que les effets conjoints de plusieurs facteurs de risque pour l'ensemble du monde et pour les pays à revenu faible ou moyen par rapport aux pays à revenu élevé (voir le tableau 4). L'évaluation de 2001 a inclus des catégories particulières englobant des facteurs de risque environnementaux tels que les problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène, la pollution atmosphérique urbaine (matières particulaires [MP] de diamètre compris entre 2,5 et 10 microns [MP_{2,5} et MP₁₀]) et la pollution de l'air intérieur par l'usage domestique de combustibles solides (Ezzati et al., 2006; Lopez et al., 2006a, b; Mathers et al., 2006a).

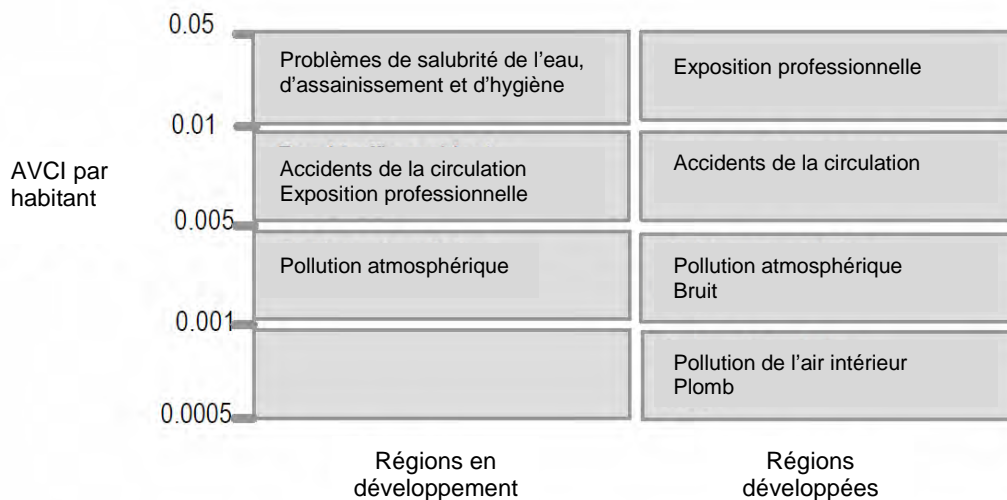
Tableau 4. Pourcentage de décès et d'AVCI imputables à différents facteurs de risque selon l'étude GBD de 2001 (adapté d'après Lopez et al., 2006b)

	Monde		Revenu faible ou moyen		Revenu élevé	
	Décès (%)	AVCI (%)	Décès (%)	AVCI (%)	Décès (%)	AVCI (%)
Sous-nutrition infantile et maternelle						
Insuffisance pondérale infantile	6,5	7,9	7,5	8,7	0,0	< 0,1
Anémie ferriprive	1,1	1,6	1,3	1,7	0,1	0,5
Carence en vitamine A	1,4	1,6	1,7	1,8	0,0	0,0
Carence en zinc	1,5	1,8	1,8	2,0	0,0	< 0,1
Autres facteurs de risque liés à la nutrition et à la sédentarité						
Pression artérielle élevée	13,5	6,0	12,9	5,6	17,6	9,3
Taux de cholestérol élevé	6,9	3,4	6,3	3,1	10,7	6,3
Surpoids et obésité	4,2	2,8	3,6	2,3	7,8	7,2
Faible consommation de fruits et légumes	4,7	2,4	4,8	2,4	4,2	2,7
Sédentarité	3,4	1,8	3,2	1,6	4,8	3,2
Substances toxicomanogènes						
Tabagisme	8,5	4,7	6,9	3,9	18,5	12,7
Consommation d'alcool	3,4	3,6	3,9	3,6	0,3	4,4
Consommation de drogues illicites	0,4	0,6	0,4	0,6	0,5	1,4
Santé sexuelle et reproductive						
Rapports sexuels non protégés	5,1	5,3	5,8	5,8	0,4	0,6
Méthodes de contraception inefficaces ou non utilisées	0,3	0,5	0,3	0,5	0,0	< 0,1
Risques liés à l'environnement						
Problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène	2,8	3,4	3,2	3,7	< 0,1	0,2
Pollution atmosphérique urbaine	1,4	0,6	1,5	0,6	1,0	0,4
Pollution de l'air intérieur par l'usage domestique de combustibles solides	3,2	2,7	3,7	3,0	0,0	< 0,1
Autres risques choisis						
Injections contaminées en milieu de soins	0,7	0,6	0,8	0,6	< 0,1	< 0,1
Abus sexuels envers les enfants	0,1	0,4	0,1	0,4	< 0,1	0,5
Combinaison de tous les facteurs de risque	45,3	35,9	45,6	36,1	44,0	34,3

Malgré l'inclusion de plusieurs facteurs de risque environnementaux dans ces études de charge de morbidité, les évaluations n'étaient pas conçues pour rendre compte des problèmes propres à la santé environnementale. On a donc entrepris des efforts supplémentaires, par rapport à la première étude GBD, pour refléter l'importance reconnue des facteurs d'exposition environnementale (et professionnelle) en tant que prédicteurs de la charge de morbidité de la population. Par exemple, l'OMS et l'OIT (Organisation internationale du Travail) ont réuni en 1997 un groupe international de scientifiques afin d'examiner les différentes méthodes proposées pour l'évaluation quantitative de l'impact des expositions environnementales et professionnelles sur l'état de santé d'une population et de formuler des suggestions pour les améliorer (Pastides et Corvalán, 1998).

En 2000, à la suite du 12^e congrès annuel de l'International Society for Environmental Epidemiology, l'OMS a également organisé un atelier sur les problèmes et méthodes de l'évaluation de la CME (Kay et al., 2000). Cet atelier avait deux objectifs principaux : (1) apporter des recommandations méthodologiques sur l'évaluation quantitative de la charge de morbidité imputable aux facteurs de risque environnementaux au niveau national ou régional; (2) créer un réseau d'experts intéressés par la mise en œuvre conceptuelle et pratique d'une évaluation de la CME. Les participants y ont examiné les différences observées dans les ordres de grandeur entre les régions du monde les moins développées et les plus développées selon les précédentes études évaluant la charge de morbidité imputable aux facteurs de risque environnementaux (voir la figure 2).

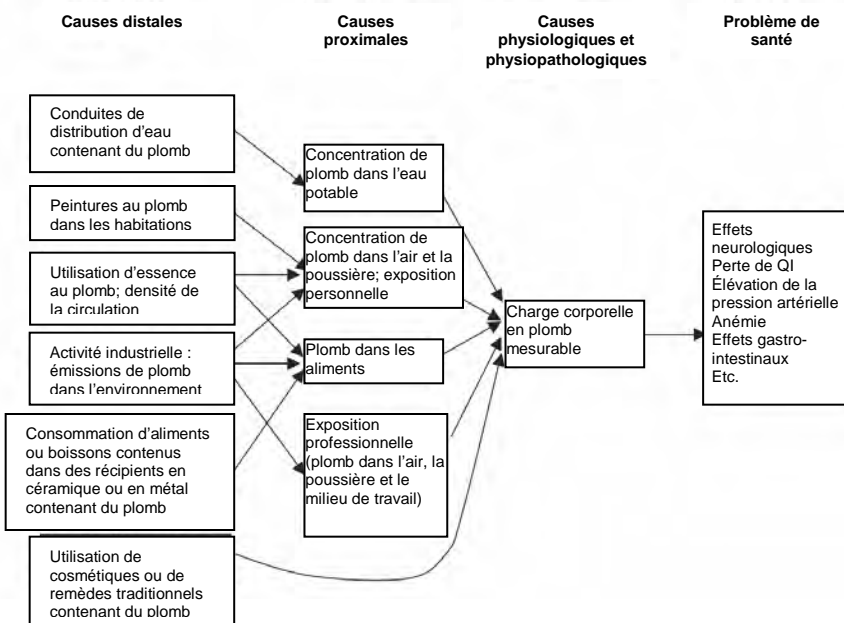
Figure 2. Comparaison des ordres de grandeur de la principale charge de morbidité imputable aux facteurs de risque environnementaux dans les régions développées et en développement (Source : Kay et al., 2000)



Dans leur article, Prüss et al. (2001) ont eux aussi présenté un certain nombre de facteurs de risque environnementaux par type de danger et par importance relative et ont recommandé, tout comme l'étude GBD, un cadre fondé sur un réseau de causes reliant dangers et facteurs de risque environnementaux à la charge de morbidité. Ils ont également donné des exemples d'estimations

précédentes de la CME et mis en lumière la nécessité de disposer de méthodes harmonisées pour quantifier l'impact des facteurs de risque environnementaux et professionnels sur la charge de morbidité. En 2003, l'OMS a lancé une série de guides d'évaluation de la CME, présentant un cadre méthodologique recommandé pour quantifier les effets sanitaires des facteurs de risque environnementaux en général et donnant des lignes directrices détaillées pour estimer la charge de morbidité imputable à certains facteurs de risque, comme l'exposition au plomb (voir la figure 3). Ces guides d'évaluation de la CME se concentrent sur les études réalisées à l'échelle des populations nationales et locales, qui sont les plus pertinentes pour l'élaboration des politiques, et les méthodes qu'ils recommandent peuvent être adaptées en fonction des données disponibles (Prüss-Üstün et al., 2003).

Figure 3. Cadre d'évaluation de la charge de morbidité imputable à l'exposition au plomb (source : Fewtrell et al., 2004)



Le cadre méthodologique de l'OMS pour l'évaluation de la CME s'appuie sur le projet d'ECR présenté plus haut, qui a quantifié la charge mondiale de morbidité imputable à 26 facteurs de risque ayant un impact majeur sur la santé de la population, dont plusieurs sont liés à l'environnement et à l'exposition professionnelle (voir le tableau 5). À partir des résultats de l'ECR, associés à des analyses documentaires approfondies et à des recommandations formalisées d'experts, l'OMS a effectué d'autres analyses afin de produire des estimations plus opportunes de la charge de morbidité imputable à un éventail de facteurs de risque environnementaux nettement plus large (Prüss-Üstün et Corvalán, 2006, 2007).

Tableau 5. Facteurs de risque environnementaux et professionnels inclus dans l'évaluation comparative des risques (ECR) et dans les études de CME de l'OMS (source : Prüss-Üstün et Corvalán, 2006)

Facteurs de risque	Maladies imputables
Pollution atmosphérique	Infections respiratoires, certaines affections cardio-pulmonaires, cancer du poumon

Pollution de l'air intérieur par l'usage de combustibles solides	BPCO, infections des voies respiratoires inférieures, cancer du poumon
Plomb	Retard mental léger
Problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène	Maladies diarrhéiques, trachome, bilharziose, ascariose, trichocéphalose, ankylostomose
Changement climatique	Maladies diarrhéiques, paludisme, certaines blessures non intentionnelles, malnutrition protéino-calorique
Certains facteurs d'exposition professionnelle : Blessures Bruit Cancérogènes Particules en suspension dans l'air Stress ergonomique	Blessures non intentionnelles Perte d'audition Cancers Asthme, BPCO Douleurs lombaires

3.2 *Approches méthodologiques de l'estimation de la CME*

Il existe deux approches d'usage courant pour estimer la CME, l'une basée sur l'exposition et l'autre sur les effets (Kay et al., 2000; Prüss-Üstün et al., 2003). La première estime la charge de morbidité à partir de la distribution de l'exposition d'une population, et la seconde, à partir de la fraction d'une charge de morbidité attribuable à un facteur de risque donné. Bien que ces deux approches partagent les mêmes hypothèses sous-jacentes sur le lien entre santé et environnement et sur sa quantification, elles nécessitent des types de données différents et des méthodes distinctes. De plus, alors qu'en théorie elles devraient produire les mêmes estimations de CME, c'est rarement le cas dans la pratique.

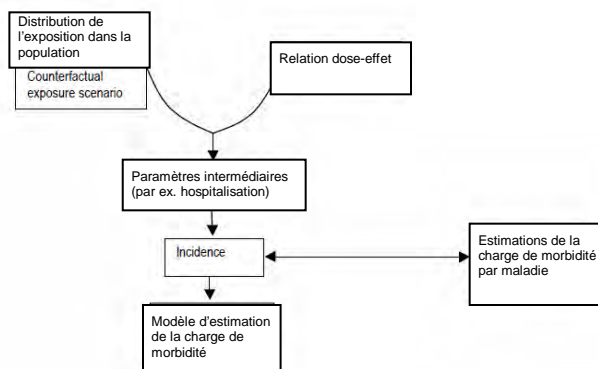
L'approche basée sur l'exposition repose généralement sur les types de données suivants : (1) effets associés aux facteurs de risque environnementaux pertinents; (2) niveaux d'exposition de la population; et (3) relations dose-effet pour les expositions et effets étudiés. La première étape de l'approche basée sur l'exposition consiste à déterminer les différents problèmes de santé associés aux différentes expositions environnementales, ce qui s'accomplit généralement en examinant les documents épidémiologiques disponibles de manière à déterminer s'il existe des données suggérant une association entre l'exposition et l'effet en question. La deuxième étape consiste à quantifier les niveaux d'exposition de la population au facteur de stress environnemental chimique ou non chimique étudié. L'estimation des expositions se fonde généralement sur des données mesurées ou modélisées pour une population, mais il peut être difficile de déterminer l'exposition d'une population pour plusieurs voies ou constituants, et on ne dispose pas souvent de telles données pour effectuer une étude de la CME. La troisième étape consiste à établir les relations dose-effet du facteur de stress en question de manière à évaluer l'ampleur de ses effets nocifs à différents niveaux d'exposition. Il est à noter que les relations dose-effet quantitatives de nombreux facteurs de stress, généralement établies à partir d'études chez l'homme (épidémiologiques) ou les animaux (toxicologiques), sont encore inconnues. La CME se calcule alors en combinant des estimations de l'exposition de la population et de la relation dose-effet. Lorsqu'il existe des relations complexes et concurrentes entre les expositions, on peut recourir à une approche simplifiée dans laquelle la population étudiée est catégorisée selon un certain nombre de scénarios d'exposition hypothétiques correspondant à un risque sanitaire particulier (voir la figure 4).

L'approche basée sur les effets repose sur les types de données suivants : (1) effets associés aux facteurs de risque environnementaux pertinents; (2) statistiques de morbidité et de mortalité; et (3) estimations de la FAE. Comme dans l'approche basée sur l'exposition, la première étape consiste à déterminer les différents problèmes de santé associés aux différentes expositions environnementales à partir d'une analyse de la documentation épidémiologique et toxicologique. En revanche, la deuxième étape consiste à compiler les données statistiques sanitaires pour chaque pays ou région afin d'évaluer le nombre annuel de décès ou de maladies par catégorie de charge de morbidité. Ces données s'obtiennent généralement auprès des ministères et organismes assurant le suivi de la santé publique. La dernière étape, qui pourrait bien être la plus importante (et la plus incertaine), consiste à calculer la FAE pour chaque catégorie de maladie afin de déterminer quel pourcentage de la charge de morbidité estimée est imputable aux expositions environnementales.

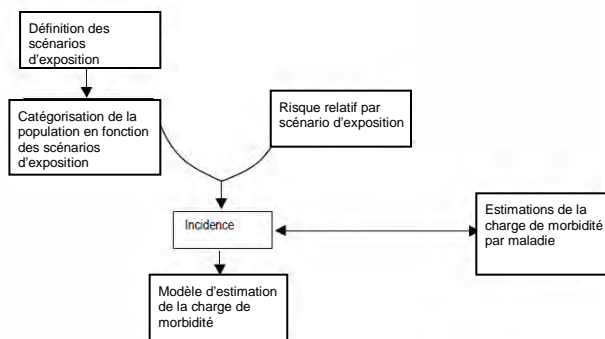
Les calculs de FAE nécessitent notamment de connaître la prévalence de l'exposition dans la population et de disposer d'une estimation du risque relatif dans celle-ci (risque d'apparition de la maladie chez les personnes exposées par rapport aux personnes non exposées). Les estimations du risque relatif s'obtiennent généralement à partir d'études épidémiologiques ayant évalué la charge de morbidité, de préférence chez la population en question. Dans les situations normales d'absence de données, la FAE se détermine en combinant les résultats des évaluations comparatives des risques et des jugements d'expert (obtenus de manière formelle ou informelle) sur la relation épidémiologique entre exposition et effet. Bien que les risques relatifs puissent varier d'une population à l'autre en raison de différences dans les liens de causalité sous-jacents, les principaux prédicteurs de variation de la charge de morbidité sont le niveau et le type d'exposition et le profil de sensibilité de la population (groupe d'âge, état de santé, etc.). Lorsqu'on ne dispose pas de données d'exposition suffisantes et fiables pour une population donnée, on utilise parfois les FAE d'autres groupes comme des estimations indirectes, avec ou sans correction. L'incertitude résultante s'exprime généralement par des estimations basses et hautes ou par la présentation des données sous forme de meilleures estimations et d'intervalles de confiance à 95 %.

Figure 4. Les deux approches de l'estimation de la charge de morbidité imputable à l'environnement (source : Kay et al., 2000)

Approche basée sur l'exposition



Approche basée sur des scénarios



Les études de CME mondiales, régionales et nationales publiées jusqu'ici utilisent le plus souvent les FAE établies par l'OMS (Prüss-Üstün et Corvalán, 2006, 2007) et par l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) (Melse et de Hollander, 2001); voir la partie *Résultats* du présent rapport. Pour déterminer les FAE, l'OMS a eu recours à une méthode consistant à examiner systématiquement les publications à comité de lecture afin d'établir des résumés des meilleures données disponibles sur les effets des facteurs environnementaux pour chacune des 102 maladies et blessures répertoriées dans les statistiques sanitaires mondiales et figurant dans la *Classification internationale des maladies*. Pour chaque maladie ou blessure, les documents inventoriés ont été sélectionnés selon l'ordre de priorité suivant : (1) estimations mondiales de certains risques environnementaux, telles que l'ECR; (2) estimations des effets sur la santé de la population au niveau régional ou national; (3) méta-analyses ou examens des réductions de la charge de morbidité résultant d'interventions sur l'environnement ou sur les déterminants de la santé; et (4) études d'interventions particulières sur les déterminants de la santé. Des résumés des meilleures données disponibles selon ces critères ont été rédigés et soumis à au moins trois experts, invités à donner leur estimation des fractions attribuables à l'environnement (meilleure estimation et intervalle de confiance à 95 %) pour une ou plusieurs maladies, blessures ou catégories d'affections. Ces estimations reposent donc en grande partie sur le jugement d'experts. L'étude de l'OCDE a employé une approche similaire pour estimer les FAE dans les régions à revenu faible et élevé couvertes par ses pays

membres : les estimations du risque relatif ont été obtenues à partir des études épidémiologiques existantes, le cas échéant, et les niveaux d'exposition ont été tirés des rapports internationaux ou établis à partir des estimations publiées.

Une autre approche basée sur les effets, qui diffère de celle de l'OMS, utilise les résultats d'enquêtes auprès de la population pour estimer la qualité de vie liée à la santé (QVLS) associée à une maladie ou affection et à sa prévalence (Manuel et al., 2002). Alors que la méthode de l'OMS exprime les effets en termes d'AVCI, les mesures d'invalidité basées sur les études de QVLS s'expriment en termes d'espérance de vie sans incapacité (EVSI) ou d'espérance de vie ajustée en fonction de la santé (EVAS). Le principal avantage des enquêtes de santé auprès de la population est qu'elles consistent à interroger directement chaque personne tant sur son état de santé effectif que sur ses préférences en la matière, ce qui permet en théorie aux analystes de maîtriser les facteurs de confusion éventuels en limitant le nombre d'hypothèses dans les évaluations de CME propres à un pays. Toutefois, le recours à des mesures d'état de santé autodéclarées introduit un élément de subjectivité considérable et en définitive cette méthode n'estime pas l'impact des différents facteurs de risque de la manière requise pour une étude de CME (elle estime seulement l'impact des changements sur la prévalence de problèmes de santé particuliers plutôt que la FAE pour chaque facteur de risque).

4.0 Résultats

4.1 Études de CME mondiales, régionales et nationales

Dans leur examen des études de CME et de leurs méthodes, Prüss et al. (2001) ont résumé neuf études effectuées du début à la fin des années 1990 (voir le tableau 6) ainsi qu'une sélection de résultats relatifs aux FAE pour différents facteurs de risque environnementaux (voir le tableau 7). Une comparaison de ces études montre à quel point les évaluations de la CME varient quant à leur portée géographique (mondiale, régionale ou nationale), au type de facteur de risque (environnement, mode de vie, activité professionnelle), au facteur de risque environnemental particulier (pollution atmosphérique, plomb, etc.), à la méthodologie (basée sur l'exposition ou sur les effets) et aux unités d'analyse (mortalité, AVCI, etc.). Ces études montrent aussi à quel point l'ampleur de la charge de morbidité imputable aux différents facteurs de risque peut varier d'une région du monde à l'autre (par exemple, le pourcentage de la charge de morbidité imputable à la mauvaise qualité de l'air intérieur est plus élevé dans les pays en développement, comme l'Inde, que dans les pays développés, comme les Pays-Bas). En effet, bien que Smith et al. (1999) aient estimé que la charge mondiale de morbidité imputable à l'environnement atteignait 25 à 33 %, celle touchant les enfants de moins de 5 ans étant la plus élevée, plusieurs des facteurs de risque répertoriés dans cette étude étaient liés aux conditions environnementales des pays en développement (problèmes de salubrité de l'eau ou d'assainissement, pollution de l'air intérieur par l'usage de combustibles solides), la part imputable aux risques environnementaux diminuant avec le développement économique. Comme ces études sont probablement fondées sur des statistiques sanitaires et des données sur l'exposition aujourd'hui dépassées, et que les estimations de la CME y sont largement déterminées par les conditions dans les pays moins développés, elles ne sont pas très utiles pour évaluer la CME actuelle au Canada (mais elles apportent des données historiques pouvant servir de référence pour l'analyse comparative des estimations propres au Canada).

Tableau 6. Résumé des études de CME mondiales, régionales et nationales réalisées du début à la fin des années 1990 (source : Prüss et al., 2001).

Références	Niveau	Facteurs de risque	Méthode	Estimation quantitative	Comparabilité entre les facteurs de risque
de Hollander et al., 1999	National (Pays-Bas)	Plusieurs pour lesquels on dispose de données suffisantes	Basée sur l'exposition	AVCI	Oui
Smith et al., 1999	Mondial	Plusieurs	Basée sur les résultats	AVCI	Oui
Smith et al., 1999	Inde	Mauvaise qualité de l'air intérieur	Basée sur les résultats	Mortalité, AVCI	Oui
Schwela, 1998	Mondial	Mauvaise qualité de l'air	Basée sur l'exposition	Mortalité	Non
Murray et al., 1996	Mondial	Pollution atmosphérique; problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène; exposition professionnelle	Basée sur les résultats	AVCI	Oui
Peritaz et al., 1995	Régional (Canton de Genève)	Plusieurs	Basée sur l'exposition	Non	Non
US EPA, 1993	Différentes régions des États-Unis	Plusieurs	Basée sur l'exposition	Mortalité, morbidité	Qualitative
Leigh et al., 1997	États-Unis	Exposition professionnelle	Basée sur les résultats	Mortalité, morbidité	Non
USAID, 1990	Bangkok	Plusieurs	Basée sur l'exposition	Mortalité, morbidité	Qualitative

Tableau 7. Résumé d'une sélection des résultats d'études de CME mondiales, régionales et nationales réalisées du début à la fin des années 1990 (source : Prüss et al., 2001).

Facteur de risque	Références	Incidence annuelle	Nombre annuel de décès prématurés	AVCI (IC à 95 %)	% de la charge de morbidité totale du domaine étudié
Pollution atmosphérique (sur le long terme)	de Hollander, 1999; Pays-Bas	22 000	8 500	75 900 (45 100 à 106 500)	3 %
Pollution atmosphérique (sur le court terme)	de Hollander, 1999; Pays-Bas	530 000	1 100	2 900 (1 500 à 4 700)	0,12 %
Pollution atmosphérique	Murray, 1996; étude mondiale	non indiqué	506 800	7 254 000	0,5 %
Pollution atmosphérique	USAID, 1990; Bangkok	9 à 51 millions de journées d'activité restreinte	300 à 1 400	non indiqué	non indiqué
Mauvaise qualité de l'air intérieur	de Hollander, 1999; Pays-Bas	780 603	540	7 610 (3 770 à 12 300)	0,31 %

Mauvaise qualité de l'air intérieur	Smith, 1999; Inde Étude mondiale	non indiqué	500 000 2 000 000	11 à 16 millions 55 à 83 millions	4 à 6 % 4 à 6 %
Plomb	de Hollander, 1999; Pays-Bas	1 760	0	7 950 (980 à 18 700)	0,32 %
Plomb	USAID, 1990; Bangkok	perte de QI de 1 à 3 points chez 96 000 enfants et de 4 points ou plus chez 32 000 autres; 320 000 cas d'hypertension	210 (maladies cardiovasculaires)	non indiqué	non indiqué
Bruit	de Hollander, 1999; Pays-Bas	2 800 830	40	28 750 (7 370 à 53 600)	1,2 %
Alimentation	de Hollander, 1999; Pays-Bas	1 093 000	48	4 240 (760 à 12 300)	0,17 %
Problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène	Murray, 1996; étude mondiale	non indiqué	2 668 000	93 392 000	6,8 %
Agents microbiologiques et maladies infectieuses	USAID, 1990; Bangkok	170 000	non indiqué	non indiqué	non indiqué
Rayonnement UV	de Hollander, 1999; Pays-Bas	2 530	20	530 (220 à 900)	0,02 %
Accidents de la circulation	de Hollander, 1999; Pays-Bas	42 000	1 320	74 570 (52 900 à 97 500)	3 %
Accidents de la circulation	Murray, 1996; étude mondiale	14 405 000	999 000	34 300 000	2,4 %
Accidents domestiques	de Hollander, 1999; Pays-Bas	1 630 300	2 020	106 100 (73 400 à 163 000)	4,2 %
Exposition professionnelle	Murray, 1996; étude mondiale	non indiqué	1 129 000	37 887 000	2,7 %

4.1.1 Études de CME mondiales et régionales

Depuis les années 1990, un certain nombre d'études de CME mondiales et régionales ont analysé des données provenant de différentes sources à travers le monde ou basées sur les premières études de ce type présentées plus haut (voir le tableau A-1 de l'annexe A). Alors que les facteurs de risque environnementaux sont définis de différentes façons dans les différentes études, nous avons tâché de limiter notre présentation aux estimations de CME portant plus particulièrement sur des facteurs auxquels est exposé l'ensemble de la population, en évitant celles qui incluent des éléments du milieu personnel (mode de vie) ou de l'exposition professionnelle. Nous avons également essayé de faire la distinction entre les estimations de CME des pays en développement et celles des pays développés, les secondes étant les plus applicables au contexte canadien (voir la colonne « Données les plus pertinentes pour le Canada » du tableau A-1). Il convient en outre de noter que la grande majorité des études de CME mondiales ou régionales incluait un large éventail de problèmes de santé et de facteurs de risque, et que quelques-unes seulement ont

évalué la charge de morbidité imputable à un facteur de risque environnemental particulier (comme le plomb ou la pollution atmosphérique).

Dans une étude de l'impact de l'environnement sur la santé dans les pays de l'OCDE réalisée en 1998, Melse et de Hollander (2001) ont quantifié la charge totale de morbidité imputable aux facteurs de risque environnementaux dans les régions à revenus faibles et élevés (voir le tableau 8) et pour 16 catégories d'affections (voir le tableau 9). Dans cette étude, l'adjectif *environnemental* qualifiait par définition toute exposition physique, chimique ou biologique créée ou influencée par l'activité humaine, en incluant certaines expositions liées à l'environnement personnel (comme la fumée de tabac ambiante [FTA]), mais en excluant d'autres facteurs importants liés au mode de vie (tabagisme, alimentation) ou à l'exposition professionnelle. Les FAE ont été estimées à partir des risques relatifs relevés dans la documentation et des niveaux d'exposition tirés des rapports internationaux. Comme dans les conclusions de l'étude GBD, la charge de morbidité s'est avérée considérablement plus élevée dans les pays en développement, les pays n'appartenant pas à l'OCDE présentant une charge de morbidité par habitant presque deux fois plus élevée que ceux qui en sont membres. Les FAE estimées allaient de 2 à 5 % dans les pays de l'OCDE, contre 8 à 12 % dans les autres pays. Au sein de l'OCDE, les FAE estimées étaient de 1,4 à 4,3 % pour les pays à revenu élevé et de 3,7 à 6,7 % pour les autres. Les FAE variaient considérablement selon la catégorie de maladie : pour les diarrhées, elles étaient de 80 à 90 % dans les régions à faible revenu comme dans celles à revenu élevé, alors que pour les infections aiguës des voies respiratoires, elles étaient de 10 à 20 % dans les régions à faible revenu et de 5 à 15 % dans les régions à revenu élevé. La pollution atmosphérique et le bruit se sont avérés d'importants facteurs de perte de santé dans les pays développés, principalement à cause des secteurs de l'énergie et des transports. Dans cette étude, les estimations les plus pertinentes pour l'évaluation de la CME au Canada sont probablement celles des pays à revenu élevé de l'OCDE, bien que les sources de données sous-jacentes puissent être quelque peu dépassées.

Tableau 8. CME totales estimées d'après l'étude réalisée dans l'OCDE en 1988 (source : Melse et de Hollander, 2001).

	OCDE			Total des pays non membres de l'OCDE	Total mondial
	Revenu élevé	Faible revenu	Total		
Population en millions (%)	884 (80 % de l'OCDE)	224 (20 % de l'OCDE)	1 108 (19 %)	4 797 (81 %)	5 905 (100 %)
Charge de morbidité (en AVCI pour 1000 habitants)	120	190	134	258	235
Maladies transmissibles	8 (7 %)	41 (22 %)	15 (11 %)	115 (44 %)	96 (41 %)
Maladies non transmissibles	97 (81 %)	115 (60 %)	101 (75 %)	101 (39 %)	101 (43 %)
Blessures	14 (12 %)	34 (18 %)	18 (14 %)	42 (16 %)	38 (16 %)
Fraction attribuable à l'environnement	1,4 à 4,3 %	3,7 à 6,7 %	2,1 à 5 %	8 à 12 %	7,4 à 11 %

En essayant d'utiliser un cadre plus unifié que celui des évaluations précédentes, Ezzati et al. (2002) ont estimé l'effet de 26 grands facteurs de risque sur les charges de morbidité pour l'ensemble du monde et pour 14 sous-régions épidémiologiques (où le Canada faisait partie de la même région Amériques que Cuba et les États-Unis). Parmi les facteurs de risque, plusieurs

étaient liés à l'environnement (problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène; pollution atmosphérique urbaine; pollution de l'air intérieur par l'usage de combustibles solides; plomb; changement climatique mondial) et de nombreux autres étaient liés au mode de vie ou à l'exposition professionnelle (carence en vitamine A; malnutrition; consommation de fruits et légumes insuffisante; sédentarité; rapports sexuels non protégés; consommation de tabac et d'alcool; accidents et exposition en milieu de travail). Pour chaque facteur de risque, des comités d'experts ont effectué un examen approfondi des travaux publiés et d'autres sources afin d'obtenir des données sur la prévalence de l'exposition et sur l'ampleur du danger (risque relatif). Ils ont ensuite estimé les fractions attribuables dans la population (par sexe) et les ont appliquées aux estimations de charge de mortalité et de morbidité (AVCI) de la base de données GBD de l'année 2000 pour chaque facteur de risque et chaque sous-région. Les résultats de cette étude sont présentés dans la publication originale et certains d'entre eux sont résumés dans un article de synthèse de Briggs (2003), qui conclut qu'environ 8 à 9 % du total de la charge mondiale de morbidité pourrait être imputé à des facteurs de risque liés à la pollution de l'environnement (au sens large) et du milieu de travail (tableau 10). Dans cette analyse, les plus importants facteurs de risque environnementaux étaient la pollution de l'air intérieur par l'usage de combustibles solides et les problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène (les effets sanitaires de la pollution atmosphérique étaient faibles par comparaison). Cependant, comme l'ont montré d'autres études mondiales de la CME, les risques imputables à la pollution de l'environnement seraient au moins 15 à 35 fois plus élevés dans le monde en développement que dans les pays développés. Ces estimations mondiales ne sont donc pas particulièrement idoines pour l'évaluation de la CME au Canada; les estimations les plus pertinentes pour le contexte canadien sont plutôt celles d'Ezzati et al. (2002) pour la région Amériques (selon ces données, environ 3 % de la charge totale de morbidité dans cette sous-région serait attribuable à des facteurs de risque environnementaux).

Tableau 9. CME estimées par catégorie d'atteinte d'après l'étude réalisée dans l'OCDE en 1988 (source : Melse et de Hollander, 2001).

Catégorie d'atteinte	% de la charge de morbidité (revenus faibles et moyens)	FAE (%)	% de la charge de morbidité (revenus élevés)	FAE (%)
Infections aiguës des voies respiratoires	6,6	10 à 20	1,4	5 à 15
Affections périnatales	6,2	1 à 5	1,9	1 à 5
Diarrhée	5,7	80 à 90	0,3	80 à 90
MST et VIH	5,5	0 à 1	0,9	0 à 1
Cancer	5,1	1 à 5	15,0	1 à 5
Concentration de cas de maladies infantiles	4,4	5 à 10	0,4	1 à 5
Dépression	4,0	1 à 5	6,5	1 à 5
Malnutrition	3,4	5 à 10	0,9	1 à 5
Cardiopathie ischémique	3,3	5 à 20	8,8	5 à 15
Paludisme	3,1	70 à 80	0,0	--
Maladie vasculaire cérébrale	2,9	1 à 5	4,8	1 à 5
Maladie respiratoire chronique	2,9	5 à 15	3,4	5 à 15
Accidents de la circulation	2,7	5 à 10	4,2	5 à 10
Affections maternelles	2,5	1 à 5	0,4	1 à 5
Tuberculose	2,2	5 à 10	0,1	5 à 10

Anomalies congénitales	2,1	0 à 1	1,8	0 à 1
------------------------	-----	-------	-----	-------

Tableau 10. Estimations de CME pour certains facteurs de risque environnementaux et professionnels d'après l'étude GBD de l'OMS (source : Briggs, 2003)

Facteur de risque	Décès		AVCI	
	Nombre	%	Nombre	%
Total (tous facteurs de risque confondus)	55 861		1 455 473	
Problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène	1 730	3,1	54 158	3,7
Pollution atmosphérique urbaine	799	1,4	6 404	0,4
Pollution de l'air intérieur par l'usage de combustibles solides	1 619	2,9	38 539	2,6
Plomb	234	0,4	12 926	0,9
Exposition professionnelle à des cancérogènes	118	0,2	1 183	0,1
Exposition professionnelle à des particules en suspension dans l'air	356	0,6	5 354	0,4
Exposition professionnelle au bruit	0	0,0	4 151	0,3
Total (liés à la pollution)	4 856	8,7	122 715	8,4

Dans une analyse de suivi, Ezzati et al. (2003) ont estimé la charge de morbidité imputable aux effets conjugués d'une sélection de 20 grands facteurs de risque dans les mêmes sous-régions du monde en 2000. Comme l'étude précédente, celle-ci englobait plusieurs facteurs de risque liés à l'environnement et plusieurs autres liés au mode de vie ou à l'exposition professionnelle. Elle a estimé qu'environ 47 % des décès prématurés et 39 % de la charge totale de morbidité dans le monde étaient imputables à la conjugaison de ces facteurs de risque, et que leur élimination augmenterait l'espérance de vie en bonne santé de 17 % à l'échelle mondiale (et de 6 % seulement dans des pays développés comme ceux du Pacifique occidental). Bien que certains facteurs de risque environnementaux (comme la pollution de l'air intérieur par l'usage de combustibles solides et les problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène) se soient avérés contribuer considérablement à la charge mondiale de morbidité pour certaines maladies (comme les infections des voies respiratoires inférieures et les maladies diarrhéiques), ils ne semblent pas y contribuer beaucoup dans les régions plus développées. Par exemple, il a été estimé que, dans ces régions, la pollution de l'air intérieur par l'usage de combustibles solides n'avait pas d'effet mesurable sur la charge de morbidité liée aux cancers de la trachée, des bronches et du poumon et comptait pour seulement 2 % de celle liée aux bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO). De même, Danaei et al. (2005) ont estimé la fraction attribuable à neuf facteurs de risque (pris individuellement et en conjugaison) parmi les décès ayant résulté de différents cancers en 2001 dans sept régions de la Banque mondiale. L'étude prenait en compte différents facteurs de risque liés au mode de vie (tabagisme, consommation d'alcool, consommation de fruits et légumes insuffisante, obésité, sédentarité) et deux facteurs liés à l'environnement (pollution atmosphérique urbaine et pollution de l'air intérieur par l'usage de combustibles solides), mais aucun facteur d'exposition professionnelle. Alors que la fraction des décès par cancer imputable à la conjugaison de ces facteurs de risque a été estimée à environ 35 %, la part imputable à la pollution de l'air intérieur par l'usage de combustibles solides a été estimée à moins de 0,5 % et celle imputable à la pollution atmosphérique urbaine, à 1 %. Ces études contiennent toutes deux des données potentiellement utiles pour évaluer la contribution probable des facteurs de risque environnementaux à la charge

de morbidité au Canada, mais seulement à condition d'utiliser les estimations propres aux pays développés et de bien comprendre la définition de *facteur de risque environnemental*.

D'autres études mondiales ou régionales ont évalué la charge de morbidité imputable à différents facteurs de risque environnementaux comme les problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène (Prüss et al., 2002), le plomb (Fewtrell et al., 2003, 2004), la pollution de l'atmosphère par des matières particulaires fines (Cohen, 2005) et les rayonnements ultraviolets (Lucas et al., 2008). Ces études ont montré que certains de ces facteurs de risque environnementaux continuent à contribuer de manière significative à la mortalité et à l'invalidité dans certaines régions du monde, en particulier chez les enfants des pays en développement. Cependant, seule une petite portion de la charge totale de morbidité observée dans ces études est attribuable à ces facteurs de risque environnementaux dans la région Amériques, dont les données sont les plus pertinentes pour évaluer la CME au Canada.

La plus récente étude de CME mondiale réalisée par l'OMS a déterminé les FAE pour plusieurs catégories d'affections et facteurs de risque environnementaux (dont des facteurs de mode de vie et d'exposition professionnelle) dans un cadre comparatif actualisé (Prüss-Üstün et Corvalán, 2006, 2007; OMS, 2009a). Les fractions attribuables ont été estimées à partir de recommandations formalisées d'experts obtenues selon une variante de la méthode Delphi et fondées sur une analyse systématique de la documentation. Cette étude a estimé que 24 % de la charge mondiale de morbidité était imputable à des facteurs de risque environnementaux (au sens large) pour l'ensemble de la population et que cette fraction s'élevait à 34 % pour les enfants. Il est à noter que les estimations de FAE obtenues dans cette étude étaient plus élevées que certaines estimations antérieures en raison de différences dans le plan d'étude (comme le recours à des recommandations formalisées d'experts) et de l'inclusion d'un plus large éventail de facteurs de risque environnementaux (mode de vie, exposition professionnelle). Comme dans les évaluations précédentes, les FAE variaient considérablement d'une région à l'autre et étaient nettement plus élevées dans les pays en développement que dans les pays développés. Dans la sous-région Amériques, 15 à 22 % de la charge de morbidité était imputable à des facteurs de risque liés à l'environnement, au mode de vie et à l'exposition professionnelle. Bien que beaucoup de ces facteurs de risque et estimations de FAE ne soient guère pertinents pour les pays développés comme le Canada, une sélection de données correspondant à certaines catégories d'affections et à certains facteurs de risque pourrait servir de référence pour l'analyse comparative des estimations propres au Canada (voir le tableau 11).

4.1.2 Études de CME réalisées aux États-Unis

D'autres études de CME, portant principalement sur les enfants, ont été réalisées aux États-Unis à l'échelle du pays ou d'États particuliers (voir le tableau A-2 de l'annexe A). Toutes ces études portaient exclusivement sur des facteurs de risque liés à l'environnement auxquels est exposé l'ensemble de la population (et n'incluaient donc aucun facteur lié au mode de vie ou à l'activité professionnelle). Elles prenaient également en compte un éventail de problèmes de santé et de facteurs de risque plutôt qu'un seul problème ou facteur, quoiqu'avec une portée généralement plus limitée que dans les études mondiales ou régionales.

L'étude de Landrigan et al. (2002) a estimé l'effet des polluants environnementaux sur l'incidence, la prévalence, la mortalité et le coût des maladies chez les enfants aux États-Unis (voir le tableau 12), en calculant notamment la charge de morbidité imputable aux polluants chimiques ambiants pour quatre catégories d'affections. Les données sur le taux de morbidité et les coûts étaient tirées principalement de données nationales recueillies par différents organismes du gouvernement fédéral. Les FAE liées à l'intoxication par le plomb, à l'asthme et au cancer ont été estimées par trois groupes d'experts selon la méthode Delphi, tandis que celle liée aux troubles neurocomportementaux reposait sur des résultats récemment publiés aux États-Unis par la National Academy of Sciences (NAS). Dans cette étude, les meilleures estimations des FAE étaient de 100 % pour l'intoxication par le plomb, 30 % pour l'asthme, 5 % pour le cancer et 10 % pour les troubles neurocomportementaux. Les estimations de FAE de cette étude pourraient être pertinentes pour l'évaluation de la CME chez les enfants canadiens, puisqu'elles se fondent sur des analyses approfondies des documents disponibles concernant l'exposition et l'épidémiologie et se concentrent sur des catégories d'affections pertinentes pour les pays développés. Cependant, comme c'est le cas pour la plupart des études de CME, les estimations de FAE sont très incertaines (en particulier pour le cancer) et s'appuient largement sur des avis d'experts. Comme le font remarquer les auteurs, cette étude était limitée principalement par le manque de travaux quantifiant le rôle des facteurs environnementaux dans l'étiologie des maladies pédiatriques.

Tableau 11. Estimations de FAE établies par l'OMS pouvant être pertinentes pour les pays développés comme le Canada (source : adapté d'après Prüss-Üstün et Corvalán, 2006, 2007)

Maladie ou blessure	Facteur de risque environnemental ou domaine d'intervention	Meilleure estimation de la FAE (intervalle de confiance à 95 %)
Affections périnatales	Exposition de la mère à la FTA, aux produits chimiques et à la pollution atmosphérique	6 (2 à 10) ¹
Anomalies congénitales	Exposition de la mère aux produits chimiques, aux rayonnements et à la pollution atmosphérique	5 % (2 à 10) ²
Maladie cardiovasculaire	Stress au travail, pollution atmosphérique, FTA, plomb	14 % (7 à 23) ²
BPCO	Exposition aux poussières et produits chimiques en milieu de travail; exposition à la pollution de l'air intérieur et extérieur	27 (19 à 35) chez les hommes ¹ 9 (6 à 12) chez les femmes ¹
Asthme	Contamination du milieu intérieur par des acariens et des allergènes fongiques, pollution de l'air intérieur par l'usage de combustibles solides, FTA, pollution atmosphérique, exposition professionnelle à des allergènes	44 % (26 à 53) ²
Cancer (tous types)	Exposition (en milieu de travail ou non) aux produits chimiques, à la pollution atmosphérique et à celle de l'air intérieur, à la FTA, aux rayonnements ionisants, au rayonnement UV	30 (6 à 55) pour le cancer du poumon (hommes et femmes) ¹ 16 (10 à 34) pour les autres cancers

		(hommes) ¹ 13 (10 à 23) pour les autres cancers (femmes) ¹
Troubles neuropsychiatriques	L'étude a associé la dépression au stress professionnel, l'insomnie à l'exposition au bruit, la maladie de Parkinson à l'exposition aux produits chimiques, la consommation de drogues ou d'alcool à l'environnement professionnel, les troubles de stress post-traumatique à des catastrophes naturelles partiellement évitables par des mesures environnementales, l'épilepsie aux traumatismes crâniens résultant d'un accident du travail, et le retard mental léger à l'exposition au plomb dans l'enfance.	13 % (10 à 16) ²

¹ Propre aux pays développés ou aux régions industrialisées

² Estimations mondiales (non ventilées par région)

Tableau 12. Estimations de la FAE et du coût des maladies chez les enfants aux États-Unis (source : Landrigan et al., 2002).

	FAE (%)		Coûts (en milliards de dollars)	
	Meilleure estimation	Limites supérieure et inférieure plausibles	Meilleure estimation	Estimation basse et haute
Intoxication par le plomb	100	n.d.	43,4	n.d.
Asthme	30	10 à 35	2,0	0,7 à 2,3
Cancer	5	5 à 90	332	132 à 663
Troubles neurocomportementaux	10	5 à 20	9,2	4,6 à 18,4

Les FAE et estimations de coût établies par Landrigan et al. (2002) ont été utilisées dans d'autres évaluations visant à quantifier la charge de morbidité et les charges économiques qui seraient associées aux grandes maladies et infirmités imputables aux contaminants environnementaux à l'échelle de certains États des États-Unis. Il s'agit notamment d'études réalisées chez l'enfant dans le Massachusetts (Massay et Ackerman, 2003) et dans le Minnesota (Shuler et al., 2006) et chez l'enfant et l'adulte dans l'État de Washington (Davis et Hauge, 2005). La principale conclusion de ces études à échelle des États est que les maladies et infirmités infantiles évitables et imputables à des facteurs environnementaux coûtent très cher. Cependant, comme les études se concentrent sur les coûts directs et indirects au niveau des États et ne donnent pas d'estimations originales des FAE pour la plupart des catégories d'affections, leurs résultats pris indépendamment n'ont qu'une valeur limitée pour l'évaluation de la CME au Canada (à l'exception possible des nouvelles estimations de certaines FAE pour les maladies cardiovasculaires et les anomalies congénitales).

4.1.3 Études de CME réalisées en Europe

Plusieurs études de CME, portant principalement sur les enfants, ont également été réalisées pour différents pays ou régions d'Europe (voir le tableau A-3 de l'annexe A). Comme celles réalisées aux États-Unis, ces études de CME portaient principalement sur des facteurs de risque liés à la pollution de l'environnement plutôt qu'au comportement individuel (mode de vie) ou aux

expositions professionnelles. Bien que ces études soient généralement de portée plus limitée que celles réalisées à l'échelle mondiale ou régionale, elles aussi prenaient en compte un éventail de problèmes de santé et de facteurs de risque.

Par exemple, Valent et al. (2004) ont évalué la charge de morbidité imputable à quatre facteurs de risque environnementaux chez l'enfant et l'adolescent dans trois sous-régions d'Europe (voir le tableau 13). Bien que la plupart de ces facteurs de risque relevaient de l'environnement auquel est exposé l'ensemble de la population, l'étude prenait également en compte la catégorie plus large des blessures. Les estimations de la CME étaient fondées sur un examen des études et rapports publiés par les organismes internationaux concernant l'exposition aux facteurs de risque et les relations exposition-effet, ainsi que sur les estimations de la charge de morbidité contenues dans la base de données GBD 2001 de l'OMS. Ce travail visait principalement à établir la base de connaissances requise pour la mise au point du Plan d'action pour l'environnement et la santé des enfants en Europe (CEHAPE, pour Children's Environment and Health Action Plan for Europe). Parmi les enfants âgés de 0 à 4 ans, on a estimé que 1,8 à 6,4 % des décès par maladie étaient imputables à la pollution atmosphérique, que 4,6 % des décès et 3,1 % des AVCI résultant d'infections aiguës des voies respiratoires inférieures étaient imputables à la pollution de l'air intérieur, et que 4,4 % des AVCI résultant d'un retard mental léger étaient imputables à l'exposition au plomb. Chez les 0 à 14 ans, 5,3 % de tous les décès et 3,5 % des AVCI résultant de diarrhées ont été imputées à des problèmes de salubrité de l'eau et d'assainissement. Enfin, chez les 0 à 19 ans, 22,6 % de tous les décès et 19 % de l'ensemble des AVCI ont été imputées aux blessures. En plus des variations entre groupes d'âge, la charge de morbidité s'est avérée varier de manière significative entre sous-régions du continent européen : elle était nettement plus élevée dans les sous-régions B et C que dans la sous-région A. Cette étude apporte des données potentiellement utiles pour évaluer la CME au Canada, en particulier si l'on sélectionne des groupes d'âge et des régions comparables, mais les résultats sont limités à un petit nombre de problèmes de santé et de facteurs de risque. Par ailleurs, comme l'ont reconnu les auteurs de l'étude, certaines des estimations (notamment pour la pollution atmosphérique) présentent un degré d'incertitude important en raison d'un manque de données valables sur l'exposition et d'une mise en évidence convaincante des relations exposition-effet.

Tableau 13. Estimations des décès et AVCI imputables à l'environnement chez les enfants de trois groupes d'âge dans trois sous-régions d'Europe (source : adapté d'après Valent et al., 2004).

	% des décès toutes causes confondues			% des AVCI toutes causes confondues		
	0 à 4 ans	5 à 14 ans	15 à 19 ans	0 à 4 ans	5 à 14 ans	15 à 19 ans
Pollution atmosphérique						
Sous-région A	< 0,1 à	--	--	--	--	--
Sous-région B	0,8					
Sous-région C	2,4 à 7,5					
Total	0,9 à 5,8					
	1,8 à 6,4					
Usage domestique de combustibles solides						
Sous-région A	0	--	--	0	--	--
Sous-région B	6,6			5,0		
Sous-région C	1,1			0,7		
Total	4,6			3,1		

Problèmes de salubrité de l'eau et d'assainissement Total ¹	9,6	0,8	--	7,9	1,0	--
Plomb	--	--	--		--	--
Sous-région A				2,3		
Sous-région B				4,5		
Sous-région C				5,0		
Total				4,4		
Blessures Total ²	6,0	41,2	59,9	7,3	29,8	27,1
Total de l'ensemble	21,9 à 26,5	42,1	59,9	22,7	30,8	27,1

¹ Données par sous-région pour le groupe d'âge combiné de 0 à 14 ans :

% des décès : 0,2 (A), 7,5 (B) et 2,4 (C).

% des AVCI : 0,8 (A), 5,2 (B) et 1,6 (C).

² Données par sous-région pour le groupe d'âge combiné de 0 à 19 ans :

% des décès : 30,2 (A), 10,7 (B) et 38,8 (C).

% des AVCI : 14,9 (A), 13,8 (B) et 29,1 (C).

Une étude de Mathews et Parry (2005) a évalué la charge de morbidité imputable à la pollution pour un plus grand nombre de problèmes de santé chez les enfants d'Angleterre et du pays de Galles. Dans cette étude, les meilleures estimations de FAE pour l'asthme (30 %), le cancer (5 %) et les troubles du neurodéveloppement (10 %) étaient basées sur l'étude de Landrigan et al. (2002) et sur les conclusions du comité d'experts réuni par la NAS. La charge de morbidité imputable à l'exposition au plomb a également été examinée à partir de l'évaluation de l'OMS, mais les auteurs n'indiquent pas de façon parfaitement claire quelle estimation de FAE a été utilisée dans cette étude. Comme il n'existait pas de données de FAE pour les affections allergiques, les auteurs ont supposé que les expositions et mécanismes intervenant dans l'étiologie et l'exacerbation de l'asthme étaient similaires à ceux de l'allergie et ont utilisé les pourcentages d'enfants présentant des troubles cutanés et d'adultes atteints de rhinite allergique pour estimer cette FAE à 3,3 % par inférence. Ils ont par ailleurs estimé à 20 % la FAE des anomalies congénitales à partir de la constatation que 80 % de la population du Royaume-Uni réside à moins de 2 km d'une décharge et que le risque relatif de malformation congénitale dans cette région est d'environ 1,01, tandis que des études similaires en Europe et au pays de Galles indiquaient des risques relatifs allant de 1,19 à 1,39 (autrement dit, ils ont choisi une FAE correspondant à la médiane des estimations de risque relatif, qui est de 1,20). La FAE a été estimée à 6,3 % pour les affections respiratoires, d'après la proportion d'enfants présentant une faible mesure de fonction pulmonaire aux niveaux minimum et maximum d'exposition aux MP_{2,5} dans une étude prospective réalisée aux États-Unis, et à 0,8 % pour les maladies cardiovasculaires, d'après une méta-analyse des associations à court terme entre les concentrations ambiantes de matières particulaires et les admissions à l'hôpital. Il est à noter que les principales conclusions de cette étude ont été publiées en 2005 par la Health Protection Agency, un organisme indépendant établi en 2003 par le gouvernement du Royaume-Uni pour protéger le public contre les menaces sanitaires posées par les maladies infectieuses et les risques environnementaux. Cette étude présente des estimations de FAE pour plusieurs problèmes de santé non pris en compte précédemment et celles-ci pourraient s'avérer utiles pour l'évaluation de la CME au Canada; cependant, comme le reconnaissent ses auteurs, ces estimations sont fondées sur des données très incertaines formant des ensembles limités et doivent donc être interprétées avec une extrême prudence.

Knol et Staatsen (2005) ont évalué les tendances de la CME aux Pays-Bas pour 49 groupes de maladies selon plusieurs facteurs de risque liés à l'environnement. L'exposition de la population à ces différents facteurs a été estimée à partir de données mesurées et modélisées, et les risques relatifs ont été obtenus à partir d'études épidémiologiques néerlandaises récentes ou d'estimations internationales pertinentes. Lorsque les données manquaient ou étaient incertaines, on a eu recours à des avis d'experts. Cette étude a attribué environ 2 à 5 % de la charge de morbidité totale (c'est-à-dire des AVCI) aux effets de l'exposition à court terme à la pollution atmosphérique, au bruit, au radon, au rayonnement UV naturel total et à l'humidité ambiante des habitations pour l'année 2000. Ce sont les effets plus incertains de l'exposition à long terme aux MP₁₀ qui ont eu le plus grand impact sur la charge de morbidité imputable à l'environnement, et l'inclusion de cette exposition a fait augmenter la CME estimée jusqu'à un peu plus de 10 % en supposant une absence de seuil et jusqu'à 3 à 9 % en supposant un niveau de référence de 20 µg/m³. Les estimations d'AVCI liées à l'exposition à court terme aux MP₁₀ étaient également plus élevées lorsqu'on utilisait les relations exposition-effet internationales plutôt que les valeurs néerlandaises. À partir de calculs effectués pour le passé (1980 ou 1990) et pour l'avenir (2010 ou 2020), il a été conclu que la charge de morbidité imputable à l'exposition aux MP₁₀ devrait probablement diminuer, que celle imputable au bruit devrait augmenter et que celle imputable au radon et au rayonnement UV devrait rester la même. Bien que cette étude apporte des renseignements utiles quant à la contribution de plusieurs facteurs de risque à la charge de morbidité totale, les estimations de CME ne sont pas présentées séparément par problème de santé ou facteur de risque, ce qui empêche de s'en servir pour d'autres applications. Les auteurs font également remarquer que les données utilisées pour estimer l'exposition et les relations exposition-effet sont très incertaines (ou inconnues) et que les estimations de la CME se fondent très largement sur des avis d'experts non formalisés.

Il est à noter que plusieurs études en cours de réalisation en Europe sont liées à la mise au point de la prochaine génération d'études de CME. Par exemple, les programmes HEIMTSA (Health and Environment Integrated Methodology and Toolbox for Scenario Assessment) et INTARESE (Integrated Assessment of Health Risks of Environmental Stressors in Europe) réunissent des équipes scientifiques interdisciplinaires et internationales qui travaillent ensemble à établir et mettre en œuvre de nouvelles approches intégrées de l'évaluation des risques sanitaires environnementaux et de leurs conséquences à des fins d'élaboration de différentes politiques européennes (www.heimtsa.eu; www.intarese.org). Ces efforts de recherche devraient produire des données pertinentes sur la relation entre expositions environnementales et problèmes de santé des populations en Europe, et pourraient ainsi apporter un cadre utile à d'autres études de CME nationales ou locales.

4.2 Études de CME propres au Canada

4.2.1 Études de CME réalisées au Canada

Au cours des cinq dernières années, plusieurs études de CME ont été proposées ou réalisées au Canada à l'échelle nationale ou locale (voir l'annexe A du tableau A-4). La plupart d'entre elles se sont penchées sur des facteurs de risque environnementaux auxquels est exposé l'ensemble de la population, quoique des efforts en cours au Canada et les estimations de l'OMS pour différents

pays prennent également en compte des facteurs liés au milieu personnel (mode de vie) et aux expositions professionnelles. Certaines (à portée par ailleurs limitée) ont inclus un éventail de problèmes de santé et de facteurs de risque, tandis que d'autres ont essayé d'évaluer la charge de morbidité imputable en propre à un facteur de risque environnemental (comme la pollution atmosphérique) ou à un problème de santé (comme le cancer).

Le plus important effort actuellement mis en œuvre pour estimer la CME au Canada pourrait bien être le programme ISP (Impact sur la santé de la population des maladies au Canada), réalisé sous l'égide de l'ASPC (2006). Ce programme est destiné à apporter des mesures agrégées de la santé de la population qui combinent l'impact des décès à celui des limitations fonctionnelles. Pour cela, il évaluera l'impact d'environ 200 maladies, blessures et facteurs de risque en utilisant un indicateur unique permettant d'établir des comparaisons. Le programme ISP se fonde sur les études de charge de morbidité de l'OMS en adaptant leurs méthodes à l'examen des maladies et blessures les plus pertinentes pour le Canada, en les appliquant aux données canadiennes et en les mesurant dans le contexte de la société canadienne. Bien que ce programme en soit encore à ses balbutiements, il a donné quelques résultats préliminaires pour deux problèmes de santé : le cancer et le diabète. Le programme ISP a déterminé que le tabagisme, la consommation insuffisante de fruits et légumes, la sédentarité, l'obésité et la consommation d'alcool (par ordre d'importance) comptent pour près de 35 % des décès par cancer au Canada. S'il n'a pas encore estimé de fractions attribuables au diabète, le programme ISP a cependant établi des valeurs de référence pour certains états de santé associés à cette maladie. Ce programme dépasse le cadre des méthodes actuelles en utilisant des modèles de microsimulation qui intègrent plusieurs maladies et facteurs de risque et modélisent leur interaction. Il vise à mettre au point des modèles ouvrant aux analystes de politiques un contexte plus large et plus réaliste tenant compte des modes de chevauchement et d'interaction des maladies et facteurs de risque. Les scénarios de simulation permettent par exemple d'examiner comment un seul changement dans une maladie ou un facteur de risque peut en influencer plusieurs autres en même temps. Cette information pourrait servir à évaluer différentes options d'intervention pour déterminer celles qui rentabiliseraient le mieux les investissements de santé publique. En cas de succès, les résultats du programme ISP apporteront aux responsables des politiques un ensemble d'outils intégrés leur permettant d'évaluer la CME au Canada dans un cadre de santé publique plus vaste. Le programme ISP apportera aussi probablement des données précieuses pour l'Initiative de recherche interventionnelle en santé des populations du Canada (IRISPC), un consortium auto-organisé réunissant plusieurs organismes publics se concentrant sur ce domaine dans l'ensemble du Canada (Sullivan, 2009; IRSC, 2006).

À ce jour, la seule estimation de CME prenant en compte l'ensemble des problèmes de santé et facteurs de risque qui existe au Canada est fournie par l'OMS dans le cadre de sa série annuelle de profils nationaux de CME. L'OMS (2009b) a ainsi estimé qu'environ 13 % de toutes les maladies évitables survenues au Canada étaient imputables à des causes environnementales, notamment la FTA, les expositions et le stress en milieu de travail, et certains facteurs liés au mode de vie (voir le tableau 14). Selon l'évaluation de l'OMS, les catégories d'affections qui ont le plus contribué à la charge totale de morbidité du Canada étaient les troubles neuropsychiatriques, les maladies cardiovasculaires, les cancers (notamment celui du poumon), les blessures non intentionnelles, l'asthme et les troubles musculo-squelettiques. Exception faite des maladies cardiovasculaires, la CME associée à ces problèmes de santé était sensiblement

plus élevée au Canada que dans d'autres pays. Ce profil de l'OMS ne donne d'estimations que pour deux facteurs de risque environnementaux : la pollution atmosphérique (MP₁₀ moyenne en zone urbaine) et les problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène (diarrhée seulement). Selon ces estimations, la combinaison de ces facteurs de risque causerait chaque année au Canada environ 7 % du nombre total déclaré de décès évitables et 4 % du nombre total déclaré d'AVCI évitables pour 1000 habitants (la contribution des autres facteurs de risque n'est pas indiquée). Les estimations de CME de l'OMS sont basées sur les FAE établies dans le cadre du projet d'ECR et appliquées au Canada et s'appuient également sur l'évaluation des expositions régionales par des experts et sur les statistiques de santé nationales établies par l'OMS en 2004 (Prüss-Üstün et Corvalán, 2007).

Les estimations de l'OMS sont utiles en ce qu'elles donnent une perspective d'ensemble sur la CME au Canada en répertoriant les maladies et facteurs de risque environnementaux potentiellement importants. Cependant, ce profil national a peu d'utilité dans la conception ou l'évaluation de stratégies d'intervention au Canada, car il ne précise pas la contribution individuelle ou conjuguée des différents facteurs de risque aux différents problèmes de santé. Il est important et nécessaire de disposer de ce niveau de détail, car la définition de l'environnement établie par l'OMS englobe un large éventail de facteurs de risque (voir le tableau 11) et la contribution de chacun d'eux aux différentes catégories d'affections peut varier considérablement. Par ailleurs, les données sous-jacentes sur l'exposition et les relations dose-effet utilisées pour calculer les FAE dans cette évaluation ne sont pas propres au Canada, ce qui augmente l'incertitude de ces estimations.

Tableau 14. Profil national de CME établi par l'OMS pour le Canada (source : OMS, 2009)

	Décès par an	AVCI par an pour 1000 habitants
Groupe de maladies		
Diarrhée	--	0,3
Infections des voies respiratoires	--	0,1
Cancer du poumon	--	1,2
Autres cancers	--	2,3
Troubles neuropsychiatriques	--	2,4
Maladies cardiovasculaires	--	2,4
BPCO	--	0,4
Asthme	--	1,0
Troubles musculo-squelettiques	--	0,9
Blessures par accident de la circulation	--	0,4
Autres blessures non intentionnelles	--	1,2
Blessures intentionnelles	--	0,7
Facteur de risque	--	
Problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène (diarrhées seulement) ¹		0,2
Pollution atmosphérique	2 700	0,4
Total	36 800	15

¹ Selon d'autres documents de l'OMS, ce facteur de risque inclut des problèmes de sécurité sanitaire des aliments (comme la contamination de ces derniers).

La seule autre étude à fournir des estimations de CME nationales pour le Canada en englobant plusieurs problèmes de santé et facteurs de risque est celle de Boyd et Genuis (2008), qui donne des estimations de CME approximatives pour les maladies respiratoires, les affections cardiovasculaires, le cancer et les anomalies congénitales (voir le tableau 15). Cette étude se fondait sur des statistiques de morbidité et de mortalité obtenues auprès de l'Institut canadien d'information sur la santé, de Statistique Canada, de Santé Canada, de l'Association pulmonaire du Canada, de la Société canadienne du cancer et de l'Institut national du cancer du Canada. Les auteurs ont combiné ces statistiques avec les FAE calculées principalement par l'OMS (Prüss-Üstün et Corvalán, 2006) et l'OCDE (Melse et de Hollander, 2001) pour les pays développés, quoiqu'ils aient aussi procédé à un examen sélectif des FAE figurant dans les documents publiés.

Pour les maladies respiratoires, les principaux facteurs environnementaux retenus étaient la pollution atmosphérique et celle de l'air intérieur. Les FAE figurant dans la documentation pour les maladies respiratoires allaient de 10 à 53 %, en fonction de ce qui était compris dans la définition des facteurs environnementaux (par exemple, les estimations de l'OMS prennent en compte la FTA intérieure et extérieure et l'exposition professionnelle aux poussières, aux produits chimiques et à la fumée). En définitive, Boyd et Genuis (2008) se sont fondés sur les estimations de FAE de l'OMS (10 à 30 % pour la BPCO et 26 à 53 % pour l'asthme) pour conclure que la part des maladies respiratoires imputable à des facteurs environnementaux maîtrisables entraînait chaque année au Canada 34 000 à 93 000 hospitalisations, 200 000 à 570 000 journées d'hôpital et 1050 à 3100 décès. Pour les maladies cardiovasculaires, les principaux facteurs environnementaux retenus étaient la pollution atmosphérique et le plomb. La meilleure estimation de FAE établie par l'OMS pour les maladies cardiovasculaires en Amérique du Nord était de 16 % (intervalle de 7,5 à 23 %), mais en prenant en compte des facteurs d'exposition professionnelle (notamment le stress); l'estimation de l'OCDE, quant à elle, se situait entre 5 et 15 %. À partir des données disponibles et en adoptant une définition plus serrée de l'environnement, Boyd et Genuis (2008) ont sélectionné une FAE allant de 7,5 à 15 % et ont estimé que la part des affections cardiovasculaires imputable à l'environnement entraînait chaque année au Canada 5500 à 11 000 décès, 33 000 à 67 000 hospitalisations et 291 000 à 583 000 journées d'hôpital. Pour le cancer, Boyd et Genuis (2008) se sont basés sur une FAE allant de 5 à 15 %, qui prenait en compte l'exposition à l'eau potable contaminée, à l'amiante, au radon, à la pollution atmosphérique et à la fumée de tabac ambiante. La plage de FAE sélectionnée était supérieure à l'intervalle de 1 à 5 % utilisé par l'OCDE et à celui de 2 à 10 % utilisé par d'autres chercheurs car, selon les auteurs de l'étude, les cas connus de cancer liés à l'environnement représentent au moins 5 % des décès par cancer survenus au Canada (quoiqu'ils ne citent pas la source de cette assertion). La plage de FAE sélectionnée était également inférieure à celle de 19 à 29 % établie par l'OMS pour l'ensemble du monde, vu que ces estimations se fondaient sur une définition plus large des facteurs de risque environnementaux. Selon cette estimation de FAE, la part des cancers imputable à des facteurs environnementaux entraînerait chaque année au Canada 3400 à 10 200 décès, 8000 à 24 000 nouveaux cas de cancer diagnostiqués, 11 000 à 32 000 hospitalisations et 104 000 à 312 000 journées d'hôpital. Enfin, pour les anomalies congénitales, Boyd et Genuis (2008) se sont fondées sur une FAE allant de 2 à 10 % établie par l'OMS pour estimer que la part imputable à des facteurs environnementaux entraînait chaque année au Canada 72 à 360 décès, 128 à 640 anomalies congénitales graves, 300 à 1500 hospitalisations, 2000 à 10 000 journées d'hôpital et 500 à 2500 cas d'insuffisance de poids à la naissance.

Les estimations de CME de cette étude donnent une idée générale ou une approximation du risque et sont probablement les plus pertinentes pour le Canada en ce moment, car elles s'appuient sur des statistiques nationales à jour et tentent d'effectuer une évaluation initiale de la pertinence des estimations de FAE existantes. Cependant, les résultats de cette étude sont largement déterminés par les FAE de l'OMS, qui se fondent principalement sur l'avis d'experts et prennent en compte un large éventail de facteurs de risque environnementaux. Comme dans le cas du profil de la CME au Canada dressé par l'OMS (2009), cette étude ne précise pas quels facteurs ou ensembles de facteurs particuliers contribuent le plus à chacune des quatre catégories d'affections, et ne permet pas d'établir clairement si ces FAE sont applicables au contexte canadien (ou dans quelle mesure elles le seraient). Sans disposer d'informations plus détaillées ou propres au pays, il n'est pas possible de déterminer quels types de stratégies d'intervention en santé publique seront les plus efficaces à différentes échelles géographiques. Les auteurs reconnaissent ces limites et recommandent que les futures recherches portant sur la CME au Canada s'efforcent d'affiner les larges intervalles de FAE qu'ils ont établis dans leur étude.

Tableau 15. Estimations de la CME au Canada selon les catégories d'affections (source : Boyd et Genuis, 2008)

Problème de santé	FAE utilisée pour calculer la CME	CME (part imputable à l'environnement)		
		Décès	Hospitalisations	Journées d'hôpital
Maladie respiratoire				
BPCO	10 à 30 % (OMS)	977 à 2932	25 646 à 76 938	170 611 à 511 832
Asthme	26 à 53 % (OMS)	75 à 153	8060 à 16 430	28 448 à 57 989
Maladie cardiovasculaire	7,5 à 15 % (OMS, OCDE)	5456 à 10 911	33 541 à 67 083	291 419 à 582 838
Cancer	5 à 15 % (avis d'experts)	3416 à 10 248	10 775 à 32 324	103 948 à 311 845
Anomalie congénitale	2 à 10 % (OMS)	72 à 360	312 à 1558	1982 à 9910
Total	s.o.	9996 à 24 604	78 334 à 194 333	596 409 à 1 474 414

Une étude de CME plus ciblée (non publiée) portant sur la mortalité imputable à la pollution atmosphérique au Canada a été réalisée par la Division des effets de l'air sur la santé (DEAS) d'Environnement Canada (Judek et al., 2005). Celle-ci a estimé la surmortalité annuelle imputable aux sources anthropiques de pollution atmosphérique pour la période 1998-2000 dans une sélection de villes canadiennes, en utilisant des données propres au pays. Les chiffres de mortalité non accidentelle et les données du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA) ont été combinés avec des fonctions concentration-effet (FCE) décrivant la relation polluant-mortalité tirées d'études épidémiologiques locales (comme celle de Burnett et al., 2004) afin d'estimer le nombre annuel de décès qui seraient évitables en éliminant la pollution atmosphérique d'origine humaine en Amérique du Nord. Dans cette étude, la surmortalité annuelle dans huit divisions de recensement au Canada a été estimée à 1800 décès pour les expositions à court terme et à 4 200 décès pour celles à long terme. Les auteurs ont souligné qu'il s'agissait d'une estimation prudente, car leur hypothèse de base ne portait que sur un tiers environ de la population canadienne, constitué principalement de résidents des grandes zones urbaines. Ils ont également estimé que 8 à 10 % de la mortalité toutes causes confondues était imputable à des « sources humaines » de pollution atmosphérique, et conclu que ces dernières doivent aussi entraîner une surmorbidity importante (mesurée entre autres par le nombre d'hospitalisations). Bien que cette étude ne soit pas publiée dans une revue à comité de

lecture, elle donne un bon exemple de la façon d'établir le lien entre un facteur de risque environnemental (pollution atmosphérique) et un effet sur la santé (mortalité) au Canada en utilisant les données pertinentes sur l'exposition de la population et sur la relation dose-effet. La principale limite de cette étude, quant à son utilité dans la conception de stratégies d'intervention efficaces, est qu'elle ne rend pas compte de tous les problèmes de santé imputables à la pollution atmosphérique et qu'elle n'aborde pas l'impact des autres facteurs de risque sur la mortalité ou la morbidité.

L'Association médicale de l'Ontario (OMA, 2005) a réalisé une autre étude de CME plus ciblée (non publiée) portant sur la surmortalité et la surmorbidity imputables à la pollution atmosphérique en Ontario. L'OMA a présenté la première version de son modèle informatique ICAP (Illness Costs of Air Pollution) et ses conclusions détaillées sur les effets sanitaires et les charges économiques de la pollution atmosphérique en Ontario en juin 2000; en 2006, elle les a actualisées par l'ajout de résultats et de prévisions pour quatre grands effets sanitaires (mortalité prématurée, hospitalisations, visites aux urgences et affections bénignes) pour la période 2005-2026. L'analyse ICAP de l'OMA se fondait sur quatre grands éléments d'information : (1) taille et caractéristiques de la population exposée; (2) type et concentration de la pollution atmosphérique à laquelle la population a été exposée; (3) effets sanitaires attendus de l'exposition de la population à la pollution atmosphérique; (4) conséquences économiques des effets nocifs de la pollution atmosphérique sur la santé. Cette analyse a combiné les données sur les concentrations atmosphériques en Ontario et des FCE tirées de la documentation (les références exactes ne sont pas précisées, mais le rapport indique que l'analyse s'est appuyée de préférence sur des études épidémiologiques de cohorte basées sur le risque relatif plutôt que sur des analyses de séries temporelles). Elle a estimé qu'environ 5 800 décès, 16 000 hospitalisations, 60 000 visites aux urgences et 29 millions de cas d'affections bénignes survenus en Ontario en 2005 étaient associés à l'exposition au smog et à la pollution atmosphérique (voir le tableau 16). L'OMA a prédit que, faute de maîtriser la pollution atmosphérique dans la région, ces effets sur la santé ne feraient que s'accroître. Bien que cette étude ne soit pas publiée dans une revue à comité de lecture et que sa portée soit limitée quant aux autres facteurs de risque et problèmes de santé, elle constitue également un bon exemple de la façon de réaliser une analyse de CME utilisant des données locales lorsqu'elles existent.

Tableau 16. Dommages sanitaires de la pollution atmosphérique en Ontario pour quatre années prises à titre d'exemple (source : OMA, 2005)

Problème de santé	Années prises à titre d'exemple			
	2000 (modèle initial)	2005	2015	2026
Décès prématurés	1 925	5 829	7 436	10 061
Hospitalisations	9 807	16 807	20 067	24 587
Visites aux urgences	45 250	59 696	71 548	87 963
Affections bénignes	46 445 663	29 292 100	31 962 200	38 549 300

4.2.2 Études réalisées au Canada sur des facteurs de risque environnementaux ou problèmes de santé particuliers

D'autres études réalisées au Canada portent sur certains aspects de l'évaluation de la CME, comme l'établissement d'une relation concentration-effet ou dose-effet pour un facteur de risque environnemental particulier (comme la pollution atmosphérique) ou l'évaluation qualitative du lien entre les expositions environnementales et un problème de santé particulier (comme le cancer). Bien que ces études ne constituent pas en soi des évaluations complètes de la CME, elles apportent des données utiles pour étayer des évaluations plus quantitatives. Les paragraphes ci-dessous donnent quelques exemples de ces types d'études, à titre d'illustration.

Un certain nombre d'études épidémiologiques ont évalué la relation entre différents problèmes de santé (hospitalisation pour affection cardiaque ou respiratoire, mortalité prématurée) et l'exposition de la population à la pollution atmosphérique dans certaines villes ou régions du Canada (voir le tableau A-5 de l'annexe A). Prises dans leur ensemble, ces études montrent que l'exposition aux polluants atmosphériques tels que les matières particulaires est associée à différents problèmes de santé, et plusieurs de ces études apportent des FCE qui pourraient servir (avec une modélisation de l'exposition et des données statistiques sanitaires) dans le cadre d'une analyse de CME propre au Canada étudiant la pollution atmosphérique comme facteur de risque environnemental. Judek et al. (2005) et l'OMA (2005) se sont appuyés sur des études de ce type pour estimer la charge de morbidité imputable à la pollution atmosphérique respectivement au Canada et en Ontario. Dans le cadre de leur tentative de mise au point d'un nouvel indice de qualité de l'air (IQA) multipolluant et sans seuil pour le Canada, Stieb et al. (2005) ont également examiné l'application de FCE établies localement (qui sont les mieux adaptées aux niveaux d'exposition, combinaisons d'expositions et caractéristiques d'une population donnée) à l'estimation de la charge de morbidité dans les villes canadiennes.

Plusieurs autres études ont examiné différents types de cancer au Canada et ont tenté d'établir des liens qualitatifs entre l'incidence observée du cancer et un éventail de facteurs environnementaux (voir le tableau A-6 de l'annexe A). Par exemple, le Conseil de conservation du Nouveau-Brunswick (CCNB, 2008) a récemment commandé une étude de la contribution des facteurs environnementaux à l'incidence et à la prévalence du cancer au Nouveau-Brunswick (Milewski et Liu, 2009a, b). Dans leur première évaluation, Milewski et Liu (2009a) ont constaté que les taux d'incidence du cancer du poumon chez les habitants de Saint-Jean des deux sexes pour la période 1991-2005 étaient nettement et systématiquement plus élevés que ceux constatés dans d'autres régions, et que les expositions professionnelles et la pollution atmosphérique étaient des facteurs de risque essentiels de cancer du poumon dans cette ville. Toutefois, leurs conclusions concernant les expositions et les risques environnementaux se fondaient principalement sur des données tirées de documents portant sur les expositions professionnelles, dont les résultats ne sont pas forcément applicables à la population générale. Pour obtenir des données plus utiles, ces auteurs ont recommandé la réalisation d'une étude épidémiologique visant à déterminer la cause des taux élevés de cancer du poumon à Saint-Jean, ainsi que d'études épidémiologiques au niveau des individus et des collectivités pour évaluer l'augmentation des taux de cancer du sein et de la prostate dans d'autres régions. Dans une étude de suivi qui élargissait les domaines examinés, Milewski et Liu (2009b) ont récapitulé les expositions environnementales et professionnelles potentielles dans différentes parties du

Nouveau-Brunswick et constaté que les collectivités présentant un taux global de cancer élevé connaissaient aussi une plus grande activité industrielle ou un plus grand risque de contamination de l'environnement (voir le tableau 17). Bien que ces études fournissent des données statistiques sanitaires utiles au niveau local, elles n'apportent pas les données sur les expositions de la population et sur les relations quantitatives entre problèmes de cancer et facteurs de risque potentiels qui seraient nécessaires à une analyse de la CME dans la région.

Tableau 17. Expositions éventuelles à des cancérogènes connus ou probables dans l'environnement ou le milieu de travail de 14 zones urbaines et rurales du Nouveau-Brunswick pour la période 1989-2005 (source : Milewski et Liu, 2009b)

Collectivité ou région	Arsenic	Benzène et COV	Cadmium	Formaldéhyde	Plomb	Nickel	Pesticides	HAP	Radon	Poussière de bois
Région de la base Gagetown							√			√
Bathhurst	√	√	√	√	√					√
Région de Belledune	√		√		√			√		√
Caraquet										
Dalhousie	√	√	√		√	√	√	√		√
Région de Drummond-Denmark							√			√
Edmundston		√								√
Fredericton										√
Région de Harvey	√								√	√
Miramichi		√		√						√
Région de Minto	√	√						√		√
Moncton										
Saint-Jean	√	√			√	√		√		√
Région du Haut-Miramichi		√					√			√

Dans le même ordre d'idées, Action Cancer Ontario a organisé un atelier sur les expositions environnementales et le cancer qui s'est tenu les 25 et 26 avril 2001 (Kreiger et al., 2003). Il s'agissait de répertorier les facteurs environnementaux pouvant contribuer au cancer et d'établir un consensus sur les priorités et les recommandations à adopter en matière de surveillance, de recherche et de prévention (voir le tableau 18). L'une des priorités de recherche établies par les participants à l'atelier était de réaliser des analyses documentaires afin de déterminer la solidité des preuves quant à la relation entre les différentes expositions environnementales et le cancer. Bien que nous n'ayons aucune information sur les activités de suivi de cet atelier, les données recueillies dans les domaines recommandés seraient utiles pour établir des estimations quantitatives de la fraction attribuable à l'environnement pour les problèmes de cancer observés au Canada.

Tableau 18. Expositions environnementales et recommandations faites à Action Cancer Ontario (adapté d'après Kreiger et al., 2003)

Exposition environnementale	Surveillance	Recherche	Activité de prévention du cancer
Rayonnement UV	Recueillir des données supplémentaires sur les comportements et problèmes en matière de protection solaire; suivre l'évolution des tendances de l'indice UV.		Collaborer avec Santé Canada, Environnement Canada, la Société canadienne du cancer, les conseils scolaires et les municipalités pour administrer des programmes de prudence au soleil.
Fumée de tabac ambiante	Soutenir les initiatives de surveillance existantes aux niveaux local, régional et national.	Exercer une surveillance au moyen de biomarqueurs d'exposition (comme la cotinine) dans la population générale.	Préconiser l'interdiction de la fumée de tabac ambiante en milieu de travail, et faire connaître les initiatives réussies aux partenaires et parties prenantes.
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	Estimer le nombre de décès par cancer imputables aux HAP.	Établir de meilleures estimations de l'exposition.	Préconiser des moteurs plus propres.
Amiante	<i>Recenser les immeubles contenant de l'amiante.</i>		Aider les travailleurs et entreprises des métiers du bâtiment à réduire les expositions.
Sous-produits de la désinfection de l'eau	Surveiller la qualité de l'eau aux stations de traitement.		Préconiser des améliorations au Programme de surveillance de l'eau potable de l'Ontario.
Radon	<i>Rendre les tests de radon obligatoires avant la vente ou la location d'une habitation.</i>		Sensibiliser le public et les partenaires et parties prenantes aux risques de cancer liés à l'exposition au radon.
Pesticides	Surveiller l'emploi de pesticides.		Sensibiliser le public et les partenaires et parties prenantes aux risques de l'exposition aux pesticides.
Contaminants dans les décharges	<i>Mettre en œuvre des programmes de surveillance des décharges.</i>	Établir un lien entre les expositions localisées aux décharges et les données du registre du cancer.	
Métaux lourds	Travailler avec le ministère du Travail et avec d'autres groupes pour surveiller les expositions professionnelles.		

4.2.3 Autres programmes et ateliers liés aux effets de l'environnement sur la santé au Canada

Les 26 et 27 septembre 2006, l'IRISPC a organisé un atelier à Banff (en Alberta) pour lancer un débat plus stratégique, plus ambitieux et mieux coordonné sur la recherche visant à améliorer les interventions en santé des populations au Canada (www.cihr-irsc.gc.ca/f/33515.html). Bien que cette initiative ne soit pas destinée à créer directement des études de CME canadiennes, elle est en train de mettre au point des programmes qui s'appuieront sur les études de CME de l'OMS.

L'IRISPC a notamment établi un plan stratégique et formulé les questions hautement prioritaires de façon à : augmenter le financement de la recherche interventionnelle en santé des populations; augmenter la capacité des chercheurs à réaliser cette recherche et celle des responsables des politiques à l'utiliser, au moyen de programmes et d'autres possibilités de formation; développer les capacités de communication et de création de réseaux afin d'accroître le nombre d'universités, de chercheurs, de praticiens et d'organisations au sein et en dehors du secteur de la santé qui comprennent l'intérêt d'un accroissement de la recherche interventionnelle à l'échelle des populations et qui le soutiennent; développer le domaine de la recherche et de l'évaluation en santé des populations en exerçant une surveillance qualitative et quantitative de la recherche et en faisant croître la collaboration et les synergies lorsque c'est possible.

Le 12 février 2007, le Centre McLaughlin d'évaluation du risque pour la santé des populations, qui fait partie de l'Institut de recherche sur la santé des populations de l'Université d'Ottawa, a organisé un atelier d'une journée afin d'examiner les méthodes actuellement utilisées pour estimer la CME et d'étudier leur application dans le contexte canadien (www.mclaughlincentre.ca/events/EDB_WS.shtml). À l'issue de l'atelier, les participants ont défini les prochaines étapes : produire un rapport de synthèse (disponible sur le site); lancer un programme d'évaluation de la CME pour le Canada à partir des recommandations de l'OMS; préciser les méthodes, obtenir des données et effectuer les analyses; interpréter les résultats de ces analyses; examiner les implications politiques. Aucune information de suivi n'est disponible pour cet atelier.

Du 26 au 28 novembre 2007, le Bureau des populations vulnérables du Programme de la sécurité des milieux de Santé Canada a organisé à Ottawa un atelier sur la santé des enfants et l'environnement (www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/childrens_workshop-enfants_atelier/index-fra.php). Cet atelier a défini les stades de développement ci-dessous, qui présentent chacun une sensibilité particulière aux facteurs d'exposition environnementaux : (1) préconception; (2) période embryonnaire et fœtale; (3) période néonatale; (4) trois premières années de la vie; (5) âge préscolaire et scolaire primaire; (6) adolescence. Aucune information de suivi n'est disponible pour cet atelier.

Les 5 et 6 février 2008, le Bureau des populations vulnérables du Programme de la sécurité des milieux de Santé Canada a organisé à Ottawa un atelier sur la santé des aînés et l'environnement (www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/seniors_workshop-aines_atelier/index-fra.php). Cet atelier avait pour but d'amener les participants à mieux comprendre la nature et la portée de la relation entre l'environnement et la santé des aînés (en tant que population distincte), et d'établir les principaux domaines d'action. Il a défini cinq facteurs qui contribuent fortement à la vulnérabilité des aînés aux risques environnementaux : changements physiologiques survenant au cours du vieillissement; conditions de vie et qualité du logement (emplacement, air intérieur); situation socioéconomique; charge corporelle en contaminants environnementaux et expositions passées; niveau de sensibilisation aux questions de santé environnementale.

5.0 Analyse

Plusieurs études mondiales, régionales et nationales de la charge de morbidité générale et imputable à l'environnement ont été réalisées au cours des vingt dernières années, voire

auparavant; elles apportent des informations de base et données probantes utiles pour évaluer la CME actuelle au Canada. Prises dans leur ensemble, ces études donnent lieu de penser que, selon la méthode de calcul et la définition adoptées, la CME totale dans les pays développés à revenu élevé serait de 1 à 5 % d'après les estimations les plus prudentes, et pourrait même atteindre 15 à 22 %. Dans les études utilisant une approche basée sur les problèmes de santé, les estimations de FAE varient aussi considérablement selon la catégorie d'affections et le facteur de risque. Les principales catégories d'affections retenues ou évaluées dans des études de CME portant sur des pays développés sont les affections respiratoires aiguës et chroniques, les maladies cardiovasculaires, la diarrhée, des troubles neurocomportementaux, le cancer et les anomalies congénitales. Les principaux facteurs de risque environnementaux associés aux différents problèmes de santé des pays développés sont la pollution atmosphérique, la pollution de l'air intérieur par l'usage de combustibles solides, l'exposition au plomb inorganique et les problèmes de salubrité de l'eau et d'assainissement. Dans les études adoptant une définition plus large de l'environnement, les facteurs de risque liés au mode de vie (tabagisme, consommation d'alcool) et à l'exposition professionnelle sont des déterminants essentiels de la charge de morbidité des pays développés. Bien que de nombreux autres facteurs de risque puissent avoir de l'importance au Canada et ailleurs, les études de CME mondiales, régionales, nationales ou locales existantes n'ont pas encore examiné leur contribution potentielle à la charge de morbidité.

La grande disparité entre les estimations de CME publiées découle surtout de l'hétérogénéité des approches méthodologiques, ensembles de données et unités d'analyse utilisés, ainsi que de celle des catégories d'affections et facteurs de risque environnementaux pris en compte. Par exemple, les estimations passées se fondaient sur une approche basée soit sur l'exposition (ou sur un scénario d'exposition), soit sur les problèmes de santé, qui incluaient dans les effets soit la mortalité seule, soit à la fois la mortalité et la morbidité. Comme mentionné plus haut, la définition de l'environnement a aussi beaucoup varié parmi les études de CME, qui vont de celles ne tenant compte que de l'exposition aux produits chimiques présents dans l'environnement général à celles qui incluent plusieurs facteurs liés au mode de vie (tabagisme, consommation d'alcool, sédentarité, surpoids et obésité), les virus et bactéries, l'exposition au soleil, les médicaments, les actes médicaux (comme ceux utilisant un rayonnement) et les expositions professionnelles. Par ailleurs, presque toutes ces études ont tiré des conclusions sur la CME totale en s'appuyant fortement sur des avis d'experts dont les biais ou divergences risquent d'avoir un impact considérable sur les résultats. Pour ces raisons et pour d'autres (notamment les différences d'hypothèses ou d'estimations initiales), il est difficile de comparer les résultats des différentes études de CME, même à l'échelle mondiale. L'Institut national de la santé publique et de la protection de l'environnement des Pays-Bas (RIVM) est en train de déterminer quels types de facteurs contribuent le plus aux divergences dans les estimations mondiales de la CME (Knol et Staatsen, 2005).

Il est également important de reconnaître que très peu d'études primaires publiées ont tenté d'estimer de façon indépendante les FAE pour différentes catégories d'affections. Au lieu de cela, la plupart des études se fondent sur les estimations de FAE calculées par l'OMS (Prüss-Üstün et Corvalán, 2006, 2007), par l'OCDE (Melse et de Hollander, 2001) ou par Landrigan et al. (2002) et les combinent avec des statistiques nationales de mortalité ou de morbidité pour calculer la CME propre à un pays ou à une région. Pour plusieurs maladies, l'OMS a établi des

estimations de FAE distinctes pour les pays développés et pour ceux en développement, mais celles-ci englobent toujours un certain nombre de facteurs de risque environnementaux que la plupart des organes de décision ou de réglementation considéreraient comme relevant du milieu personnel ou professionnel plutôt que de l'environnement ambiant. Les estimations de l'OCDE, qui se fondent sur une définition plus étroite de l'environnement, sont potentiellement plus pertinentes pour les pays développés comme le Canada, mais se basent sur des statistiques européennes et pourraient donc inclure de subtiles nuances régionales en matière d'exposition, ainsi que des risques découlant de caractéristiques propres à cette population. Landrigan et al. (2002) ont établi, pour les enfants des États-Unis, des estimations de FAE liées exclusivement à l'exposition aux produits chimiques qui pourraient aussi s'avérer pertinentes pour le Canada; mais, comme celles de l'OMS et de l'OCDE, elles se fondent principalement sur des avis d'experts et sont très incertaines en raison d'importantes lacunes statistiques en ce qui concerne l'exposition de la population et les relations dose-effet. On n'a pas établi d'estimations de FAE propres au Canada à ce jour.

L'OMS a établi pour le Canada une CME nationale de 13 %, qui est partiellement imputée à l'exposition à la pollution atmosphérique et à des problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène. Ces estimations de l'OMS se fondaient sur un cadre comparatif récent conçu pour faciliter les comparaisons entre études, régions et problèmes de santé. Après avoir utilisé les estimations de l'OMS et d'autres données publiées pour quantifier la CME au Canada, Boyd et Genuis (2008) ont avancé des FAE hypothétiques de l'ordre de 10 à 30 % pour la BPCO, de 26 à 53 % pour l'asthme, de 7,5 à 15 % pour les maladies cardiovasculaires, de 5 à 15 % pour le cancer et de 2 à 10 % pour les anomalies congénitales. Ils ont aussi estimé que les maladies et décès potentiellement évitables résultant d'expositions environnementales coûteraient au Canada environ 3,6 à 9,1 milliards de dollars par an en soins de santé. Ils ont cependant fait remarquer que la quantification de la CME au Canada est rendue difficile par les incertitudes scientifiques et les contraintes statistiques, ce qui les a conduits à ne prendre en compte que quatre catégories d'affections et à se fonder sur des FAE provenant d'autres études.

Bien que la documentation disponible semble indiquer que la réduction ou l'élimination de certaines expositions environnementales au Canada (et ailleurs) pourraient se traduire par des améliorations sanitaires importantes, il est souvent difficile d'utiliser ces résultats pour concevoir des stratégies d'intervention efficaces. En particulier, comme les environnements et expositions propres aux différentes régions et collectivités du Canada sont variables, les stratégies d'intervention sanitaire destinées à réduire la CME sont probablement plus efficaces à l'échelle locale ou provinciale qu'à l'échelle mondiale ou nationale. Ces efforts nécessitent une meilleure compréhension des expositions environnementales et de leurs effets sur la santé à ces différentes échelles géographiques. Comme indiqué plus haut, la plupart des évaluations de CME, notamment celles réalisées pour le Canada par l'OMS (2009) et par Boyd et Genuis (2008), se fondent sur une combinaison de FAE tirées d'études primaires et de statistiques nationales publiées concernant des problèmes de santé particuliers. Cependant, ces statistiques sur les problèmes de santé sont elles-mêmes influencées par des expositions environnementales et reflètent une contribution implicite de l'environnement. Par exemple, si une étude a observé 1000 décès par crise cardiaque dans une zone ou région particulière, l'utilisation d'une FAE de 10 % tirée des études publiées amènerait à conclure que 100 de ces décès étaient imputables à l'environnement. Mais si une analyse plus détaillée de la relation exposition-effet entre pollution

atmosphérique et problèmes de santé dans la zone ou région étudiée montrait qu'en fait 200 de ces 1000 décès par crise cardiaque étaient imputables à l'exposition à la pollution atmosphérique, cela donnerait une FAE plus adéquate de 20 % pour la zone ou région en question. Comme il est difficile d'évaluer la pertinence des FAE tirées de la documentation en ce qui concerne l'exposition des populations ou la relation dose-effet à différentes échelles géographiques, il serait plus juste d'envisager les estimations de CME des études publiées comme des valeurs indicatives plutôt que définitives, en particulier dans les pays développés comme le Canada.

Si l'on exclut les facteurs de risque liés au mode de vie et à l'activité professionnelle, la pollution atmosphérique (notamment celle liée aux matières particulaires) est le facteur de mortalité et de morbidité (maladies respiratoires, asthme) pour lequel on dispose des données les plus probantes pour le Canada et d'autres pays développés. On dispose notamment de données de surveillance de la pollution atmosphérique pour de nombreux pays ou régions, et un certain nombre d'études épidémiologiques, dont plusieurs réalisées au Canada, ont quantifié la relation concentration-effet entre les expositions aux matières particulaires et leurs incidences néfastes sur la santé. Les études pertinentes constatent presque toutes que la pollution atmosphérique est un facteur de risque environnemental prépondérant et suggèrent que les interventions de santé publique visant à réduire l'exposition à celle-ci devraient avoir un effet appréciable sur la compression de la CME au Canada. Il est cependant important d'apprécier que, même si les données probantes en matière de pollution atmosphérique et de morbidité proviennent d'études ayant employé de bonnes méthodes et avancé des estimations raisonnables des effets sanitaires, cela ne veut pas dire que la pollution atmosphérique est le principal facteur contribuant à la charge de morbidité environnementale, et l'on constate d'ailleurs d'une région à l'autre du Canada d'importantes différences de qualité de l'air susceptibles d'influencer cette relation. Le fait est qu'il existe de nombreux facteurs environnementaux dont on ne connaît tout simplement pas l'effet sanitaire et dont l'importance pourrait s'avérer supérieure ou inférieure à celle de la pollution de l'air extérieur et intérieur. À cet égard, certaines études ont conclu que les produits chimiques présents dans l'environnement avaient un impact mesurable sur la charge de morbidité au Canada; mais comme ces conclusions étaient généralement fondées sur des évaluations qualitatives ou incluant les effets d'une exposition professionnelle, on dispose actuellement de peu de données quantitatives étayant cette relation. Comme mentionné dans la rubrique suivante, des efforts de recherche sont nécessaires dans plusieurs domaines afin de combler d'importantes lacunes statistiques et d'assurer l'efficacité des stratégies d'intervention visant à comprimer la CME au Canada.

5.1 *Lacunes statistiques et besoins de recherche*

La contribution des différents facteurs de risque à la CME a jusqu'ici été difficile à comparer en raison du manque de standardisation des méthodes (choix des facteurs de risque, mesures agrégées de la santé des populations, différentes hypothèses envisagées) et des différences dans la fiabilité des études épidémiologiques sous-jacentes quant au risque relatif et aux niveaux d'exposition des populations (autrement dit aux liens de causalité). C'est pour tenter de résoudre certaines de ces questions que l'OMS a lancé son projet d'ECR, et elle a récemment proposé un cadre d'étude de la CME en recommandant aux autres chercheurs de l'adopter afin d'assurer la fiabilité et la comparabilité des estimations.

En dépit de ces améliorations potentielles dans les méthodes d'étude, il reste d'importantes lacunes statistiques en ce qui concerne l'exposition des populations et les relations de cause à effet pour de nombreux facteurs de risque environnementaux et problèmes de santé. Ce manque de données a amené plusieurs chercheurs à conclure que la CME a été gravement sous-estimée (DHHS, 2010; Boyd et Genuis, 2008; Landrigan et al., 2002; Prüss et al., 2001). Il a également perpétué la dépendance à l'égard d'estimations de CME et de FAE provenant de quelques études sous-jacentes reposant elles-mêmes fortement sur des avis d'experts. Qui plus est, la plupart des estimations de CME existantes sont basées sur des facteurs de risque mondiaux et on dispose de peu de données ou d'estimations pour les facteurs de risque qui pourraient s'avérer plus pertinents aux niveaux national, régional ou local. Ces limites font qu'il reste une grande incertitude quant aux estimations de CME actuelles et à leur applicabilité aux différents pays ou régions, et les efforts visant à caractériser pleinement l'ampleur de cette incertitude sont eux aussi limités.

Il est notamment important de combler les lacunes statistiques ci-dessous.

- *Absence de définition précise des facteurs de risque et catégories d'affections pertinents.* Bien que cette question ait été soulevée lors de plusieurs évaluations de la CME, notamment dans l'étude originale de Doll et Peto (1981), il n'y a toujours pas de consensus dans les documents publiés sur la façon de définir le *risque environnemental*. Alors que certaines études de CME, comme celles de Melse et de Hollander (2001) et de Landrigan et al. (2002), se sont fondées sur une définition relativement étroite (exposition aux produits chimiques présents dans l'environnement), d'autres, comme celles de Prüss-Üstün et Corvalán (2006, 2007), ont adopté une définition très large (intégrant les sources de pollution de l'environnement, les expositions et le stress en milieu de travail ainsi que les facteurs liés au mode de vie). Il peut aussi y avoir des variations importantes dans la définition des différents facteurs de risque ou problèmes de santé, selon l'emplacement géographique et la période, et chaque facteur de risque ou catégorie d'affections peut avoir plusieurs composantes. Par exemple, les *problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène*, qui sont un facteur fréquemment cité, peuvent être liés principalement à une contamination bactérienne de l'eau et à de mauvaises conditions de vie dans les pays en développement, mais à une contamination des aliments entraînant des intoxications dans les pays développés. De même, le facteur de risque *pollution de l'air intérieur* peut résulter de l'emploi de combustibles solides dans les pays en développement, mais principalement de la fumée de tabac ambiante dans les pays développés. La plupart des études de CME actuelles manquent de définir ou décomposer adéquatement les différents facteurs de risque en fonction des sources sous-jacentes, et plusieurs catégories d'affections sont beaucoup trop larges (comme l'ensemble des cancers), si bien qu'il est difficile de concevoir des stratégies d'intervention ciblées. Dans l'idéal, les études de CME doivent déterminer et évaluer les facteurs de risque et problèmes de santé les plus pertinents pour l'échelle géographique et la période envisagées. Avec l'importance accrue donnée à l'évaluation des expositions et risques agrégés et cumulatifs parmi les groupes de population (US EPA, 2007), il devient encore plus nécessaire de bien faire la distinction entre les différentes causes sous-jacentes et les différents effets sur la santé.

- *Insuffisance des données sur l'exposition de la population pour les différents facteurs de risque, sous-groupes et niveaux géographiques.* Bien que les études de CME nécessitent de bien comprendre les différentes expositions de la population, on manque souvent d'estimations fiables de celles-ci pour les facteurs de risque, sous-groupes ou régions à étudier (Ezzati et al., 2006; Briggs, 2003). Il faut noter à cet égard que les données de surveillance environnementale sont inadéquates pour différentes régions du Canada et qu'on ne dispose que de données de biosurveillance très limitées pour l'ensemble de la population du pays (Bérubé, 2007; Neumann, 2005, 2006). Pour contribuer à combler cette lacune statistique, Santé Canada (2007) collabore actuellement avec Statistique Canada pour ajouter à l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS) un volet biosurveillance qui mesurera l'exposition aux produits chimiques présents dans l'environnement chez un échantillon représentatif de l'ensemble de la population (5000 Canadiens âgés de 6 à 79 ans). Cette étude de biosurveillance produira des évaluations pertinentes de l'exposition aux produits toxiques provenant de toutes les sources environnementales en mesurant directement les taux des différentes substances ou de leurs métabolites dans des échantillons humains (notamment de sang ou d'urine). On manque également de données sur les expositions combinées à plusieurs facteurs de risque environnementaux ainsi que sur les expositions se produisant lors des périodes de grande vulnérabilité des premiers stades de la vie (DHHS, 2010). Pour répondre à ce besoin, Santé Canada (2010) vient de lancer, en collaboration avec des universitaires et spécialistes en recherche clinique, l'Étude mère-enfant sur les composés chimiques de l'environnement (MIREC, pour Maternal-Infant Research on Environmental Chemicals), qui complète l'ECMS en mesurant les marqueurs biologiques de l'exposition environnementale. Cette étude nationale sur cinq ans suivra environ 2000 femmes pendant leur grossesse et jusqu'à huit semaines après leur accouchement afin d'évaluer l'exposition de la mère et de l'enfant aux produits chimiques, métaux lourds et fumée de tabac de l'environnement.
- *Manque de données sur les liens de causalité, les risques relatifs et les relations dose-effet pour de nombreux facteurs de risque et problèmes de santé.* L'une des plus importantes lacunes statistiques à surmonter par les études de CME est probablement le manque de connaissances quant aux moyens de déterminer si un problème de santé est causé par un ou plusieurs facteurs de risque, quant à l'existence de seuils d'exposition pour les différents problèmes de santé et quant à la relation quantitative entre les niveaux d'exposition environnementale et les effets néfastes sur la santé (O'Connell et Hurley, 2009; Briggs, 2003; Landrigan et al., 2002; Prüss et al., 2001). Cette lacune statistique a conduit plusieurs études de CME à se concentrer sur un nombre limité de catégories d'affections dont l'étiologie environnementale est solidement étayée par des données probantes (Boyd et Genuis 2008; Ezzati et al., 2006). Dans les évaluations de CME, les risques relatifs et les fonctions dose-effet reposent en général sur des études épidémiologiques portant sur la population générale, comme celles discutées plus haut pour la pollution atmosphérique, voire sur des avis d'experts. Cependant, ce type d'étude est beaucoup plus facile à réaliser pour la pollution de l'air ambiant que pour d'autres facteurs de risque, car l'exposition d'une population aux différents agents qui y sont associés est bien définie et facile à quantifier, et ses effets sur la santé s'observent souvent peu de temps après. D'autres facteurs de risque, comme les nanoparticules, les

rejets de centrales nucléaires ou les produits chimiques présents dans les aliments ou dans d'autres produits de consommation, sont beaucoup plus difficiles à mesurer dans la population, et leurs effets sur la santé peuvent mettre longtemps à se manifester. Les relations dose-effet établies à partir de données toxicologiques ou d'études de cohortes professionnelles sont généralement considérées comme moins pertinentes pour la population générale, mais elles pourraient être utilisées en complément d'un modèle plausible des mécanismes biologiques entraînant des effets pertinents sur la santé humaine.

- *Absence d'études longitudinales et de programmes de surveillance de l'environnement.* À ce jour, aucune étude de grande envergure n'a été réalisée au Canada pour suivre l'évolution de la charge de morbidité et des facteurs de risque potentiels chez de grands groupes de population, et l'on manque de données de CME pour un grand nombre d'affections et de facteurs de risque, notamment chez les enfants (Bérubé, 2007; Boyd et Genuis, 2008). On a besoin d'études de ce type pour déterminer les relations et interactions possibles entre facteurs de risque et problèmes de santé et pour disposer de statistiques sanitaires complètes. De grandes études longitudinales de ce type sont achevées ou en cours aux États-Unis, comme la National Children's Study (www.nationalchildrensstudy.gov/Pages/default.aspx) et la Framingham Heart Study (www.framinghamheartstudy.org). Dans ce domaine, douze organisations canadiennes ont formé le Partenariat canadien pour la santé des enfants et l'environnement (PCSEE) afin de collaborer à un effort multisectoriel articulé autour d'une vision et d'une stratégie visant à protéger la santé des enfants contre la pollution de l'environnement et les produits chimiques toxiques (www.healthyenvironmentforkids.ca/fr/content/le-partenariat-canadien-pour-la-santé-des-enfants-et-l'environnement).
- *Insuffisance des tentatives de maîtriser tout l'éventail des incertitudes dans les estimations de la CME et des FAE.* Toutes les études de CME présentent d'importantes sources d'incertitude en ce qui concerne les expositions, les risques relatifs, les relations dose-effet, les statistiques sanitaires, les estimations d'AVCI et d'autres facteurs, notamment lorsqu'on extrapole d'un groupe de population à un autre (Mathers et al., 2006b; Danaei, 2005; Valent et al., 2004; Prüss et al., 2003; Ezzati et al., 2002). La plupart des études de CME ne tentent de rendre compte des incertitudes des données et du modèle que d'une manière très générale, par exemple en donnant une fourchette d'estimations de CME ou de FAE. Bien que les études plus récentes de l'OMS s'efforcent de tenir compte de l'incertitude statistique de certains paramètres et éléments de données en calculant les meilleures estimations et les intervalles de confiance à 95 % (Mathers et al., 2006b), la méthodologie utilisée pour établir les intervalles de confiance ou autres mesures d'incertitude n'apparaît pas toujours clairement. Qui plus est, peu d'études de CME donnent une caractérisation complète (qualitative ou quantitative) de l'incertitude de ces estimations. Par exemple, les études de CME existantes ont déterminé que la pollution atmosphérique constitue un facteur de risque environnemental essentiel, mais la plupart d'entre elles se concentrent sur les expositions à court terme, si bien que les expositions à long terme sont relativement peu connues ou examinées (Knol et Staatsen, 2005). Des analyses d'incertitude et de

sensibilité plus complètes, utilisant des techniques probabilistes ou d'autres méthodes, aideraient à déterminer les paramètres ou hypothèses d'entrée qui contribuent le plus à l'incertitude des estimations de CME et pourraient permettre de mieux caractériser ces incertitudes ou de les réduire.

- *Recours quasi systématique aux avis d'experts.* En raison de la grande insuffisance des données, la plupart des études de CME publiées se sont fortement appuyées sur des avis d'experts pour estimer les FAE relatives à différents facteurs de risque et problèmes de santé. Malgré les améliorations apportées ces dernières années aux méthodes d'obtention et d'évaluation des recommandations formalisées d'experts, illustrées par les procédures rigoureuses suivies par l'OMS dans son évaluation mondiale de la CME de 2001, leur étalonnage et l'impact des biais potentiels restent une source de préoccupations. Comme l'ont reconnu certains auteurs d'étude de CME, le processus des recommandations formalisées d'experts est nécessairement spéculatif et ses résultats dépendent des hypothèses sous-jacentes et des conceptions du groupe de consensus (Landrigan et al., 2002). De plus, certaines études de CME passées, ou réalisées à un niveau local, ont établi leurs groupes d'experts et recueilli leurs avis de manière *ad hoc* plutôt qu'en suivant la méthode des recommandations formalisées d'experts (Knol, 2010). Pour être crédibles, les études utilisant des avis d'experts doivent suivre une méthode rigoureuse et standardisée, et présenter les principales hypothèses, lacunes statistiques et marges d'incertitude avec leurs résultats (O'Connell et Hurley, 2009). Qui plus est, lorsque de nouvelles données quantitatives viennent étayer les évaluations de CME, il est nécessaire de réexaminer et réviser les estimations antérieures fondées sur des avis d'experts, le cas échéant.
- *Besoin de méthodes améliorées et novatrices.* La plupart des études de CME qui calculent des FAE ne prennent pas pleinement en compte le fait que les contaminants environnementaux peuvent interagir entre eux et qu'on ne connaît pas toutes les causes évitables de cancer. Cependant, certaines approches novatrices ont été employées pour tenter d'évaluer l'effet de l'interaction de plusieurs facteurs de risque sur la charge de morbidité (Ezzati et al., 2003, 2006). Les méthodes actuelles d'évaluation de la CME ne tiennent pas non plus compte de la possibilité que différentes expositions (qu'elles soient isolées, simultanées, séquentielles ou cumulées tout au long d'une vie) ne soient pas simplement additives ou qu'il existe des périodes d'exposition critiques (comme la vie prénatale et néonatale ou la puberté) au cours desquelles les personnes peuvent être particulièrement sensibles aux dommages causés par les contaminants présents dans l'environnement. Les interactions gènes-environnement peuvent aussi contribuer davantage au risque de cancer que les prédispositions génétiques ou les sources environnementales prises isolément. La mise au point et l'utilisation de méthodes améliorées et novatrices, comme les techniques de criblage à haut débit, devraient permettre de tenir compte de facteurs de ce type (DHHS, 2010).

Il est important de reconnaître que, même s'il reste d'importantes lacunes statistiques à combler pour mieux quantifier la CME au Canada et ailleurs, les études réalisées à ce jour et résumées dans le présent rapport apportent aux chercheurs scientifiques et aux responsables des politiques des renseignements précieux qu'ils peuvent utiliser pour prendre des décisions à propos

d'éventuelles stratégies d'intervention en santé publique ou de futurs efforts de recherche. Autrement dit, alors qu'il est important de bien comprendre et apprécier les lacunes statistiques existantes, l'incertitude et l'insuffisance des données ne doivent pas nécessairement empêcher de prendre des mesures potentiellement protectrices pour tenter de réduire l'exposition du public et les risques pour la santé. Cependant, une plus grande attention au comblement de ces lacunes statistiques améliorera la capacité à déterminer les facteurs de risque les plus importants et à mettre au point des programmes ciblés d'intervention sanitaire qui seront en fin de compte les plus efficaces pour réduire les risques courus par la population.

5.2 Recommandations

À partir de l'analyse de la documentation disponible, nous formulons plusieurs recommandations pour améliorer le niveau des connaissances sur la CME au Canada et pour aider les responsables des politiques et professionnels de la santé à concevoir des stratégies d'intervention efficaces et à établir leur ordre de priorité. Bien que la plupart de ces recommandations nécessitent des efforts de recherche qui devraient se poursuivre à long terme, nous apportons également quelques recommandations concrètes à court terme; celles-ci étant basées sur l'état actuel des connaissances, elles peuvent changer ou évoluer au fur et à mesure qu'on dispose de nouvelles informations.

1. Dans la mesure du possible, le choix des facteurs de risque environnementaux et problèmes de santé à cibler doit se fonder sur les estimations nationales, régionales ou locales de la CME au Canada (et non pas sur les estimations mondiales). En particulier, les études qui incluent des données sur les expositions touchant les populations de lieux précis et sur les problèmes de santé associés seront les plus utiles pour la mise au point de stratégies d'intervention ciblées. Les études réalisées par Judek et al. (2005) et par l'OMA (2005), bien que non publiées et non examinées par un comité de lecture, illustrent bien la façon dont les ensembles de données locaux peuvent servir à caractériser la contribution d'un facteur de risque environnemental particulier (comme la pollution atmosphérique) à certains problèmes de santé (mortalité, morbidité) au Canada. Il faudrait élargir les études de ce type de manière à y inclure d'autres problèmes de santé et facteurs de risque environnementaux ou d'autres régions du Canada. Les estimations de CME établies pour les autres pays développés pourraient être utilisées dans la mise au point des stratégies d'intervention en santé au Canada, mais il faut au moins essayer de comparer ou prendre en compte les différences potentielles d'exposition ou de prédisposition des populations, qui pourraient affecter la généralisabilité de ces estimations.
2. Il est d'importance capitale que les futures études de la CME au Canada reposent sur un cadre cohérent qui se fonde sur les mêmes types de données et sources d'information et qui caractérise adéquatement l'incertitude des estimations. Bien que l'OMS ait mis au point un cadre général unifié d'étude de la CME qui s'avère utile pour les comparaisons entre pays, il n'est pas clair qu'il soit assez précis pour produire les types de données nécessaires à la mise au point de stratégies d'intervention ciblées dans les pays comme le Canada. Les études de CME propres au Canada doivent aussi employer autant que possible une approche basée sur l'exposition (qui lie l'estimation des expositions

touchant les populations aux données probantes sur les risques correspondants), parce que c'est généralement celle qui apporte le plus de renseignements utiles pour prendre des décisions concernant les problèmes de santé imputables à plusieurs facteurs de risque environnementaux, comme le cancer ou les maladies cardiovasculaires (Prüss et al., 2001, 2002). Autrement dit, cette approche peut servir à refléter les expositions environnementales régionales ou locales (au lieu de poser une seule fraction attribuable pour tous les emplacements) et donc à évaluer les améliorations sanitaires potentielles des différents scénarios d'intervention. Lorsqu'on utilise une approche basée sur les problèmes de santé, il faut veiller autant que possible à établir des FAE s'appliquant parfaitement au Canada à l'échelle nationale, régionale ou locale. Ces FAE propres au Canada peuvent être établies par la méthode des recommandations formalisées d'experts (en utilisant des protocoles standardisés pour la conception de l'étude et la sélection des experts), mais il ne faut pas recourir à des groupes d'experts informels ou *ad hoc*. Quelle que soit l'approche, il faut procéder à une évaluation critique de la pertinence et du niveau de certitude de toutes les sources de données sous-jacentes. À cet égard, l'applicabilité à la population étudiée des données d'exposition et relations dose-effet disponibles doit être soigneusement évaluée, et les hypothèses sous-jacentes, les lacunes statistiques et les incertitudes doivent être explicitées et clairement communiquées aux responsables des politiques, aux professionnels de la santé et au public.

3. Il est sans doute de la plus grande importance de réaliser d'autres recherches pour combler les principales lacunes statistiques répertoriées dans la partie précédente, afin de faciliter les études de CME propres au Canada dans le futur et d'assurer la mise au point de stratégies d'intervention optimales. Ces lacunes statistiques étant étroitement liées entre elles, l'idéal serait de combler chacune d'elles pour faire progresser efficacement les estimations de CME propres au Canada. On a notamment besoin de meilleures données sur les niveaux d'exposition de la population à différentes échelles géographiques, ainsi que sur les relations dose-effet entre facteurs de risque environnementaux et problèmes de santé. La première de ces lacunes statistiques peut être comblée par des programmes de surveillance environnementale et de biosurveillance plus énergiques, tandis que la seconde nécessitera d'autres études épidémiologiques au niveau des collectivités (plus localisées). D'autres recherches à long terme seront nécessaires par la suite pour répondre à des questions plus complexes comme celles de l'impact des expositions multiples sur la charge de morbidité, de l'effet des expositions aux premiers stades de la vie et des interactions gènes-environnement. En attendant, des recommandations formalisées d'experts adaptées au contexte canadien pourraient servir à combler certaines de ces lacunes et à définir des plages d'incertitude adéquates pour les estimations actuelles.
4. L'effort principal doit porter sur l'établissement des méthodes et des données de CME dans leur ensemble, mais comme cela prendra beaucoup de temps, il appartient aux responsables des politiques de décider dans quels programmes d'intervention en santé publique investir en attendant. Malgré leur portée manifestement limitée, les meilleures informations actuellement disponibles indiquent que le problème de l'exposition des populations à la pollution atmosphérique doit être envisagé comme une priorité essentielle pour les stratégies d'intervention en santé publique au Canada. Les données

probantes disponibles suggèrent notamment que, jusqu'à la collecte de données supplémentaires concernant d'autres facteurs de risque, les plus grandes améliorations en santé publique dans les pays comme le Canada s'obtiendront probablement en réduisant l'exposition de la population à certains polluants atmosphériques. Cette conclusion se fonde sur les vastes données d'exposition de la population aux matières particulaires et autres polluants atmosphériques, sur plusieurs ERC établissant un lien entre les expositions aux polluants atmosphériques et des problèmes de santé particuliers, ainsi que sur les statistiques sanitaires pertinentes au Canada et ailleurs. L'abondance des données probantes disponibles pour la pollution atmosphérique (par rapport aux autres facteurs de risque environnementaux) renforce la confiance dans le fait que les interventions visant à réduire ces expositions auront un impact positif mesurable sur la santé publique. Il est cependant important de reconnaître qu'il faudra encore effectuer d'autres recherches pour déterminer les stratégies de lutte contre la pollution atmosphérique les plus efficaces pour les différentes régions. Stieb et al. (2005) donnent un exemple de la façon d'intégrer une analyse de la charge de morbidité imputable à la pollution atmosphérique dans l'analyse des politiques et la communication des risques en établissant un IQA facile à comprendre qui peut servir dans différentes régions du Canada. Il est également important d'avoir conscience du fait que la nature et la source des problèmes de qualité de l'air peuvent évoluer en fonction des différentes politiques de santé publique ou conditions environnementales (interdictions de fumer à l'intérieur des locaux, restrictions sur les poêles et cheminées à bois, effets du changement climatique, production accrue de biocarburants) et détermineront les types de stratégies d'intervention à envisager et mettre en œuvre.

5. Le gouvernement canadien doit mettre au point une stratégie explicite d'évaluation et priorisation des autres facteurs de risque environnementaux et problèmes de santé au Canada. Autrement dit, jusqu'à ce que l'on dispose pour les autres facteurs de risque de données probantes analogues à celles qui sont disponibles pour la pollution atmosphérique, il faudra décider s'il faut ou non s'attaquer à ces risques potentiels et dans quelle mesure. Même en l'absence de données probantes quantitatives, il est légitime d'appliquer un principe de précaution aux facteurs de risque environnementaux potentiels, comme l'a recommandé le groupe d'experts sur le cancer (Cancer Panel) de la présidence des États-Unis (DHHS, 2010). Toutefois, compte tenu des ressources limitées et des intérêts concurrents, les responsables des politiques et professionnels de la santé du Canada auront en fin de compte à décider où il vaut mieux concentrer leurs ressources et leurs efforts. Pour faciliter ces décisions, il faut mettre au point une stratégie (éventuellement fondée sur un cadre d'analyse décisionnelle) qui examine et évalue les connaissances scientifiques actuelles sur les facteurs de risque potentiellement pertinents (contaminants dans l'eau potable, pesticides, perturbateurs endocriniens, toxines microbiennes, nanoparticules, rejets de centrales nucléaires) en ce qui concerne les niveaux d'exposition de la population à chacun d'eux, leur relation dose-effet, le degré de préoccupation qu'ils suscitent dans le public et la facilité à les maîtriser.

Pour résumer, l'établissement d'estimations de la CME suffisamment précises pour éclairer les politiques canadiennes de santé publique exigera la synthèse et l'intégration de méthodes et de données provenant de différentes disciplines. En fin de compte, pour que les études de la CME

soient encore plus utiles pour la priorisation des risques et la conception de stratégies d'intervention efficaces, elles doivent établir des associations entre les multiples facteurs de risque et les nombreux problèmes de santé dans le cadre d'une démarche intégrée et dynamique qui reflète les expositions des populations locales aussi bien que leur relation aux problèmes de santé prévalant dans ces mêmes populations. Des efforts en cours depuis peu au Canada (notamment le programme ISP et l'initiative IRISPC) s'annoncent prometteurs pour la collecte de données pertinentes sur la relation entre expositions environnementales et problèmes de santé dans les différentes régions du pays. Bien que ces efforts nécessiteront probablement des ressources considérables au départ, de tels investissements dans la santé publique se traduiront à long terme par une réduction de la charge de morbidité et des coûts de santé associés.

6.0 Références bibliographiques

Bérubé A. 2007. Toward an Economic Analysis of the Environmental Burden of Disease Among Canadian Children. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B: Critical Reviews* 10(1-2):131-142.

Boyd DR and SJ Genuis. 2008. The environmental burden of disease in Canada: respiratory disease, cardiovascular disease, cancer, and congenital affliction. *Environmental Research* 106: 240-249.

Briggs D. 2003. Environmental pollution and the global burden of disease. *British Medical Bulletin* 68:1-24. <http://bmb.oxfordjournals.org/cgi/reprint/68/1/1>. Accessed October 2009.

Brook JR, Burnett RT, Dann TF, Cakmak S, Goldberg MS, Fan X and Wheeler AJ. 2007. Further interpretation of the acute effect of nitrogen dioxide observed in Canadian time-series studies. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 17 Suppl 2:S36-44.

Burnett RT, Brook JR, Yung WT, Dales RE and Krewski D. 1997a. Association between ozone and hospitalization for respiratory diseases in 16 Canadian cities. *Environmental Research* 72:24-31.

Burnett RT, Dales RE, Brook JR, Raizenne ME and Krewski D. 1997b. Association between ambient carbon monoxide levels and hospitalizations for congestive heart failure in the elderly in 10 Canadian cities. *Epidemiology* 8(2):162-167

Burnett RT, Cakmak S, Raizenne MI, Stieb D, Vincent R and Krewski D. 1998. The association between ambient carbon monoxide levels and daily mortality in Toronto, Canada. *Journal of Air and Waste Management* 48:689-700.

Burnett RT, Brook J, Dann T, Deiocia C, Philips O, Cakmak S, Vincent R, Goldbert RS and Krewski D. 2000. Association between particulate-and gas phase components of urban air pollution and daily mortality in eight Canadian cities. *Inhalation Toxicology* 12 suppl 4:15-39.

Burnett RT, Stieb D, Brook JR, Cakmak S, Dales R, Raizenne M, Vincent R and Dann T. 2004. Associations between short-term changes in nitrogen dioxide and mortality in Canadian cities. *Archives of Environmental Health* 59(5):228-236.

(CIHR) Canadian Institutes of Health Research. 2006. Population Health Intervention Research Initiative for Canada ("PHIRIC") Workshop Report. September 26 - 27, 2006. Banff Centre, Banff, Alberta. <http://www.cihr-irsc.gc.ca/e/33515.html>. Accessed January 2010.

Cohen AJ, Anderson HR, Ostro B, Pandey KD, Krzyzanowski M, Künzli N, Gutschmidt K, Pope A, Romieu I, Samet JM and Smith K. 2005. The global burden of disease due to outdoor air pollution. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A* 68 (13-14):1301-1307.

(CCNB) Conservation Council of New Brunswick. 2008. New Brunswick Health Status Report. Health Watch.

Coyle D, Stieb D, Burnett RT, DeCivita P, Krewski D, Chen Y and Thun MJ. 2003. Impact of particulate air pollution on quality-adjusted life expectancy in Canada. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A* 66(16-19):1847-1863.

Danaei G, Vander Hoorn S, Lopez AD, Murray CJL, Ezzati M, and the Comparative Risk Assessment Collaborating Group (Cancers). 2005. Causes of cancer in the world: comparative risk assessment of nine behavioural and environmental risk factors. *Lancet* 366:1784-1793.

Davies K and Hauge D. 2005. Economic costs of diseases and disabilities attributable to environmental contamination in Washington state. Collaborative for Health and Environment. Seattle. <http://washington.chenw.org/pdfs/EnvironmentalCosts.pdf>. Accessed October 2009.

Doll R and Peto R. 1981. The causes of cancer: quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today. *Journal of the National Cancer Institute* 66(6):1192-1308. <http://tobaccodocuments.org/pm/2025030544-0660.html>. Accessed October 2009.

(DHHS) United States Department of Health and Human Services, National Cancer Institute, President's Cancer Panel. 2010. 2008-2009 Annual Report: Reducing environmental cancer risk – What we can do now. <http://deainfo.nci.nih.gov/advisory/pcp/pcp.htm>. Accessed May 9, 2010.

Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Vander Hoorn S, Murray CJL and the Comparative Risk Assessment Collaborating Group. 2002. Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *Lancet* 360:1347–60.

Ezzati M, Vander Hoorn S, Rodgers A, Lopez AD, Mathers CD, Murray CLJ and the Comparative Risk Assessment Collaborating Group. 2003. Estimates of global and regional potential health gains from reducing multiple major risk factors. *Lancet* 362:271-280.

Ezzati M, Vander Hoorn S, Lopez AD, Danaei B, Rodgers A, Mathers CD and Murray CLJ. 2006. Comparative quantification of mortality and burden of disease attributable to selected risk factors. Chapter 4 in *Global Burden of Disease and Risk Factors*. Disease Control Priorities Project (DCPP). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/bookshelf/br.fcgi?book=gbd>. Accessed November 2009.

Fewtrell LJ, Kaufmann R and Prüss-Üstün A. 2003. Lead : assessing the environmental burden of disease at national and local levels. www.who.int/entity/quantifying_ehimpacts/publications/en/leadebd2.pdf Accessed January, 2010.

Goldberg MS, Burnett RT, Bailar JC III, Valos MF and Vincent R. 2001a. Association between daily cause-specific mortality and concentrations of ground-level ozone in Montreal, Quebec. *American Journal of Epidemiology* 154:817-826.

Goldberg MS, Burnett RT, Bailar JC, Brook J, Bonvalot Y, Tamblyn R, Singh R and Valois MF. 2001b. The association between daily mortality and ambient air particle pollution in Montreal, Quebec. 1. Nonaccidental mortality. *Environmental Research* 86(1):12-25.

Goldberg MS, Burnett RT, Bailar JC, Brook J, Bonvalot Y, Tamblyn R, Singh R, Valois MF and Vincent R. 2001c. The association between daily mortality and ambient air particle pollution in Montreal, Quebec. 2. Cause-specific mortality. *Environmental Research* 86(1):26-36.

Health Canada. 2007. http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/childrens_workshop-enfants_atelier/index-eng.php. Accessed November 2009.

Health Canada. 2007. Biomonitoring of Environmental Chemicals in the Canadian Health Measures Surveys part of the Canadian Health Measures Survey (CHMS). <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/contaminants/health-measures-sante-eng.php>. Accessed October 2009.

Health Canada. 2008. http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/seniors_workshop-aines_atelier/index-eng.php. Accessed November 2009.

Health Canada. 2010. Maternal-Infant Research on Environmental Chemicals (The MIREC Study). <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/contaminants/human-humaine/mirec-eng.php>. Accessed October 2010.

Health Protection Agency. 2005. Health protection in the 21st century. Understanding the burden of disease, preparing for the future. Health Protection Agency, London, United Kingdom

Judek S, Jessiman B, Stieb D and Vet R. 2005. Estimated number of excess deaths in Canada due to air pollution. Health Canada and Environment Canada. Ottawa. <http://www.metrovancouver.org/about/publications/Publications/AirPollutionDeaths.pdf>. Accessed November 2009.

Kay D, Prüss A and Corvalán C. 2000. Methodology for assessment of environmental burden of disease. World Health Organization. Geneva. www.who.int/entity/quantifying_ehimpacts/methods/en/wsh0007.pdf. Accessed October 2009.

Knol AB. 2010. Health and the Environment: Assessing the impacts, addressing the uncertainties. Thesis Utrecht University, the Netherlands. ISBN: 978-90-393-5308-0.

Knol AB and Staatsen BAM. 2005. Trends in the environmental burden of disease in the Netherlands, 1980 - 2020. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM. 8-Aug-2005. <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/500029001.html>. Accessed November 2009.

Kreiger N, Ashbury FD, Purdue MP and Marrett LD. 2003. Workshop report: environmental exposures and cancer prevention. *Environmental Health Perspectives* 111(1):105-108. Convened by Cancer Care Ontario and available from: <http://www.cancercare.on.ca/cms/One.aspx?portalId=1377&pageId=11934#>. Accessed October 2009.

Landrigan P, Schechter C, Lipton J, Fahs M and Schwartz J. 2002. Environmental pollutants and disease in American children: estimates of morbidity, mortality, and costs for lead poisoning, asthma, cancer, and developmental disabilities. *Environmental Health Perspectives* 110(7):721-728.

Liu S, Krewski D, Shi Y, Chen Y and Burnett RT. 2003. Association between gaseous ambient air pollutants and adverse pregnancy outcomes in Vancouver, Canada. *Environmental Health Perspectives* 111(14):1773-1778.

Lopez AD, Mathers CD, Ezzati M, Jamison DT and Murray CJL. 2006a. Global and regional burden of disease and risk factors, 2001: systematic analysis of population health data. *Lancet* 367:1747-1757.

Lopez AD, Mathers CD, Ezzati M, Jamison DT and Murray CJL. 2006b. Measuring the global burden of disease and risk factors, 1990-2001. Chapter 1 in *Global Burden of Disease and Risk Factors*. Disease Control Priorities Project (DCPP).
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/bookshelf/br.fcgi?book=gbd>. Accessed November 2009.

Lucas RM, McMichael AJ, Armstrong BK and Smith WT. 2008. Estimating the global disease burden due to ultraviolet radiation exposure. *International Journal of Epidemiology* doi:10.1093/ije/dyn017. <http://ije.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/dyn017v1>. Accessed November 2009.

Manuel DG; Schultz SE and Kopec JA. 2002. Measuring the health burden of chronic disease and injury using health adjusted life expectancy and the Health Utilities Index. *Journal of Epidemiology and Community Health* 56 (11):843-850.

Manuel DG, Leung M, Nguyen K, Tanuseputro P and Johansen H. 2003. Burden of cardiovascular disease in Canada. *Canadian Journal of Cardiology* 19(9):997-1004.

Massey R, and Ackerman F. 2003. Costs of preventable childhood illness: The price we pay for pollution. Global Development and Environment Institute. Tufts University, Medford, MA. ase.tufts.edu/gdae/Pubs/rp/03-09ChildhoodIllness.PDF. Accessed October 2009.

Mathers CD, Lopez AD and Murray CLJ. 2006a. The burden of disease and mortality by condition: Data, methods, and results for 2001. Chapter 3 in *Global Burden of Disease and Risk Factors*. Disease Control Priorities Project (DCPP).
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/bookshelf/br.fcgi?book=gbd>. Accessed November 2009.

Mathers CD, Salomon JA, Ezzati M, Begg S, Vander Hoorn S and Lopez AD. 2006b. Sensitivity and uncertainty analyses for burden of disease and risk factor estimates. Chapter 5 in *Global Burden of Disease and Risk Factors*. Disease Control Priorities Project (DCPP).
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/bookshelf/br.fcgi?book=gbd>. Accessed November 2009.

Mathers CD, Vos ET, Stevenson CE and Begg SJ. 2000. The Australian burden of disease study: measuring the loss of health from diseases, injuries and risk factors. *Medical Journal of Australia* 172: 592-596. http://mja.com.au/public/issues/172_12_190600/mathers/mathers.html. Accessed November 2009.

Mathews I and Parry S. 2005. The Burden of Disease Attributable to Environmental Pollution. University of Wales College of Medicine, Cardiff.

Melse JM, and de Hollander AEM. 2001. Human Health and the Environment. Background Document for the OECD Environmental Outlook (Chapter 21: Human Health and the Environment). OECD, Paris.

rivm.openrepository.com/rivm/bitstream/10029/9466/1/402101001.pdf and www.oecd.org/dataoecd/10/16/32006565.pdf. Accessed November 2009.

Melse JM, Essink-Bot M-L, Kramers PGN and Hoeymans N. 2000. A national burden of disease calculation: Dutch disability-adjusted life years. *American Journal of Public Health* 90(8): 1241-1247.

Milewski I and L Liu. 2009a. Cancer in New Brunswick communities: Investigating the environmental connection. Part 1: Moncton, Saint John and Fredericton (1991-2005). Conservation Council of New Brunswick. <http://www.conservationcouncil.ca/Health-Watch/>. Accessed October 2009.

Milewski I and L Liu. 2009b. Cancer in New Brunswick communities: Investigating the environmental connection. Part 2: Fourteen urban and rural areas (1989-2005). Conservation Council of New Brunswick. <http://www.conservationcouncil.ca/Health-Watch/>. Accessed October 2009.

Murray CJL and Lopez AD (eds). 1996. The Global Burden of Disease. Cambridge: Harvard School of Public Health (on behalf of the World Health Organization and World Bank).

Murray CJL and Lopez AD. 1999. On the comparable quantification of health risks: lessons from the global burden of disease study. *Epidemiology* 10:594-605.

National Academy of Sciences Committee on Developmental Toxicology. 2000. Scientific Frontiers in Developmental Toxicology and Risk Assessment. National Academy Press. Washington, D.C. <http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=0309070864>. Accessed January 2010.

Neumann J, Winterton S, Foulds J, Smith R and Lu J. 2005. Toxic nation: A report on pollution in Canadians. Environmental Defense. Toronto. <http://www.environmentaldefence.ca/reports/toxicnation.htm>. Accessed January 2010.

Neumann J, Winterton S, Lu J and Roja D. 2006. Polluted children, toxic nation: A report on pollution in Canadian families. Environmental Defense. Toronto. <http://www.environmentaldefence.ca/reports/toxicnationFamily.htm>. Accessed January 2010.

O'Connell E and Hurley F. 2009. A review of the strengths and weaknesses of quantitative methods used in health impact assessment. *Public Health* 124(4):306-310.

(OMA) Ontario Medical Association. 2005. The illness costs of air pollution: 2005-2026 health and economic damage estimates. Toronto.

https://www.oma.org/Health/smog/report/ICAP2005_Report.pdf. Accessed November 2009.

Pastides H and Corvalan C. 1998. Methods for health impact assessment in environmental and occupational health – Report of a WHO/ILO consultation, July 1997. Geneva (WHO/EHG/98.4, ILO/OSH/98.1).

(PHA) Public Health Agency of Canada. 2006. <http://www.phac-aspc.gc.ca/phi-isp/overview-eng.php>. Accessed October 2009.

Prüss A, Corvalán CF, Pastides H and De Hollander AE. 2001. Methodologic considerations in estimating burden of disease from environmental risk factors at national and global levels. *International Journal of Occupational and Environmental Health* 7(1):58-67.

Prüss A, Kay D, Fetrell L and Bartram J. 2002. Estimating the burden of disease from water, sanitation and hygiene at a global level. *Environmental Health Perspectives* 110:537–542.

Prüss-Üstün A, Mathers C, Corvalán C, Woodward A. 2003. Assessing the Environmental Burden of Disease at National and Local Levels: Introduction and Methods. Environmental Burden of Disease Series, No. 1. World Health Organization. Geneva.
http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/9241546204/en/index.html. Accessed October 2009.

Prüss-Üstün A, and Corvalán C. 2006. Preventing disease through healthy environments: towards an estimate of the environmental burden of disease. World Health Organization. Geneva.
http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventingdisease/en/index.html. Accessed October 2009.

Prüss-Üstün A, and Corvalán C. 2007. How much disease burden can be prevented by environmental interventions? *Epidemiology* 18(1):167-178.

Shuler K, Nordbye S, Yamin S, and Ziebold C. 2006. The Price of Pollution: Cost Estimates of Environment-Related Disease in Minnesota. Institute for Agricultural and Trade Policy and Minnesota Center for Environmental Advocacy. Minneapolis. <http://www.isn.ethz.ch/isn/Digital-Library/Publications/Detail/?ots591=0C54E3B3-1E9C-BE1E-2C24-A6A8C7060233&lng=en&id=47641>. Accessed October 2009.

Smith KR, Corvalán C and Kjellstrom T. 1999. How much global ill health is attributable to environmental factors? *Epidemiology* 10:573-584.

Sullivan L. 2009. Introduction to the population health intervention research initiative for Canada. *Canadian Journal of Public Health* Jan-Feb. pp 15-16.

Stieb DM, Beveridge RC, Brook JR, Smith-Doiron M, Burnett RT, Dales RE, Beaulieu S, Judek S and Mamedov A. 2000. Air pollution, aeroallergens and cardiorespiratory emergency department visits in Saint John, Canada. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 10(5):461-477.

Stieb DM, Smith-Doiron M, Brook JR, Burnett RT, Dann T, Mamedov A and Chen Y. 2002. Air pollution and disability days in Toronto: results from the national population health survey. *Environmental Research* 89(3):210-219.

Stieb DM, Doiron MS, Blagden P and Burnett RT. 2005. Estimating the public health burden attributable to air pollution: an illustration using the development of an alternative air quality index. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A* 68(13-14):1275-1288.

(U.S. EPA) U.S. Environmental Protection Agency. 2007. Concepts, methods and data sources for cumulative health risk assessment of multiple chemicals, exposures and effects: A resource document. EPA/600/R-06/013F, August 2007.

Valent F, Little D, Bertollini R, Nemer LE, Barbone F and Tamburlini G. 2004. Burden of disease attributable to selected environmental factors and injuries among children and adolescents in Europe. *Lancet* 363: 2032-2039.

Villeneuve PJ, Burnett RT, Shi Y, Krewski D, Goldberg MS, Hertzman C, Chen Y and Brook J. 2003. A time-series study of air pollution, socioeconomic status, and mortality in Vancouver, Canada. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 13(6):427-435.

Wigle DT and Krewski D. 2007. Introduction to "children's health and the environment: review of certain chemicals and Canadian government policies." *Journal of Toxicology and Environmental Health B* 10:1.

(WHO) World Health Organization. 2009a. Quantifying environmental health impacts. Environmental burden of disease series. http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/en/. Accessed October 2009.

(WHO) World Health Organization. 2009b. Country profile of environmental burden of disease: Canada. http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/national/countryprofile/canada.pdf. Accessed October 2009.

Yang Q, Chen Y, Shi Y, Burnett RT, McGrail KM and Krewski D. 2003. Association between ozone and respiratory admissions among children and the elderly in Vancouver, Canada. *Inhalation Toxicology* 15(13):1297-1308.

ANNEXE A

Tableau A-1. Résumé des études de CME mondiales et régionales sélectionnées.

Références	Objectif	Approche	Méthodes	Résultats	Conclusions	Données particulièrement pertinentes pour le Canada	Points forts	Limites
Melse et de Hollander (2001)	Estimer la charge de morbidité imputable à l'environnement dans les pays de l'OCDE en 1998.	Basée sur les effets	La charge de morbidité a été estimée à partir des données du Rapport sur la santé dans le monde 1999 (corrigées en fonction des différences régionales) et exprimée en termes de perte de santé (AVCI) et de coûts. Les FAE ont été estimées pour 16 affections à partir des risques relatifs relevés dans la documentation et des niveaux d'exposition tirés des rapports internationaux.	La charge totale de morbidité imputable à des facteurs environnementaux allait de 2 à 5 % pour les pays de l'OCDE (1,4 à 4,3 % pour les pays à revenu élevé et 3,7 à 6,7 % pour ceux à faible revenu) et de 8 à 12 % pour les pays non membres de l'OCDE. Les estimations de FAE variaient considérablement selon la catégorie d'affections.	La fraction de la charge de morbidité attribuable aux facteurs environnementaux variait selon que le pays appartenait ou non à l'OCDE et que son revenu était faible ou élevé.	Données présentées pour les pays de l'OCDE à revenu élevé.	Des FAE hautes et basses rendent compte de l'incertitude des estimations.	Les FAE sont basées sur des sources de données potentiellement périmées.
Ezzati et al. (2002)	Estimer la charge de morbidité imputable à 26 grands facteurs de risque en utilisant un cadre unifié pour 14 régions du monde en 2000.	Basée sur les effets	L'exposition aux facteurs de risque et l'ampleur du risque ont été estimées à partir de l'analyse des travaux publiés et d'autres sources par des comités d'experts. Les fractions imputables à ces facteurs ont été calculées pour les différentes populations et appliquées aux estimations de charge de mortalité et de morbidité (AVCI) figurant dans la base de données GBD de l'OMS.	La charge mondiale de morbidité imputable aux facteurs de risque environnementaux et professionnels allait de 8 à 9 % (Briggs, 2000). La charge de morbidité imputable aux facteurs de risque environnementaux dans la région Amériques (qui inclut le Canada) allait de 3 à 4 %.	La charge mondiale de morbidité est imputable à ces 26 grands facteurs de risque dans des proportions considérables. Les pays en développement supportent la majorité ou la totalité de la charge imputable à plusieurs des principaux facteurs de risque.	Données présentées pour la région Amériques.	Une analyse d'incertitude a été réalisée. L'étude a pris en compte certains facteurs de risque qui ne l'avaient pas été jusqu'alors (comme le changement climatique).	Manque de données d'exposition directe pour plusieurs facteurs de risque, qui se traduit par une incertitude importante dans les FAE.

Références	Objectif	Approche	Méthodes	Résultats	Conclusions	Données particulièrement pertinentes pour le		
						Canada	Points forts	Limites
Ezzati et al. (2003)	Estimer la charge de morbidité imputable aux effets conjugués de 20 grands facteurs de risque dans 14 régions du monde en 2000.	Basée sur les effets	L'exposition aux facteurs de risque et l'ampleur du risque ont été estimées à partir d'estimations antérieures pour les différents facteurs de risque. Les fractions imputables à la conjugaison des facteurs ont été calculées pour les différentes populations et appliquées aux estimations de charge de mortalité et de morbidité (AVCI). Les gains d'EVAS ont également été estimés.	Environ 47 % des décès prématurés et 39 % de la charge totale de morbidité dans le monde seraient imputables aux effets conjugués de 20 facteurs de risque. Leur élimination augmenterait l'espérance de vie en bonne santé de 9,3 années ou 17 % à l'échelle mondiale (4,4 années ou 6 % seulement pour les pays développés du Pacifique occidental).	La conjugaison des 20 facteurs de risque pris en compte s'est traduite par une perte considérable d'espérance de vie en bonne santé dans différentes régions du monde; même les populations jouissant d'une espérance de vie en bonne santé élevée bénéficieraient considérablement d'une réduction de ces risques.	Données présentées pour les régions développées.	Une analyse d'incertitude et de sensibilité a été réalisée.	Seule une petite fraction de certaines affections importantes était imputable aux facteurs de risque pris en compte (y compris les facteurs de risque environnementaux).
Danaei et al. (2005)	Estimer la fraction attribuable à neuf facteurs de risque (pris individuellement et en conjugaison) parmi les décès ayant résulté de différents cancers en 2001 dans sept régions de la Banque mondiale.	Basée sur les effets	L'exposition aux facteurs de risque et les risques relatifs ont été estimés à partir de l'analyse des études publiées et d'autres sources par des comités d'experts. Les fractions attribuables aux facteurs individuels et conjugués ont été calculées pour les différentes populations et appliquées à la mortalité imputable aux différents cancers d'après les estimations régionales de la base de données GBD de l'OMS.	Environ 35 % des décès par cancer dans le monde (37 % pour les pays à revenu élevé) seraient imputables à 9 facteurs de risque. Environ 0,5 et 1 % des décès par cancer dans le monde (0 et 1 % pour les pays à revenu élevé) seraient imputables respectivement à la pollution de l'air intérieur par l'usage domestique de combustibles solides et à la pollution atmosphérique urbaine.	La prévention primaire par interventions au niveau du mode de vie ou de l'environnement reste le principal moyen de réduire la charge des cancers.	Données présentées pour les pays à revenu élevé.	Une analyse d'incertitude et de sensibilité a été réalisée.	Certains facteurs de risque ont été exclus, car les données existantes ne permettaient guère d'estimer les expositions.

Références	Objectif	Approche	Méthodes	Résultats	Conclusions	Données particulièrement pertinentes pour le		
						Canada	Points forts	Limites
Prüss et al. (2002)	Estimer la charge de morbidité imputable aux problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène pour 14 régions du monde en 2000.	Basée sur des scénarios d'exposition	Des scénarios d'exposition type ont été établis pour les populations de chaque région et six scénarios type ont été rapprochés des données de risque relatif obtenues à partir de la documentation de manière à estimer la charge de mortalité et de morbidité (AVCI).	Environ 4 % de tous les décès et 5,7 % de la charge totale de morbidité dans le monde seraient imputables à des problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène (la région Amériques contribue peu à cette charge totale de morbidité); environ 90 % de cette charge de morbidité concerne les enfants de moins de cinq ans.	Les problèmes de salubrité de l'eau, d'assainissement et d'hygiène constituent une grande cause de mortalité et d'infirmité dans le monde; leurs effets se concentrent principalement dans les pays en développement.	Données présentées pour la région Amériques.	Les scénarios d'exposition ont été combinés à des valeurs de risque fondées sur des données probantes (les précédentes études de charge mondiale de morbidité s'appuyaient sur des fractions attribuables établies par avis d'experts).	En raison de lacunes statistiques et de la difficulté à combiner les différentes sources d'incertitude, l'étude n'a pas estimé la marge d'erreur pour les résultats d'ensemble.
Fewtrell et al. (2003, 2004)	Estimer la charge de morbidité imputable à l'exposition au plomb pour 14 régions du monde en 2000.	Basée sur l'exposition	Les distributions des expositions dans la population ont été estimées à partir des plombémies et combinées aux taux de morbidité estimés pour différents problèmes de santé (comme la distribution des points de QI perdus chez les enfants).	Le retard mental léger et les affections cardiovasculaires imputables à l'exposition au plomb constitueraient environ 1 % de la charge mondiale de morbidité.	Le plomb présent dans l'environnement est toujours un grand facteur de risque; ses effets se concentrent principalement dans les pays en développement (notamment dans les régions où l'essence au plomb est largement utilisée).	Données présentées pour la région Amériques.	Une analyse d'incertitude a été réalisée à partir de combinaisons de paramètres d'entrée hauts et bas.	Peu d'information sur les différences régionales dans les distributions de QI et sur la relation exposition-effet pour le plomb.
Cohen (2005)	Estimer la charge de morbidité imputable à la pollution atmosphérique urbaine pour 14 régions du monde en 2000.	Basée sur l'exposition	Les concentrations de particules inhalables (MP ₁₀) ont été estimées et converties en concentrations de particules fines (MP _{2,5}). Les nombres de décès et d'années de vie perdues imputables à ce facteur étaient basés sur des estimations de risque relatif tirées de la documentation.	Environ 3 % des décès par maladie cardio-pulmonaire, 5 % des décès par cancer de la trachée, des bronches ou du poumon et 1 % des décès par infection respiratoire aiguë chez les enfants de moins de 5 +E12ans dans le monde seraient imputables à la pollution atmosphérique par les particules fines (MP _{2,5}).	La pollution atmosphérique a un fort impact sur la charge de morbidité dans les villes du monde, mais celui-ci varie considérablement selon la région; cette charge se concentre principalement dans les pays en développement.	Néant (estimations mondiales seulement).	Une analyse de sensibilité a été réalisée pour évaluer l'incertitude du modèle (notamment pour la fonction concentration-effet).	Des incertitudes dans les données empêchent d'extrapoler les résultats à des zones moins étendues (pays ou villes).

Références	Objectif	Approche	Méthodes	Résultats	Conclusions	Données particulièrement pertinentes pour le Canada	Points forts	Limites
Lucas et al. (2008)	Estimer la charge de morbidité imputable au rayonnement UV pour 14 régions du monde en 2000.	Basée sur les effets et sur l'exposition	Pour deux affections, les fractions attribuables à ce facteur pour les différentes populations ont été estimées à partir des documents épidémiologiques publiés et appliquées directement aux charges de morbidité figurant dans la base de données GBD de l'OMS. Pour sept affections, les relations exposition-effet ont été établies pour les différentes populations et utilisées pour calculer l'incidence, la mortalité et la charge de morbidité (AVCI).	Environ 0,1 % du total de la charge mondiale de morbidité serait imputable au rayonnement UV.	L'exposition au rayonnement UV contribue faiblement à la charge mondiale de morbidité.	Néant (estimations mondiales seulement).	Des estimations hautes et basses rendent compte de l'incertitude.	Peu de données disponibles pour estimer l'incidence ou la prévalence de certains effets et des expositions passées.
Prüss-Üstün et Corvalan (2006, 2007)	Estimer la charge de morbidité imputable à l'environnement pour 14 régions du monde en 2002.	Basée sur les effets	Les fractions attribuables ont été estimées à partir de recommandations formalisées d'experts obtenues selon une variante de la méthode Delphi et fondées sur une analyse systématique de la documentation, puis appliquées à des estimations de charge de mortalité et de morbidité (AVCI) tirées de la base de données GBD de l'OMS.	Environ 24 % de la charge mondiale de morbidité (36 % pour les enfants) serait imputable à des facteurs de risques environnementaux. Environ 17 % de la charge de morbidité des pays développés et 15 à 22 % de celle de la région Amériques seraient attribuables à des facteurs de risque environnementaux.	Les FAE variaient considérablement d'une région à l'autre et les enfants supportaient une part disproportionnée de cette charge de morbidité, d'ailleurs largement concentrée dans les pays en développement.	Données présentées pour les pays développés et la région Amériques.	Plus grande couverture des facteurs de risque que dans les études précédentes. Incertitude exprimée sous forme de meilleures estimations et d'IC à 95 %.	Grandes incertitudes dans les données et manque de données probantes pour certains risques environnementaux.

Tableau A-2. Résumé des études de CME sélectionnées réalisées aux États-Unis.

Références	Objectif	Approche	Méthodes	Résultats	Conclusions	Points forts	Limites
Landrigan et al. (2002)	Estimer la part imputable aux polluants du milieu dans l'incidence, la prévalence, la mortalité et les coûts des maladies des enfants aux États-Unis en 1997.	Basée sur les effets	La part de la charge de morbidité imputable aux toxines présentes dans l'environnement a été estimée pour chaque catégorie d'affections à partir de l'avis d'un comité d'experts ou des données de la NAS.	La charge de morbidité imputable aux facteurs environnementaux a été estimée à 100 % pour l'intoxication par le plomb, à 30 % pour l'asthme (intervalle de 10 à 35 %), à 5 % pour le cancer (intervalle de 2 à 10 %) et à 10 % pour les troubles neurocomportementaux (intervalle de 5 à 20 %).	Il s'agit probablement de sous-estimations, car elles se fondent sur des hypothèses prudentes, ne prennent en compte que quatre catégories d'affections et ne tiennent compte ni des complications tardives, ni des coûts résultant de la douleur.	Des FAE hautes et basses rendent compte de l'incertitude des estimations.	Manque de recherches quantifiant la part des facteurs environnementaux dans l'étiologie des maladies des enfants.
Massey et Ackerman (2003)	Estimer les coûts associés à cinq problèmes de santé imputables aux expositions environnementales chez l'enfant dans le Massachusetts pour la période 1997-2002.	Basée sur les effets	Les données d'incidence et de prévalence propres à l'État ont été analysées pour chaque affection. Les FAE et les coûts ont été estimés principalement à partir des analyses déjà publiées par Landrigan et al. (2002).	En utilisant des estimations de FAE antérieures de 5 à 90 % pour le cancer, de 10 à 35 % pour l'asthme, de 5 à 20 % pour les troubles neurocomportementaux et de 100 % pour le plomb (pas d'estimations fiables disponibles pour les anomalies congénitales), la charge économique totale estimée allait de 56 à 337 millions de dollars pour les coûts directs et de 1,1 à 1,6 milliard de dollars pour les coûts directs additionnés des pertes de revenus futurs pour les enfants dans le Massachusetts.	Les maladies et infirmités infantiles évitables qui sont imputables à des facteurs environnementaux ont un coût économique très élevé dans le Massachusetts.	Quelques données d'incidence propres à l'État sont fournies.	Les FAE sont basées sur une étude précédente (pas de nouvelle analyse) pour tous les problèmes de santé.

Références	Objectif	Approche	Méthodes	Résultats	Conclusions	Points forts	Limites
Davies et Hauge (2005)	Estimer les coûts associés à six maladies et infirmités imputables aux expositions environnementales chez l'enfant et l'adulte dans l'État de Washington en 2004.	Basée sur les effets	Les données d'incidence et de prévalence propres à l'État ont été analysées pour chaque affection. Sauf pour les maladies cardiovasculaires et les anomalies congénitales, les FAE et les coûts ont été estimés principalement à partir des analyses déjà publiées par Landrigan et al. (2002) et par Massey et Ackerman (2003).	En utilisant des estimations de FAE antérieures de 30 % (10 à 35 %) pour l'asthme, de 5 % (2 à 10 %) pour le cancer, de 100 % pour le plomb et de 10 % (5 à 20 %) pour les troubles neurocomportementaux, la charge de morbidité imputable aux facteurs environnementaux dans l'État de Washington serait de 7,5 % (5 à 10 %) et 30 % (5 à 10 %) pour les maladies cardiovasculaires et de 2,5 % (2,5 à 5 %) pour des anomalies congénitales, et le total des coûts directs y serait de 310 millions de dollars (enfants) et 782 millions de dollars (adultes et enfants) et celui des coûts indirects, de 1,6 milliard de dollars (enfants) et 1,9 milliard de dollars (adultes et enfants), selon les meilleures estimations.	Les maladies et infirmités imputables aux contaminants environnementaux, et tout particulièrement à l'exposition au plomb, entraînent probablement des coûts directs et indirects très élevés.	Des estimations basées sur la documentation sont fournies pour les maladies cardiovasculaires et les anomalies congénitales.	Les FAE sont basées sur une étude précédente (pas de nouvelle analyse) pour la plupart des problèmes de santé.
Shuler <i>et al.</i> (2006)	Estimer les coûts associés à cinq problèmes de santé imputables aux expositions environnementales chez les enfants du Minnesota.	Basée sur les effets	Les données d'incidence et de prévalence propres à l'État ont été analysées pour chaque affection. Sauf pour les anomalies congénitales, les FAE ont été estimées à partir des analyses déjà publiées par Landrigan et al. (2002) et des méthodes actualisées de Massey et Ackerman (2003) et de Davies et Hauge (2005).	En utilisant des estimations de FAE antérieures de 30 % (10 à 35 %) pour l'asthme, 5 % (2 à 10 %) pour le cancer, 100 % pour le plomb, 5 % (5 à 10 %) pour les anomalies congénitales et 10 % (5 à 20 %) pour les troubles neurocomportementaux, le total des coûts s'élèverait à 1,6 milliard de dollars pour les enfants du Minnesota selon la meilleure estimation.	Les facteurs environnementaux contribuant à la charge de morbidité des enfants sont largement évitables et il est nécessaire de mettre en œuvre des politiques qui en réduisent ou en éliminent quelques-uns des plus importants.	Des estimations basées sur la documentation sont fournies pour les malformations congénitales.	Les FAE sont basées sur une étude précédente (pas de nouvelle analyse) pour la plupart des problèmes de santé.

Tableau A-3. Résumé des études de CME sélectionnées réalisées en Europe.

Références	Objectif	Approche	Méthodes	Résultats	Conclusions	Points forts	Limites
Valent et al. (2004)	Estimer la charge de morbidité imputable à quatre facteurs de risque environnementaux chez les enfants et adolescents de 3 groupes d'âge dans 3 sous-régions d'Europe en 2001.	Basé sur l'exposition et sur des scénarios d'exposition	L'exposition aux facteurs de risque et la relation exposition-effet ont été estimées à partir de l'analyse des études publiées et des rapports d'organismes internationaux. Les fractions imputables à ces facteurs ont été calculées pour les différentes populations et appliquées à des estimations de charge de mortalité et de morbidité (AVCI) qui étaient soit tirées de la base de données GBD de l'OMS, soit établies directement.	Chez les enfants de 0 à 4 ans, les FAE estimées allaient de 1,8 à 6,4 % (décès seulement) pour toutes les maladies imputables à la pollution atmosphérique et étaient de 4,6 % (décès) et 3,1 % (AVCI) pour les infections aiguës des voies respiratoires inférieures imputables à la pollution de l'air intérieur et de 4,4 % (AVCI) pour le retard mental léger résultant de l'exposition au plomb; chez les 0 à 14 ans, elles étaient de 5,3 % (décès) et 3,5 % (AVCI) pour les diarrhées imputables aux problèmes de salubrité de l'eau et d'assainissement; chez les 0 à 19 ans, elles étaient de 22,6 % (décès) et 19 % (AVCI) pour les blessures.	La charge de morbidité varie considérablement selon l'âge et la sous-région (elle est notamment plus élevée dans les sous-régions européennes B et C que dans la sous-région A), ce qui indique la nécessité de cibler les mesures de prévention.	Des FAE hautes et basses rendent compte de l'incertitude des estimations. Une analyse de sensibilité a été effectuée pour traiter les incertitudes dans l'estimation des expositions et des relations dose-effet.	Certaines des estimations, notamment pour la pollution atmosphérique, présentent un degré d'incertitude important en raison du manque de données valides et probantes sur l'exposition et les relations exposition-effet.
Matthews et Parry (2005), Health Protection Agency (2005)	Estimer la charge de morbidité imputable à la pollution de l'environnement pour différents problèmes de santé chez les enfants et adultes d'Angleterre et du pays de Galles pour la période 1998-2003.	Basée sur les effets	Les données d'incidence et de prévalence propres à l'État ont été analysées pour chaque affection. Les FAE ont été estimées à partir des analyses déjà publiées de l'OMS et de Landrigan et al. (2002) ou calculées à partir des données d'exposition et de risque relatif tirées de la documentation.	En utilisant des estimations de FAE antérieures de 30 % pour l'asthme, 5 % pour le cancer et 10 % pour les troubles neurocomportementaux (part du plomb incertaine), la charge de morbidité imputable aux facteurs environnementaux serait de 3 à 3,3 % pour les allergies, de 20 % pour les anomalies congénitales, de 6,3 % pour les affections respiratoires et de 0,8 % pour les maladies cardiovasculaires.	L'étude résume les informations disponibles dans la documentation et constitue une première étape dans la quantification de la charge de morbidité imputable à la pollution de l'environnement.	Intègre un plus large éventail de problèmes de santé.	Les FAE sont tirées d'études précédentes (pas de nouvelle analyse) pour certains problèmes de santé. Les FAE sont fondées sur des données très incertaines formant des ensembles limités.

Références	Objectif	Approche	Méthodes	Résultats	Conclusions	Points forts	Limites
Knol et Staatsen (2005)	Estimer la charge de morbidité imputable à cinq facteurs de risque environnementaux pour 49 groupes d'affections aux Pays-Bas pour les années 1980, 2000 et 2020.	Basée sur l'exposition	Les données de prévalence et d'incidence propres à chaque pays ont été examinées pour chaque affection. L'exposition de la population aux différents facteurs a été estimée à partir de données mesurées et modélisées, et les risques relatifs ont été obtenus à partir d'études épidémiologiques néerlandaises récentes ou d'estimations internationales pertinentes (ou d'un avis d'experts en cas de données manquantes ou incertaines). Les effets sur la santé ont été mesurés en AVCI.	Environ 2 à 5 % de la charge de morbidité seraient imputables aux effets de l'exposition à court terme à la pollution atmosphérique, au bruit, au radon, au rayonnement UV naturel total et à l'humidité ambiante des habitations pour l'année 2000.	Ce sont les effets de l'exposition à long terme aux MP ₁₀ qui influençaient le plus la charge de morbidité imputable à l'environnement.	Une analyse d'incertitude a été réalisée pour évaluer les effets des différentes hypothèses.	Les données sont incertaines et les relations environnement-santé ne sont pas toutes connues.

Tableau A-4. Résumé des études de CME réalisées au Canada

Références	Objectif	Approche	Méthodes	Résultats	Conclusions	Points forts	Limites
ASPC (2006)	Établir des estimations nationales de la santé de la population qui combinent l'impact des décès et celui des limitations fonctionnelles et décrire les facteurs de risque.	Modèles de microsimulation à partir de l'approche basée sur l'exposition.	Modèles de microsimulation intégrant simultanément plusieurs affections et facteurs de risque et modélisant leurs interactions, mis au point à partir des efforts de l'OMS.	Les résultats ne sont disponibles que pour les mesures de prévention concernant le diabète et le cancer.	Bien qu'on ne dispose pas encore de beaucoup d'informations, cette étude devrait apporter une approche fiable pour évaluer la charge de morbidité par facteur de risque.	La meilleure possibilité d'estimer les facteurs de risque des problèmes de santé propres au Canada.	Peu de données ou d'informations disponibles à ce jour.
OMS (2009)	Estimer l'impact de facteurs de risque particuliers sur la prévalence et l'incidence des maladies.	Basée sur les effets	La méthodologie établie par l'OMS a été suivie.	La fraction attribuable à l'environnement (FAE) a été estimée à 13 %.	Il existe des possibilités de réduire les facteurs de maladies chroniques liés à l'environnement.	Estimations propres au Canada.	Les fondements de l'estimation de 13 % n'apparaissent pas clairement.
Boyd et Genuis (2008)	Estimer la charge de morbidité imputable à l'environnement (CME) pour les affections respiratoires, les maladies cardiovasculaires, le cancer et les anomalies congénitales au Canada.	Basée sur les effets	Les fractions attribuables à l'environnement (FAE) établies par l'OMS, celles établies par d'autres chercheurs et les données recueillies par les organismes canadiens de santé publique ont été utilisées pour donner une première estimation de la charge de morbidité imputable à l'environnement pour quatre grandes catégories d'affections au Canada.	Les facteurs environnementaux entraîneraient chaque année au Canada 10 000 à 25 000 décès, 78 000 à 194 000 hospitalisations, 600 000 à 1,5 million de journées d'hôpital, 1,1 à 1,8 million de journées d'activité réduite chez les asthmatiques, 8 000 à 24 000 nouveaux cas de cancer et 500 à 2 500 cas d'insuffisance de poids à la naissance, dont le coût total atteindrait 3,6 à 9,1 milliards de dollars.	La charge de morbidité imputable aux facteurs environnementaux est considérable au Canada.	L'étude utilise des statistiques propres au Canada pour les problèmes de santé.	L'étude s'appuie largement sur les estimations de FAE de l'OMS. Les statistiques relatives aux problèmes de santé sont propres au Canada, mais les facteurs de risque et les fonctions exposition-effet ne le sont pas.

Références	Objectif	Approche	Méthodes	Résultats	Conclusions	Points forts	Limites
Jude et al. (2005)	Estimer la surmortalité imputable à la pollution atmosphérique au Canada.	Basée sur l'exposition	Les données du RNSPA pour la période 1998-2000 ont été combinées avec des FCE polluant-mortalité tirées d'études épidémiologiques.	La surmortalité annuelle imputable à l'exposition à court terme a été estimée à 1 800 + 700. Celle imputable à l'exposition à long terme a été estimée à 4 200 + 2 000.	Il est nécessaire de prendre des mesures pour réduire la pollution atmosphérique, même si cela ne devait entraîner une baisse du nombre de décès évitables qu'au bout de cinq ans ou plus.	Analyse statistique robuste	La relation dose-effet pour les effets à long terme est tirée d'études épidémiologiques réalisées aux États-Unis. L'étude porte sur un seul facteur de risque (pollution atmosphérique) et un seul effet (mortalité).
Association médicale de l'Ontario (2006)	Estimer la charge de morbidité et de mortalité imputable à la pollution atmosphérique en Ontario pour la période 2005-2026.	Basée sur l'exposition	Des statistiques d'incidence et de prévalence ont été combinées avec des fonctions dose-effet.	La pollution atmosphérique entraînerait chaque année 5 800 décès prématurés, 16 000 hospitalisations (maladies cardiovasculaires); 60 000 visites aux urgences et plus de 29 millions d'affections bénignes.	Il existe des possibilités de réduire les effets de la pollution atmosphérique sur la santé.	Analyse statistique robuste. Prise en compte de la morbidité et de la mortalité.	L'étude porte sur un seul facteur de risque (pollution atmosphérique) et sur l'Ontario seulement.

Tableau A-5. Études épidémiologiques réalisées au Canada examinant la pollution atmosphérique en tant que facteur de risque environnemental

Références	Objectif	Méthodes	Résultats	Conclusions
Brook et al. (2007)	Évaluer la corrélation entre l'exposition au NO ₂ et la mortalité non accidentelle dans dix villes canadiennes.	Modèles de séries temporelles à un et deux polluants pour les effets aigus.	L'exposition au NO ₂ est fortement corrélée à la mortalité non accidentelle, notamment pendant les saisons chaudes, et la concentration en NO ₂ est corrélée à celle de plusieurs autres polluants (COV, etc.).	L'effet considérable du NO ₂ en fait un excellent indicateur du « véritable » agent étiologique.
Burnett et al. (1997a)	Évaluer la corrélation entre ozone et hospitalisation pour troubles respiratoires dans seize villes canadiennes.	Analyse par régression de la relation entre le nombre quotidien d'hospitalisations et la concentration d'ozone la plus élevée enregistrée le jour précédant la date d'entrée à l'hôpital, en contrôlant les variables de concentration en SO ₂ , NO ₂ et CO, d'indice de pollution et de point de rosée.	Corrélation positive d'avril à décembre, mais pas pendant les mois d'hiver. Le risque relatif pour une augmentation de 30 parties par milliard de la concentration d'ozone variait de 1,043 (p < 0,0001) à 1,024 (p = 0,0258).	Les expositions effectives à l'ozone dans l'environnement contribuent aux hospitalisations pour troubles respiratoires.
Burnett et al. (1997b)	Examiner le rôle de la pollution atmosphérique dans l'aggravation des maladies cardiaques.	Mise en relation des fluctuations quotidiennes du nombre d'hospitalisations de personnes âgées pour insuffisance cardiaque congestive dans 134 hôpitaux et des variations journalières des concentrations atmosphériques en CO, NO ₂ , SO ₂ et ozone et du coefficient de transmission pour la période 1981-1991.	La concentration en CO enregistrée le jour de l'hospitalisation présentait la corrélation la plus forte et la plus systématique avec les taux d'hospitalisation.	La concentration en CO était le meilleur des taux d'hospitalisation et le paramètre le moins sensible à l'ajustement des covariables parmi les polluants atmosphériques examinés.

Références	Objectif	Méthodes	Résultats	Conclusions
Burnett et al. (1998)	Examiner le rôle des concentrations atmosphériques en CO dans l'aggravation des troubles cardiaques chez les personnes atteintes à la fois de maladie cardiaque et d'autres affections.	Comparaison des variations journalières des concentrations en CO et des fluctuations quotidiennes de la mortalité non accidentelle dans la région du Grand Toronto pour la période 1980-1994 (15 ans).	On a observé des corrélations positives statistiquement significatives entre les fluctuations quotidiennes de la mortalité et les concentrations atmosphériques d'un mélange complexe de polluants, qui s'expliquent principalement par la concentration totale de CO et de particules en suspension.	On a observé des corrélations positives statistiquement significatives entre la concentration en CO et la mortalité pour l'ensemble des saisons, catégories d'affections et groupes d'âge examinés. Aux niveaux d'exposition atmosphérique actuels, le CO doit être considéré comme un risque potentiel pour la santé des populations urbaines.
Burnett et al. (2000)	Examiner la toxicité relative des composants chimiques et physiques du mélange complexe constituant la pollution atmosphérique urbaine type.	Modélisation de l'association entre les phases particulaire et gazeuse de la pollution atmosphérique urbaine et la mortalité quotidienne dans huit villes.	On a observé des corrélations positives statistiquement significatives entre les variations quotidiennes des phases gazeuse et particulaire de la pollution et les fluctuations quotidiennes des taux de mortalité.	Les auteurs recommandent de mesurer les concentrations en carbone élémentaire et organique dans les environnements urbains canadiens afin d'examiner leurs effets potentiels sur la santé humaine.
Burnett et al. (2004)	Modéliser la corrélation entre les variations journalières des concentrations atmosphériques en NO ₂ et la mortalité dans douze des plus grandes villes du Canada à partir d'une analyse de séries temporelles sur 19 ans (période 1981-1999).	Modèles statistiques de séries temporelles paramétriques.	L'accroissement de la moyenne mobile sur trois jours des concentrations en NO ₂ (moyenne pondérée selon la population de l'étude = 22,4 parties par milliard) était associé à une augmentation de 2,25 % du taux quotidien de mortalité non accidentelle, de manière insensible à l'ajustement des autres paramètres.	Comme les émissions de NO ₂ proviennent principalement des sources de combustion telles que les véhicules, une réduction des quantités de combustibles consommées serait bénéfique pour la santé publique.

Références	Objectif	Méthodes	Résultats	Conclusions
Coyle et al. (2003)	Examiner s'il est bénéfique de réduire l'exposition aux sulfates et à quelles concentrations.	Modèle d'analyse décisionnelle utilisant la méthode de Monte-Carlo et la fonction concentration-effet de Pope et al.	Une réduction d'une unité de la concentration atmosphérique en sulfates entraînerait un gain annuel moyen de 20 960 APSI (années-personnes sans invalidité), ce gain étant plus élevé chez les personnes de niveau d'instruction moins élevé et chez celles de sexe masculin.	Une analyse basée sur un seuil hypothétique des avantages sanitaires semble indiquer qu'un investissement de plus d'un milliard de dollars par an au Canada constituerait une utilisation efficace des ressources s'il pouvait être démontré que cela réduirait les concentrations en sulfates de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
Goldberg et al. (2001a)	Évaluer la corrélation entre les concentrations en ozone troposphérique et la mortalité.	Analyse par régression logarithmique de la relation entre le taux quotidien de mortalité par cause et les concentrations moyennes d'ozone, en tenant compte des fluctuations saisonnières et intrasaisonnières des séries temporelles de mortalité, de la dispersion non conforme à la loi de Poisson et des variables météorologiques.	Pour un accroissement de 21,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la moyenne mobile sur trois jours de la concentration en ozone, le pourcentage d'augmentation du taux quotidien de mortalité pendant la saison chaude est de 3,3 % (IC à 95 % de 1,7 à 5,0) pour les décès non accidentels, de 3,9 % (IC à 95 % de 1,0 à 6,91) pour le cancer, de 2,5 % (IC à 95 % de 0,5 à 5) pour les maladies cardiovasculaires et de 6,6 % (IC à 95 % de 1,8 à 11,8) pour les troubles respiratoires.	Ces résultats étaient indépendants des effets des autres polluants et suivaient une fonction concentration-effet log-linéaire.

Références	Objectif	Méthodes	Résultats	Conclusions
Goldberg et al. (2001b)	Déterminer si les variations des concentrations en particules dans l'atmosphère de Montréal (Québec) pendant la période 1984-1993 étaient associées à des variations quotidiennes du taux de mortalité non accidentelle.	Analyse par régression logarithmique de la relation entre le taux quotidien de mortalité non accidentelle et les concentrations moyennes quotidiennes en particules, en tenant compte des fluctuations saisonnières et intrasaisonnières des séries temporelles de mortalité, de la dispersion non conforme à la loi de Poisson, des variables météorologiques et des polluants gazeux.	L'analyse indique de façon probante qu'il existe des corrélations entre les taux quotidiens de mortalité non accidentelle et la plupart des mesures de pollution atmosphérique particulaire.	Cette étude confirme davantage la corrélation linéaire entre les concentrations en particules et les taux de mortalité non accidentelle, ainsi que le fait que tout effet de seuil éventuel se situerait à des niveaux de pollution atmosphérique inférieurs à ceux mesurés à Montréal.
Goldberg et al. (2001c)	Déterminer si les variations des concentrations en particules dans l'atmosphère de Montréal (Québec) pendant la période 1984-1993 étaient associées à des variations quotidiennes du taux de mortalité par cause.	Analyse par régression logarithmique de la relation entre le taux quotidien de mortalité par cause et les concentrations moyennes quotidiennes en particules, en tenant compte des fluctuations saisonnières et intrasaisonnières des séries temporelles de mortalité, de la dispersion non conforme à la loi de Poisson, des variables météorologiques et des polluants gazeux.	On a observé des corrélations positives statistiquement significatives entre les variations quotidiennes des masses de particules et de sulfates dans l'atmosphère et les taux de décès par diabète et par troubles respiratoires.	Les corrélations suivaient des relations concentration-effet linéaires.

Références	Objectif	Méthodes	Résultats	Conclusions
Liu et al. (2007)	Évaluer la corrélation entre la pollution atmosphérique gazeuse et les issues de grossesse défavorables.	Détermination des corrélations entre les taux de prématurité, d'insuffisance pondérale à la naissance et de retard de croissance intra-utérin (RCIU) parmi les naissances vivantes simples et les concentrations atmosphériques en SO ₂ , NO ₂ , CO et ozone à Vancouver (Canada) pour la période 1985-1998.	Le taux d'insuffisance pondérale à la naissance était corrélé à l'exposition au SO ₂ pendant le premier mois de la grossesse (RRA = 1,11 [IC à 95 % de 1,01 à 1,22] pour une augmentation de 5,0 parties par milliard). Le taux de prématurité était corrélé à l'exposition au SO ₂ (RRA = 1,09 [IC à 95 % de 1,01 à 1,19] pour une augmentation de 5,0 parties par milliard) et au CO (RRA = 1,08 [IC à 95 % de 1,01 à 1,15] pour une augmentation de 1 partie par milliard).	Des concentrations relativement faibles de polluants gazeux sont corrélées à des effets néfastes sur l'issue des grossesses chez des populations exposées à différents profils de pollution atmosphérique.
Stieb et al. (2000)	Examiner la corrélation entre pollution atmosphérique, aéroallergènes et visites aux urgences pour troubles cardiorespiratoires (n = 19 821) à Saint-Jean (Canada).	Modèles additifs généralisés des expositions multi-polluants et multi-aéroallergènes et des visites aux urgences.	Les derniers modèles annuels d'exposition multi-polluants ont établi une corrélation entre un accroissement de 21 % des visites aux urgences et l'exposition à l'ozone et aux sulfates. Dans les modèles mono-polluant, les MP _{2,5} présentaient l'effet le plus significatif du point de vue statistique.	Les auteurs ont relevé un effet significatif du mélange de polluants atmosphériques sur les visites aux urgences pour troubles cardiaques ou respiratoires.
Stieb et al. (2002)	Examiner la relation entre la pollution atmosphérique et les journées d'incapacité à Toronto pour la période 1994-1999.	Modèle des journées d'incapacité dans les deux semaines précédant l'entretien de l'Enquête nationale sur la santé de la population (du Canada) en fonction de la pollution atmosphérique, des conditions météorologiques, des caractéristiques personnelles, etc.	En contrôlant les autres facteurs (notamment les facteurs personnels), seuls les taux de monoxyde de carbone et de MP _{2,5} étaient corrélés aux jours d'incapacité de manière statistiquement significative.	Bien que les résultats semblent indiquer que la pollution atmosphérique urbaine a des effets significatifs à des concentrations relativement faibles, on n'a pas pu déterminer la contribution exacte des différents polluants.

Références	Objectif	Méthodes	Résultats	Conclusions
Stieb et al. (2005)	Établir un modèle intégré d'IQA multi-polluants pour mieux faire connaître la charge de morbidité imputable à la pollution atmosphérique.	Des relations concentration-effet tirées de Burnett et al. (2000) ont été utilisées pour modéliser les effets simultanés de cinq polluants et combinées avec les données de surveillance.	L'IQA a été calculé rétrospectivement et comparé aux IQA des différents polluants (corrélation modérée). Les auteurs ont fait valoir que cette approche était plus cohérente et plus informative.	La mise au point d'un nouvel IQA a permis d'illustrer plusieurs problèmes liés à la quantification de la charge de morbidité imputable à la pollution atmosphérique.
Villeneuve et al. (2003)	Évaluer la relation entre les niveaux d'exposition quotidienne aux polluants en phases gazeuse et particulaire et la mortalité (n = 550 000 personnes) de 1986 à 1999 pour différents niveaux socio-économiques (« justice environnementale »).	Des modèles de séries temporelles ont été utilisés pour évaluer la relation entre la variation en pourcentage des taux quotidiens de mortalité cardiovasculaire, respiratoire, cancéreuse et toutes causes confondues et les fluctuations à court terme des concentrations de certains polluants gazeux et particuliers.	Les concentrations moyennes quotidiennes en MP ₁₀ , mais pas celles en MP _{2,5} , étaient corrélées à la mortalité prématurée. Les concentrations en SO ₂ et en NO ₂ étaient également corrélées à la mortalité prématurée.	Pour les concentrations en NO ₂ , CO et SO ₂ , quelques éléments semblaient indiquer un risque accru de mortalité cardiovasculaire et toutes causes confondues pour les niveaux socioéconomiques moins élevés, quoique ces résultats ne soient pas concluants en raison du faible nombre de décès au sein de chaque couche socioéconomique.
Yang et al. (2003)	Évaluer l'impact des concentrations d'ozone sur les hospitalisations quotidiennes d'enfants de moins de 3 ans et d'adultes de plus de 65 ans dans la région du Grand Vancouver pour la période 1986-1998.	Une étude de cas croisés bidirectionnelle a été utilisée pour évaluer la corrélation entre la concentration atmosphérique d'ozone et les hospitalisations pour troubles respiratoires en contrôlant l'effet des autres polluants, des caractéristiques personnelles, des conditions météorologiques, etc.	L'étude a obtenu des risques relatifs approchés d'hospitalisation de 1,22 (IC à 95 % de 1,15 à 1,30) pour les enfants et de 1,13 (IC à 95 % de 1,09 à 1,18) pour les personnes âgées, à partir d'un incrément d'exposition à l'ozone correspondant à l'écart interquartile moyen sur 4 jours.	La concentration atmosphérique d'ozone est corrélée positivement à l'hospitalisation pour troubles respiratoires chez les jeunes enfants et les personnes âgées à Vancouver.

Tableau A-6. Études réalisées au Canada examinant le cancer en tant que problème de santé imputable à l'environnement

Références	Approche	Objectif	Méthodes	Résultats	Conclusions
Milewski et Liu (2009a)	Analyse des corrélations qualitatives	Examiner les taux d'incidence du cancer dans les trois plus grandes villes au Nouveau-Brunswick (Moncton, Saint-Jean et Fredericton) et déterminer les facteurs environnementaux qui y contribuent.	Données d'incidence tirées du Registre du cancer du Nouveau-Brunswick et du Registre national du cancer. Facteurs de risque basés sur l'analyse qualitative de la documentation ainsi que sur les statistiques professionnelles du Nouveau-Brunswick.	L'incidence de certains cancers qui s'avèrent corrélés à certaines professions selon la documentation est accrue dans les collectivités étudiées, où les activités professionnelles et sources d'expositions potentielles sont effectivement présentes.	Il est nécessaire de prendre des mesures pour réduire l'exposition aux produits chimiques industriels et à la pollution atmosphérique, ainsi que d'améliorer les programmes de biosurveillance et de surveillance des cancers au niveau des collectivités.
Milewski et Liu (2009b)	Analyse des corrélations qualitatives	Examiner les taux d'incidence du cancer dans 14 zones urbaines et rurales du Nouveau-Brunswick et déterminer les facteurs environnementaux qui y contribuent.	Données d'incidence tirées du Registre du cancer du Nouveau-Brunswick et du Registre national du cancer. Facteurs de risque basés sur l'analyse qualitative de la documentation ainsi que sur les statistiques professionnelles du Nouveau-Brunswick.	L'incidence de certains cancers qui s'avèrent corrélés à certaines professions selon la documentation est accrue dans les collectivités étudiées, où les activités professionnelles et sources d'expositions potentielles sont effectivement présentes.	Il est nécessaire de prendre des mesures pour réduire l'exposition aux produits chimiques industriels et à la pollution atmosphérique, ainsi que d'améliorer les programmes de biosurveillance et de surveillance des cancers au niveau des collectivités.
Kreiger et al. (2003)	Comité d'experts.	Recenser les possibilités de recherche sur la prévention et la surveillance des cancers en relation avec les expositions environnementales.	L'organisme Action Cancer Ontario a réuni un comité d'experts pour recueillir leurs recommandations formalisées.	Le comité a recensé de nombreux contaminants et constituants et formulé des recommandations génériques concernant les possibilités de surveillance et de prévention.	Les observations et recommandations n'étaient pas de nature très concrète.