

Bilan de la qualité de l'air au Québec en lien avec la santé, 1975-2009

INSTITUT NATIONAL
DE SANTÉ PUBLIQUE
DU QUÉBEC

Québec 

Bilan de la qualité de l'air au Québec en lien avec la santé, 1975-2009

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie
(Institut national de santé publique du Québec)

Direction du suivi de l'état de l'environnement
Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère
(Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs)

Février 2012

Québec 

• Institut national de santé publique
• Ministère du Développement durable,
de l'Environnement et des Parcs

AUTEURS

Germain Lebel, M. A., M. Sc.

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie
Institut national de santé publique du Québec

Daniel Busque, M. Sc.

Direction du suivi de l'état de l'environnement
Ministère de Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

Manon Therrien, M. Sc.

Direction du suivi de l'état de l'environnement
Ministère de Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

Pierre Walsh, Ph. D.

Direction du suivi de l'état de l'environnement
Ministère de Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

Julie Paradis, M. Sc.

Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère
Ministère de Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

Marie-Pier Brault, Biologiste M.E.I.

Direction du suivi de l'état de l'environnement
Ministère de Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

Magalie Canuel, M. Sc.

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie
Institut national de santé publique du Québec

RÉVISION

Audrey Smargiassi, Ph. D.

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie
Institut national de santé publique du Québec

Stéphane Buteau, M. Sc.

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie
Institut national de santé publique du Québec

Diane Boulet, chimiste

Direction de l'environnement et du développement durable
Ville de Montréal

MISE EN PAGE

Nicole Dubé

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie
Institut national de santé publique du Québec

REMERCIEMENTS

Membres du Comité surveillance de la Table nationale de concertation en santé environnementale pour la révision de la version préliminaire du rapport.

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

DÉPÔT LÉGAL – 2^e TRIMESTRE 2012

BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC

BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA

ISBN : 978-2-550-64546-7 (VERSION IMPRIMÉE)

ISBN : 978-2-550-64547-4 (PDF)

©Gouvernement du Québec (2012)

RÉSUMÉ

Les effets des contaminants de l'air sur la santé sont maintenant établis et reconnus même s'ils sont complexes à démontrer sur le plan scientifique. La pollution de l'air est un facteur important, notamment parce qu'une proportion élevée de la population, principalement en milieu urbain, y est exposée de manière quotidienne. C'est pour cette raison que la réduction des problèmes de santé reliés à la pollution de l'air a été retenue comme l'un des objectifs du Programme national de santé publique 2003-2012. Le présent document a été préparé par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) conjointement avec le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP). Les objectifs de ce rapport sont d'améliorer la compréhension globale de la problématique de la qualité de l'air au Québec et de faciliter l'analyse et l'interprétation des données de surveillance qui y sont associées.

Le rapport porte sur les principaux contaminants atmosphériques règlementés et mesurés au Québec de 1975 à 2009, soit les particules fines ($PM_{2,5}$), les oxydes d'azote (NO et NO_2), l'ozone (O_3), le dioxyde de soufre (SO_2) et le monoxyde de carbone (CO). Les données proviennent de l'Inventaire québécois des émissions atmosphériques et du Programme de surveillance de la qualité de l'air du MDDEP. La présentation des résultats est effectuée par contaminant. Elle comprend une brève définition du contaminant, les principaux effets sur la santé documentés et les principales sources d'émissions atmosphériques. Par la suite, l'évolution des concentrations moyennes pour l'ensemble des stations de mesure rurales et urbaines est présentée. Enfin, la fréquence des dépassements des valeurs de référence est analysée.

Les résultats indiquent globalement une nette amélioration de la qualité de l'air ambiant au Québec de 1975 à 2009. Deux époques se dégagent quant aux tendances temporelles des contaminants de l'air. Premièrement, de 1974 à 1995, on constate une diminution marquée des concentrations moyennes annuelles à l'échelle du Québec, pour les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO_2) et le monoxyde de carbone (CO). Les particules fines ($PM_{2,5}$) ne sont pas mesurées pendant cette période. Deuxièmement, pendant la période de 1996 à 2009, on assiste à une légère diminution des concentrations des mêmes contaminants, ainsi que des particules fines ($PM_{2,5}$). Les tendances temporelles des concentrations d'ozone révèlent en milieu rural une légère diminution alors qu'en milieu urbain, elles sont stables de 1975 à 1989 et augmentent de 1990 à 2009. D'une manière générale, reflétant l'amélioration de la qualité de l'air, les dépassements des valeurs de référence des principaux contaminants sont peu fréquents à l'échelle des régions sociosanitaires.

L'étude des tendances temporelles des concentrations annuelles québécoises et des dépassements des valeurs guides à l'échelle régionale sont sujettes à plusieurs limites méthodologiques. Le faible nombre de stations d'échantillonnage limite leur représentativité. De plus, le calcul même des moyennes annuelles québécoises en utilisant les données de toutes les stations disponibles induit un lissage des données qui peut masquer des problématiques locales. Il en est de même de l'analyse régionale des dépassements des valeurs de référence du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère.

Compte tenu des impacts potentiels des contaminants de l'air sur la santé, l'amélioration de la qualité des données et la consolidation du réseau de surveillance de la qualité de l'air devraient être envisagées, dans la mesure du possible, en considérant les besoins des directions de santé publique et des autres sources d'information. De même, les directions de santé publique devraient être en mesure d'appliquer la méthodologie développée à l'échelle du Québec afin de documenter les problématiques locales et régionales de la qualité de l'air.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	V
LISTE DES FIGURES	VII
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES	IX
1 INTRODUCTION	1
2 MÉTHODOLOGIE	5
2.1 Sources de données	5
2.1.1 Principales sources d'émissions atmosphériques.....	5
2.1.2 Surveillance de la qualité de l'air	6
2.2 Traitement de données	9
2.2.1 Principales sources d'émissions atmosphériques.....	9
2.2.2 Surveillance de la qualité de l'air	10
3 LES RÉSULTATS	13
3.1 Les particules fines (PM _{2,5}).....	13
3.1.1 Principaux effets sur la santé.....	13
3.1.2 Principales sources d'émissions atmosphériques.....	14
3.1.3 Évolution des concentrations moyennes annuelles et respect des valeurs guides	14
3.2 Les oxydes d'azote (NO et NO ₂)	18
3.2.1 Principaux effets sur la santé.....	18
3.2.2 Principales sources d'émissions atmosphériques.....	18
3.2.3 Évolution des concentrations moyennes annuelles et respect des valeurs guides	19
3.3 L'ozone (O ₃).....	21
3.3.1 Principaux effets sur la santé.....	23
3.3.2 Évolution des concentrations moyennes annuelles et respect des valeurs guides	23
3.4 Le dioxyde de soufre (SO ₂)	26
3.4.1 Principaux effets sur la santé.....	26
3.4.2 Principales sources d'émissions atmosphériques.....	26
3.4.3 Évolution des concentrations moyennes annuelles et respect des valeurs guides	27
3.5 Le monoxyde de carbone (CO)	29
3.5.1 Principaux effets sur la santé.....	30
3.5.2 Principales sources d'émissions atmosphériques.....	30
3.5.3 Évolution des concentrations moyennes annuelles et respect des valeurs guides	31
4 DISCUSSION – CONCLUSION	33
RÉFÉRENCES	35
ANNEXE TABLEAUX 7 À 11	39

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Valeurs de référence pour certains contaminants de l'air ambiant	11
Tableau 2	Nombre de jours avec au moins un dépassement de la norme quotidienne du RAA de particules fines ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$), par région sociosanitaire, 1998-2009.....	16
Tableau 3	Dépassement de la ligne directrice annuelle de l'OMS de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de particules fines, dans au moins une station, par région sociosanitaire, 1998-2009	17
Tableau 4	Nombre de jours avec au moins un dépassement de la ligne directrice horaire de dioxyde d'azote (106 ppb) de l'OMS, par région sociosanitaire, 1995-2009.....	21
Tableau 5	Nombre de jours avec au moins un dépassement de la norme horaire d'ozone (82 ppb) du RAA, par région sociosanitaire, 1995-2009	25
Tableau 6	Nombre de jours avec au moins un dépassement de la norme quotidienne de dioxyde de soufre (110 ppb) du RAA, par région sociosanitaire, 1995-2009.....	29
Tableau 7	Nombre de stations de mesure des particules fines ($\text{PM}_{2,5}$), par région sociosanitaire, 1997 à 2009	41
Tableau 8	Nombre de stations de mesure des oxydes d'azotes (NO_x), par région sociosanitaire, 1995 à 2009	41
Tableau 9	Nombre de stations de mesure de l'ozone (O_3), par région sociosanitaire, 1995 à 2009	42
Tableau 10	Nombre de stations de mesure du dioxyde de soufre (SO_2), par région sociosanitaire, 1995 à 2009	42
Tableau 11	Nombre de stations de mesure du monoxyde de carbone (CO), par région sociosanitaire, 1995 à 2009	43

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Pyramide des effets sur la santé associés à la pollution de l'air	4
Figure 2	Localisation des stations de surveillance de la qualité de l'air par région socio-sanitaire.....	8
Figure 3	Répartition des émissions atmosphériques de particules fines, Québec, 2002-2008	14
Figure 4	Évolution (a) des concentrations annuelles moyennes et (b) du nombre de stations de mesure des particules fines, Québec, 1997-2009	15
Figure 5	Répartition des émissions atmosphériques d'oxydes d'azote, Québec, 1990-2008	19
Figure 6	Évolution (a) des concentrations annuelles moyennes et (b) du nombre de stations de mesure d'oxydes d'azote, Québec, 1975-2009	20
Figure 7	Évolution (a) des concentrations annuelles moyennes et (b) du nombre de stations de mesure de l'ozone, Québec, 1975-2009	24
Figure 8	Répartition des émissions atmosphériques de dioxyde de soufre, Québec, 1990-2008.....	27
Figure 9	Évolution (a) des concentrations annuelles moyennes et (b) du nombre de stations de mesure de dioxyde de soufre, Québec, 1975-2009.....	28
Figure 10	Répartition des émissions atmosphériques de monoxyde de carbone, Québec, 1990-2008.....	30
Figure 11	Évolution (a) des concentrations annuelles moyennes et (b) du nombre de stations de mesure de monoxyde de carbone, Québec, 1975-2009.....	31

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

$\mu\text{g}/\text{m}^3$:	Microgramme par mètre cube
μm :	Micromètre
CO :	Monoxyde de carbone
COV :	Composés organiques volatils
H ₂ S :	Hydrogène sulfuré
INSPQ :	Institut national de santé publique du Québec
IQÉA :	Inventaire québécois des émissions atmosphériques
kt :	Kilotonne
MDDEP :	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MRC :	Municipalité régionale de comté
NO :	Monoxyde d'azote
NO ₂ :	Dioxyde d'azote
O ₃ :	Ozone
OMS :	Organisation mondiale de la Santé
PM ₁₀ :	Particules de diamètre aérodynamique moyen inférieur à 10 μm
PM _{2,5} :	Particules de diamètre aérodynamique moyen inférieur à 2,5 μm
ppb :	Partie par milliard
ppm :	Partie par million
PSQA :	Programme de surveillance de la qualité de l'air
PST :	Particules en suspension totales
RAA :	Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère
RSS :	Région sociosanitaire
SO ₂ :	Dioxyde de soufre ou anhydride sulfureux

1 INTRODUCTION

La pollution atmosphérique affecte la santé de la population. Certaines personnes sont plus sensibles aux effets de la pollution atmosphérique, particulièrement les enfants, les personnes âgées, ainsi que les individus atteints de certaines maladies comme l'asthme, l'insuffisance cardiaque ou respiratoire (Bouchard et Smargiassi, 2007). Les associations entre la qualité de l'air et la santé, quoique difficiles à démontrer scientifiquement, sont maintenant bien établies (voir encadrés 1, p. 3 et 2, p. 4) (Giles *et al.*, 2011). Cependant, les impacts de la pollution de l'air sur la santé sont non spécifiques et, comme la majorité des problèmes de santé, ils sont par nature multifactoriels (c.-à-d. qu'ils dépendent aussi de la qualité de l'air intérieur, de l'exposition professionnelle, des habitudes de vie, etc.), et les effets dépendent aussi de la susceptibilité individuelle (voir encadrés 1, p. 3 et 2, p. 4). Notons toutefois que le fardeau de la pollution de l'air est potentiellement important en milieu urbain puisque cette population y est exposée quotidiennement (Bouchard et Smargiassi, 2007).

La réduction des problèmes de santé associés à la pollution atmosphérique constitue un des objectifs du Programme national de santé publique (Ministère de la Santé et des Services sociaux, 2003b; Ministère de la Santé et des Services sociaux, 2008). C'est pour cette raison que le réseau de la santé et des services sociaux, dans le cadre du Plan commun de surveillance (Ministère de la Santé et des Services sociaux, 2003a), a entrepris les démarches en vue d'obtenir les données québécoises de surveillance de la qualité de l'air, ainsi que les données relatives aux émissions atmosphériques des industries et des sources mobiles. Ces données sont recueillies et compilées par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP). Le volume d'information que comporte cet ensemble de données est imposant. L'analyse et l'interprétation de ces données sont complexes pour ceux qui ne sont pas des spécialistes de la qualité de l'air.

Pour les professionnels du réseau de la santé et des services sociaux, les données de surveillance de la qualité de l'air et d'émission atmosphériques sont accessibles dans le Portail de l'Infocentre de santé publique : <https://www.infocentre.inspq.rtss.qc.ca>. Tous les professionnels de la santé y ont accès depuis 2006.

Pour en apprendre davantage sur la qualité de l'air et les actions entreprises par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), visitez la section « Air et changements climatiques » du site Internet du Ministère : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/air/inter.htm>. Vous y trouverez des informations issues du Programme de surveillance de la qualité de l'air du MDDEP, tel que l'Indice de la qualité de l'air (IQA), le programme Info-smog, ainsi que de multiples portraits de la qualité de l'air.

La réalisation du rapport a été amorcée dans le cadre des travaux du Comité de surveillance de la Table de concertation nationale en santé environnementale et de l'entente de collaboration INSPQ-MDDEP. Cette entente a notamment pour objectif d'améliorer le suivi de la qualité de l'air au Québec, d'améliorer la connaissance des impacts de la qualité de l'air sur la santé, de favoriser l'échange de données entre le MDDEP et le réseau de santé publique et finalement, d'accroître la diffusion d'une information pertinente et récente sur la qualité de l'air et ses impacts sur la santé. Les objectifs de ce rapport sont d'améliorer la compréhension globale du phénomène de la pollution

atmosphérique au Québec et de faciliter l'analyse et l'interprétation des données de surveillance de la qualité de l'air. Le rapport ne vise pas à faire un bilan exhaustif de la qualité de l'air et des effets sur la santé qui y sont associés. Il porte sur les principaux contaminants atmosphériques qui sont l'objet d'une norme de la qualité de l'atmosphère dans le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA) (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2011b) : les particules fines ($PM_{2,5}$), le dioxyde d'azote (NO_2), l'ozone (O_3), le dioxyde de soufre (SO_2) et le monoxyde de carbone (CO). Le monoxyde d'azote est également abordé, malgré que ce contaminant ne soit pas l'objet d'une norme. Une brève définition du contaminant est présentée, suivie d'un résumé des principaux effets sur la santé, puis d'une analyse des principales sources d'émissions atmosphériques. Enfin, l'évolution du nombre de stations de mesure depuis 1975, l'évolution des concentrations moyennes pour l'ensemble des stations rurales et urbaines, ainsi que la fréquence des dépassements des valeurs de référence sont décrites.

Encadré 1 Les effets de la pollution de l'air sur la santé : généralités

La pollution de l'air désigne les composés de l'atmosphère, comme les particules en suspension, les substances chimiques ou les matériaux biologiques, qui causent des effets néfastes sur la santé humaine ou qui nuisent à l'environnement. Plus spécifiquement en milieu urbain, la pollution de l'air est un mélange de centaines de substances soit des particules solides et solubles ainsi que différents gaz. De ce mélange, seul un nombre limité de contaminants peut être contrôlé et fait l'objet de surveillance systématique; il s'agit des contaminants conventionnels (PM_{2,5}, NO₂, SO₂, O₃ et CO) qui sont utilisés comme marqueur du mélange de contaminants. L'analyse des impacts de ce mélange de contaminants sur la santé est complexe. D'une part, les contaminants interagissent les uns avec les autres dans l'atmosphère. Ces interactions varient en fonction des conditions météorologiques (vent, température, ensoleillement et humidité). D'autre part, divers effets sur la santé sont non spécifiques à la pollution de l'air (p. ex., l'infarctus du myocarde), et la relation de cause à effet pour certains problèmes de santé n'a pas été démontrée.

Les études épidémiologiques distinguent les effets aigus et chroniques des contaminants sur la santé. Les effets aigus peuvent être observés dans les heures ou les jours suivant l'exposition (p. ex., arythmies, infarctus du myocarde, accidents vasculaires cérébraux, symptômes respiratoires, consultations chez le médecin, admissions hospitalières et décès). D'autres effets sont engendrés par des expositions à long terme menant à des pathologies chroniques (p. ex., calcification des artères, altération de la fonction respiratoire, maladies pulmonaires obstructives chroniques). La sensibilité individuelle aux effets de la pollution de l'air varie d'une personne à l'autre et dans le temps. Les enfants constituent un des sous-groupes de la population particulièrement à risque aux effets de la pollution sur la santé. Le nombre de personnes affectées par les effets extrêmes (mortalité prématurée) est plus faible que celui du nombre d'individus affectés par des effets moins grave (changement physiologique inaperçu) (figure 1) (Künzli *et al.*, 2010). Enfin, malgré la diminution observée des concentrations ambiantes des différents contaminants depuis les années 1950 partout dans le monde, les faibles concentrations demeurent toujours préoccupantes pour la santé publique. En effet, l'évaluation du fardeau et de l'impact sur la santé publique de la pollution de l'air doit considérer qu'une très grande proportion de la population y est exposée quotidiennement, notamment en milieu urbain (Künzli *et al.*, 2010; Giles *et al.*, 2011). De plus, les données scientifiques provenant des études épidémiologiques suggèrent que le risque sanitaire associé à certains contaminants atmosphériques serait sans seuil d'innocuité.

Les effets sur la santé sont mesurés à la suite d'une exposition à plusieurs contaminants présents simultanément dans l'air ambiant. La littérature épidémiologique et toxicologique actuelle ne permet pas de discerner dans quelle mesure les effets sanitaires observés peuvent être attribuables à un contaminant atmosphérique en particulier ou à une source d'émissions (Künzli *et al.*, 2010).

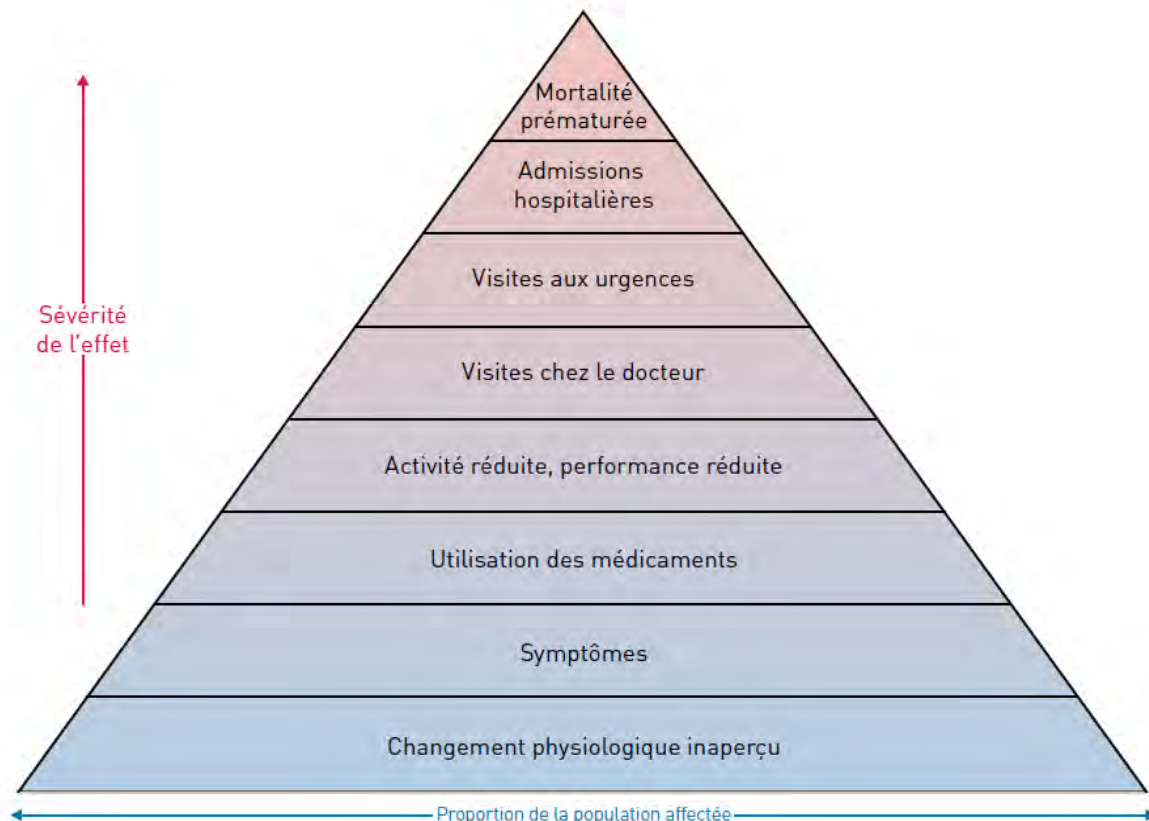


Figure 1 Pyramide des effets sur la santé associés à la pollution de l'air

Extrait de (Künzli *et al.*, 2010).

Encadré 2 Changements climatiques et qualité de l'air

La pollution atmosphérique affecte le climat à l'échelle des régions et du globe. Les activités humaines du dernier siècle ont engendré des changements climatiques désormais indéniables. Les émissions des gaz à effet de serre sont majoritairement liées aux émissions atmosphériques (notamment par la combustion des matières fossiles et le transport), et en raison de leur nature persistante dans l'atmosphère, leurs effets sur le climat pourraient se faire sentir pendant encore plusieurs décennies. De même, les particules en suspension jouent un rôle important dans le réchauffement climatique. La hausse des températures prédite par les modèles climatiques pourrait avoir comme conséquence une augmentation des concentrations d'ozone troposphérique. Les effets sur la santé des changements climatiques pourront également être indirects et liés à l'augmentation de la durée, de la fréquence et de l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes (p. ex., canicules).

Ainsi, une stratégie commune de réduction des particules et des gaz à effet de serre permettrait de diminuer les impacts des changements climatiques et de réduire les effets, à la fois aigus et chroniques, sur la santé (Künzli *et al.*, 2010).

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 SOURCES DE DONNÉES

2.1.1 Principales sources d'émissions atmosphériques

Les données sur les émissions de contaminants présentées dans ce document proviennent de l'Inventaire québécois des émissions atmosphériques (IQÉA) du MDDEP¹. Cette base de données rassemble les informations sur les quantités d'émissions des principaux contaminants générés par les sources fixes et mobiles. Le terme « sources fixes » désigne les sources d'émissions stationnaires de pollution atmosphérique, par opposition aux sources mobiles. On distingue deux types de sources fixes : les sources spécifiques et les sources étendues.

La catégorie « sources spécifiques » comprend les entreprises, les installations ou les établissements québécois assujettis depuis 2007 au Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2011c). Les sources spécifiques comprennent des sources d'émissions issues surtout du secteur industriel, principalement des usines de pâtes et papiers, de l'industrie de transformation du bois, de l'industrie du fer et de l'acier, des alumineries, de l'industrie chimique, des raffineries de pétrole, des cimenteries, des usines de chaux, des usines d'extraction de métaux, etc.

Dès 1985, le MDDEP a mis en place l'IQÉA. Avant 2007, les entreprises transmettaient, sur une base volontaire, les informations nécessaires au MDDEP pour calculer leurs émissions. Depuis 2007, avec l'adoption du Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère, la transmission de l'information est obligatoire pour les établissements dont la quantité d'émissions dépasse le seuil de déclaration (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2011a). Ils doivent transmettre au MDDEP les quantités émises dans l'atmosphère de tous les contaminants identifiés dans le règlement et pour lesquels les seuils de déclaration sont dépassés, en plus des détails nécessaires aux calculs des émissions pour chaque source émettrice de ces établissements.

Les sources étendues incluent tout ce qui ne constitue pas une source spécifique ou qui constitue une source spécifique dont les émissions sont peu importantes considérées individuellement, mais dont la contribution est significative lorsqu'additionnée pour le Québec. En effet, dans certaines catégories d'industries, les établissements sont nombreux, mais leurs émissions atmosphériques individuelles ne dépassent pas les seuils de déclaration obligatoire (p. ex., les imprimeries). Lorsque des données sont disponibles dans ces catégories, par exemple, pour la production ou l'utilisation de solvants à l'échelle québécoise, des calculs globaux permettent d'estimer les rejets dans l'atmosphère au Québec et ainsi améliorer la précision de l'inventaire. Pour la plupart des installations faisant partie des secteurs non industriels (commerces, exploitations agricoles, hôpitaux, etc.), la combustion individuelle de combustibles fossiles pour le chauffage n'émet pas dans

¹ <http://www.mddep.gouv.qc.ca/air/inventaire/index.htm#iqea>.

l'atmosphère de contaminants dans des quantités dépassant les seuils de déclaration. On retrouve donc, dans les sources étendues², les immeubles résidentiels (dont le chauffage est au bois), les immeubles commerciaux et institutionnels, les exploitations agricoles, l'extraction de minerai, l'utilisation de solvants (industriel et non industriel), certains lieux d'enfouissement, les nettoyeurs à sec, certaines imprimeries, certaines boulangeries, certaines scieries, certaines usines de béton bitumineux, etc. Les émissions relatives aux sources étendues sont calculées par le MDDEP en utilisant des données à l'échelle du territoire de la province de Québec seulement.

Les émissions des sources mobiles (les transports) sont obtenues d'Environnement Canada et intégrées à l'IQÉA. Comme les sources étendues, ces émissions sont disponibles à l'échelle du Québec seulement au MDDEP.

Les émissions québécoises des contaminants ne sont pas les seules sources auxquelles la population du Québec est exposée. Bien qu'elle soit difficile à estimer, la pollution transfrontalière représente une contribution non négligeable. En effet, les vents amènent au Québec des contaminants en provenance du sud de l'Ontario et du centre des États-Unis. Les régions les plus touchées par cette pollution transfrontalière sont situées dans le sud du Québec, près des limites ontarienne et américaine. Plus on s'éloigne de la région des Grands Lacs, plus les sources de pollution sont attribuables aux émissions québécoises.

2.1.2 Surveillance de la qualité de l'air

Les concentrations annuelles mesurées pour chaque contaminant aux différentes stations, de même que les dépassements des valeurs de référence horaires et quotidiennes sont calculés à partir des données du Programme de surveillance de la qualité de l'air (PSQA) du MDDEP. Le PSQA couvre le territoire où réside plus de 95 % de la population québécoise. Les stations du réseau de surveillance de la qualité de l'air sont situées en milieu urbain et rural, ainsi que dans quelques secteurs industriels. Les contaminants qui font l'objet de la surveillance sont émis dans l'atmosphère par des sources fixes et mobiles (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2010).

La pertinence du PSQA est renforcée par la diffusion d'études qui montrent qu'il existe un lien significatif entre la santé de la population, le smog (composé principalement d'ozone et de particules fines en suspension) et la pollution de l'air en général. L'évolution des principaux paramètres mesurés par le PSQA reflète les changements et les adaptations que celui-ci a subis afin de répondre aux enjeux émergents au cours de la période de 1975 à 2009. Le PSQA intègre les données mesurées sur le territoire de l'île de Montréal, ainsi que celles obtenues grâce à des partenariats avec des industries ou des associations industrielles, en plus des données provenant d'Environnement Canada (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2010).

² Cette catégorie inclut les établissements qui n'ont pas déclaré d'émission (calculs globaux), tandis que les établissements qui ont fait une déclaration se retrouvent dans les sources spécifiques.

En 2011, le réseau de surveillance se compose de 75 stations de mesure (figure 2), dont 53 sont exploitées par le MDDEP, 14 sont situées sur le territoire de l'île de Montréal et sont exploitées par la Ville de Montréal, 3 sont exploitées par Environnement Canada, 2 le sont en collaboration avec Environnement Canada et 3 sont exploitées en collaboration avec des industries ou des associations industrielles. Ces stations sont réparties dans 57 municipalités, 41 municipalités régionales de comté (MRC) et 14 des 18 régions sociosanitaires (RSS). Les tableaux 7 à 11 (en annexe) présentent par RSS, l'évolution du nombre de stations de mesure en service selon le contaminant.

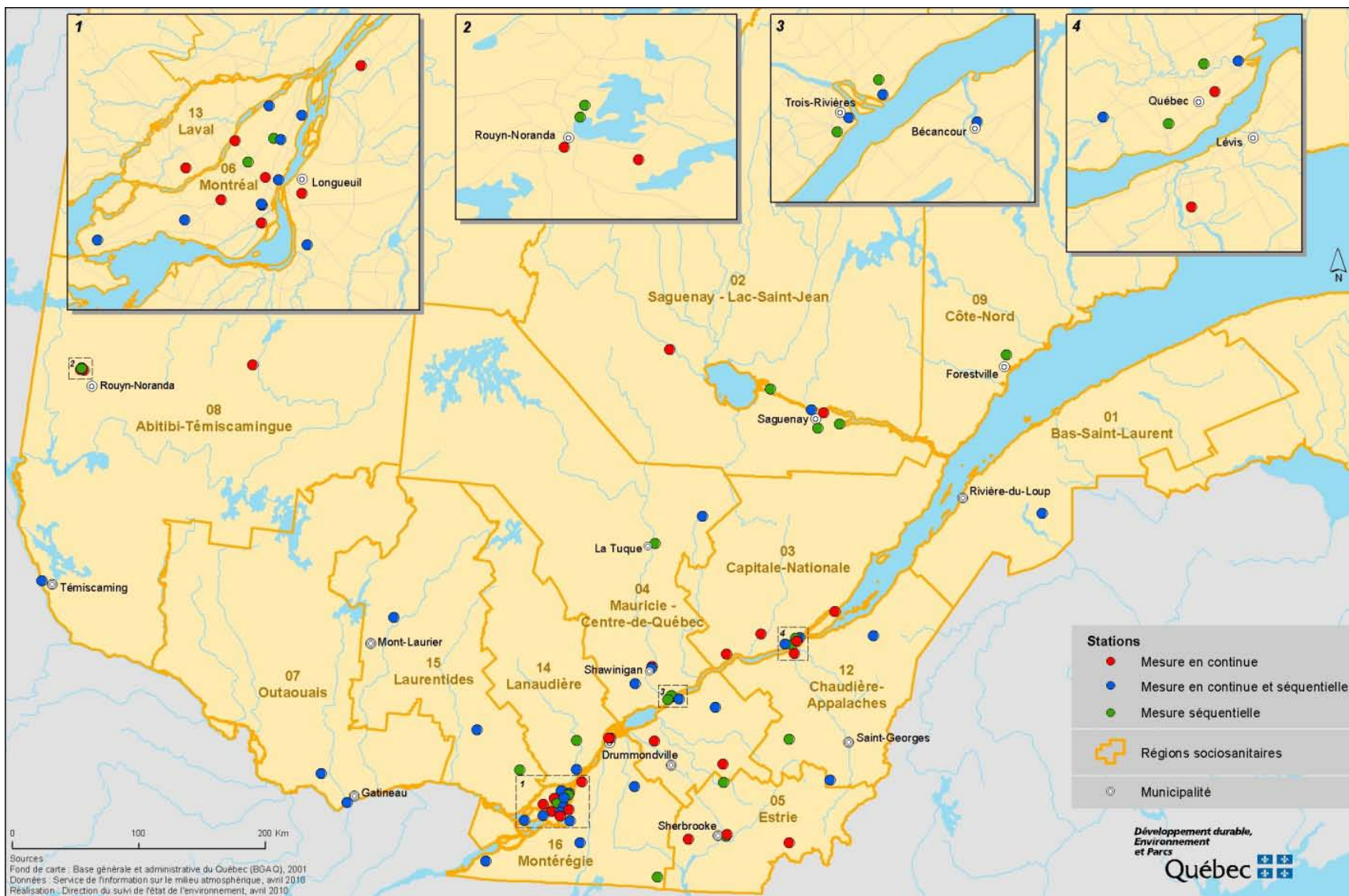


Figure 2 Localisation des stations de surveillance de la qualité de l'air par région sociosanitaire

Les deux types de mesures effectuées aux stations de surveillance sont : les mesures en continu et les mesures séquentielles. Dans le premier cas, l'air est mesuré en continu par un appareil. Une valeur moyenne est produite toutes les quatre minutes dans le cas des contaminants gazeux et toutes les heures dans le cas des particules fines. Dans le second cas, des échantillons sont prélevés sur des périodes relativement longues, le plus souvent de 24 heures, selon un calendrier prédéterminé (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2010). Les mesures séquentielles ne sont pas analysées dans le cadre de ce rapport.

Le réseau compte 57 stations du premier type où sont mesurés certains contaminants à l'aide d'analyseurs en continu : les particules fines en suspension dont le diamètre est inférieur à 2,5 microns (μm) ($\text{PM}_{2,5}$), l'ozone (O_3), les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO_2), le monoxyde de carbone (CO) et l'hydrogène sulfuré (H_2S). Le réseau compte aussi 49 stations où des échantillons séquentiels sont prélevés. Ces stations permettent de produire notamment des portraits statistiques et l'Indice de la qualité de l'air (IQA) (<http://www.mddep.gouv.qc.ca/air/iqa/index.htm>) (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2010). Des 75 stations qui composent le réseau de surveillance, 49 sont équipées d'un échantillonneur séquentiel. De plus, un certain nombre de stations de mesure sont exploitées afin de répondre à des projets spéciaux. Leur nombre varie selon les années (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2010).

2.2 TRAITEMENT DE DONNÉES

2.2.1 Principales sources d'émissions atmosphériques

Comme mentionné à la section 1.1.1, l'IQÉA compile autant les émissions provenant des déclarations obtenues dans le cadre du Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère (sources spécifiques), que les émissions provenant de calculs globaux pour le Québec (sources étendues) ou d'émissions provenant d'Environnement Canada (sources mobiles). Afin d'en arriver à un inventaire annuel complet pour le Québec, plusieurs données doivent être traitées, saisies, compilées, vérifiées et validées. Une fois la base de données complétée pour l'année, les émissions par secteur ou par région³ peuvent être extraites.

Dans le cadre du présent document, les données par secteur extraites de l'IQÉA ont été utilisées pour calculer, par année et par contaminant, la répartition par secteur des émissions totales au Québec. Par la suite, la moyenne des répartitions par secteur et par contaminant a été calculée sur la période de 1990 à 2008, sauf pour les $\text{PM}_{2,5}$ qui ne sont disponibles que depuis 2002. Ces données sont présentées, dans les prochaines sections, sous forme de graphiques montrant la répartition moyenne des secteurs importants contribuant à l'émission de ces différents contaminants au Québec. Il est à noter qu'une publication récente du MDDEP présente les tendances temporelles des émissions des contaminants (Paradis, 2011).

³ Les sources étendues et mobiles (les transports) ne font pas partie des données d'émissions disponibles par région. Lorsque les données sont extraites par région, ces sources sont incluses dans une région nommée « Province de Québec » qui intègre toutes les catégories calculées globalement pour la province.

2.2.2 Surveillance de la qualité de l'air

Concentrations moyennes annuelles québécoises de 1975 à 2009

Les concentrations moyennes annuelles québécoises sont calculées en utilisant les concentrations mesurées aux stations actives entre 1975 et 2009⁴. Dans tous les cas, une moyenne arithmétique a été calculée. Pour qu'une station soit incluse dans le calcul de la moyenne annuelle, celle-ci doit posséder au moins 75 % de ses valeurs horaires annuelles (6 570 données horaires sur 8 760). Les stations répondant à ce critère de complétude annuel sont définies comme étant « valides ». Lorsque pertinent, les moyennes ont été établies en différenciant le milieu urbain (ville et banlieue) et rural (milieu agricole et forestier). Le nombre total de stations par année inclut toutes les stations opérationnelles, indépendamment du milieu et du critère de complétude annuel. Les contaminants traités dans ce rapport sont : les particules fines (PM_{2,5}), les oxydes d'azote (NO et NO₂), l'ozone (O₃), le dioxyde de soufre (SO₂) et le monoxyde de carbone (CO).

Respect des valeurs de référence par région sociosanitaire

Le nombre annuel de dépassements annuels des valeurs de référence est défini comme : le nombre de jours, par année, où il y a eu au moins un dépassement de la valeur de référence horaire, ou un dépassement de la valeur de référence quotidienne, dans au moins une station de la région sociosanitaire. Pour le calcul des dépassements d'une valeur de référence quotidienne, une moyenne journalière (24 heures) a été calculée à partir des données horaires. Pour que la moyenne journalière soit valide, elle doit compter au moins 75 % de ses données horaires (18 données horaires sur 24). Pour le calcul des dépassements d'une valeur annuelle, une moyenne annuelle a aussi été calculée à partir des données horaires. Une année valide doit compter au moins 75 % de ses données horaires (6 750 données horaires sur 8 760).

La présentation des données par RSS est propre au réseau de la santé. Ce découpage administratif s'apparente à celui des régions administratives, pour les régions couvertes par le PSQA. Toutefois, la RSS Mauricie et Centre-du-Québec est différente, car elle englobe les régions administratives de la Mauricie et du Centre-du-Québec. Puisque ces deux régions administratives ont des profils socioéconomiques et topographiques distincts, les dépassements des valeurs de référence sont aussi présentés par région administrative.

Valeurs de référence

Pour les différents contaminants atmosphériques, plusieurs valeurs de référence (normes, critères, valeurs guides, lignes directrices) peuvent être utilisées afin d'analyser les concentrations mesurées dans l'air ambiant. Les valeurs de référence utilisées dans ce rapport sont présentées au tableau 1. Il est important de préciser que les valeurs de référence sont surtout utilisées pour la gestion des contaminants de l'air. Les normes sont issues de la réglementation et ont une valeur légale. Les normes utilisées par le MDDEP proviennent du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA) (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2011b).

⁴ Pour les particules fines, les données de surveillance de la qualité de l'air ne sont disponibles que pour la période de 1997 à 2009.

Ces normes s'appliquent essentiellement dans un contexte de nouveaux projets ou de modifications d'installations existantes. Cependant, elles peuvent aussi être utilisées dans d'autres contextes (p. ex., les attestations d'assainissement dans le cadre du Programme de réduction des rejets industriels).

Tableau 1 Valeurs de référence pour certains contaminants de l'air ambiant

Contaminants	Période	Normes du RAA ^a	Lignes directrices de l'OMS de 2005 ^b
Dioxyde d'azote (NO ₂)	1 h	414 µg/m ³ (220 ppb)	200 µg/m ³ (106 ppb) 40 µg/m ³ (21 ppb)
	24 h	207 µg/m ³ (110 ppb)	
	1 an	103 µg/m ³ (55 ppb)	
Dioxyde de soufre (SO ₂)	4 min	1 050 µg/m ³ (400 ppb) ^c	500 µg/m ³ (191 ppb) 20 µg/m ³ (8 ppb)
	10 min		
	24 h	288 µg/m ³ (110 ppb)	
	1 an	52 µg/m ³ (20 ppb)	
Particules fines (PM _{2,5})	24 h	30 µg/m ³	25 µg/m ³ 10 µg/m ³
	1 an		
Monoxyde de carbone (CO)	1 h	34 000 µg/m ³ (30 ppm)	
	8 h	12 700 µg/m ³ (11 ppm)	
Ozone (O ₃)	1 h	160 µg/m ³ (82 ppb)	100 µg/m ³ (50 ppb)
	8 h	125 µg/m ³ (65 ppb)	

^a RAA : Norme en vertu du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2011b).

^b OMS : Organisation mondiale de la Santé (Organisation mondiale de la Santé, 2006).

^c Cette valeur limite peut être excédée jusqu'à 0,5 % du temps sur une base annuelle, sans toutefois dépasser 1 310 µg/m³ (500 ppb).

En plus des normes de qualité de l'air ambiant, les lignes directrices de l'OMS ont été utilisées comme valeurs de référence. Celles-ci sont basées sur les connaissances scientifiques actuelles des effets de la pollution de l'air sur la santé. Les lignes directrices de l'OMS n'ont pas de valeur légale. Cependant, elles sont établies afin de réduire de manière significative les risques sanitaires (chroniques ou aigus) associés à la pollution atmosphérique sur la santé. Elles doivent être interprétées comme des objectifs à atteindre (Organisation mondiale de la Santé, 2006).

Les normes du RAA ainsi que les lignes directrices ne doivent pas être interprétées comme des concentrations en dessous desquelles il n'y a aucun effet à la santé puisque les risques sanitaires associés à certains contaminants atmosphériques sont sans seuil (voir encadré 1, p. 3).

3 LES RÉSULTATS

3.1 LES PARTICULES FINES (PM_{2,5})

Les particules en suspension dans l'air sont d'origine naturelle et anthropique. Elles se composent d'un mélange de substances organiques et minérales, sous forme solide ou liquide. Les principaux composants en sont les sulfates, les nitrates, l'ammonium, le chlorure de sodium, le carbone, les matières minérales et l'eau.

On distingue les particules par leur taille (diamètre aérodynamique). Il y a tout d'abord les particules en suspension totales (PST) qui comprennent toutes les particules dont le diamètre est de 100 à 150 microns (μm) et moins. Les PST représentent la classe de particules qui a été la plus mesurée depuis les débuts des études sur la pollution atmosphérique. On trouve aussi comme mesure de particules, les PM₁₀, particules dites « respirables » dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 10 μm . Les PM₁₀ ont été mesurées durant quelques années, mais cette mesure a été remplacée en grande partie par celle des particules fines (PM_{2,5}), soit les particules de moins de 2,5 microns (μm) de diamètre aérodynamique. Ces dernières constituent la classe de taille qui présente le plus d'intérêt pour la santé parce qu'elles peuvent pénétrer dans les alvéoles pulmonaires et alors interagir fortement avec le corps humain. De plus, les PM_{2,5} contiennent des produits toxiques provenant des procédés industriels et de la combustion tels que les métaux et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), dont certains sont considérés comme cancérogènes (United States Environmental Protection Agency, 2009).

Par ailleurs, la lutte contre cette forme de pollution est complexe du fait qu'une partie des particules fines provient de la transformation chimique de contaminants précurseurs dans l'atmosphère (dioxyde de soufre, oxydes d'azote ou composés organiques volatils). On parle alors de particules d'origine *secondaire* pour les différencier des particules directement émises dans l'air qu'on qualifie de *primaires* (Paradis, 2011).

3.1.1 Principaux effets sur la santé

Les particules en suspension jouent un rôle prépondérant sur la santé humaine. Les effets des particules sur la santé humaine dépendent de leur granulométrie et de leur composition chimique et donc de leur origine. Les produits chimiques variés absorbés sur la surface des particules peuvent être importants pour toutes les tailles de particules. La toxicité des particules peut être due aux sulfates, aux nitrates, aux acides et aux métaux (Künzli *et al.*, 2010). Les particules fines sont considérées comme un indicateur majeur du risque sanitaire de la pollution atmosphérique (Gérin *et al.*, 2003).

Aux concentrations auxquelles sont exposées la plupart des populations urbaines et rurales, les particules ont des effets nuisibles sur la santé. En effet, il n'existerait pas de concentration au-dessous de laquelle il n'y aurait aucun effet indésirable pour la santé et le risque sanitaire augmenterait avec l'importance de l'exposition (Organisation mondiale de la Santé, 2006). À court terme, une exposition aux PM_{2,5} est associée à des effets aux systèmes respiratoire (irritations, inflammations des bronches, etc.) et cardiovasculaire (arythmies, augmentation de la viscosité sanguine, etc.). L'augmentation de l'exposition

journalière aux $PM_{2,5}$ est aussi associée à une augmentation de la mortalité et de la morbidité quotidienne (visites à l'urgence, hospitalisations) pour problèmes cardiorespiratoires (United States Environmental Protection Agency, 2009). L'exposition chronique pourrait engendrer une diminution permanente de la capacité pulmonaire, en plus d'être associée à un accroissement de la mortalité cardiovasculaire, respiratoire, ainsi que par cancers pulmonaires. Quelques études ont établi des associations robustes entre l'exposition à long terme aux $PM_{2,5}$ et la mortalité (Organisation mondiale de la Santé, 2006).

3.1.2 Principales sources d'émissions atmosphériques

Les particules sont générées par les activités anthropiques telles que les industries, le chauffage au bois, la circulation automobile, de même que d'autres sources d'origine naturelles comme les incendies de forêt, l'activité volcanique et l'érosion. En moyenne au Québec, de 2002 à 2008, les principales sources anthropiques d'émissions atmosphériques de particules fines sont le chauffage au bois (43 %) et les industries (41 %) (figure 3). Les particules fines ($PM_{2,5}$) d'origine industrielle proviennent surtout de l'extraction de minerai, des alumineries et des pâtes et papiers.

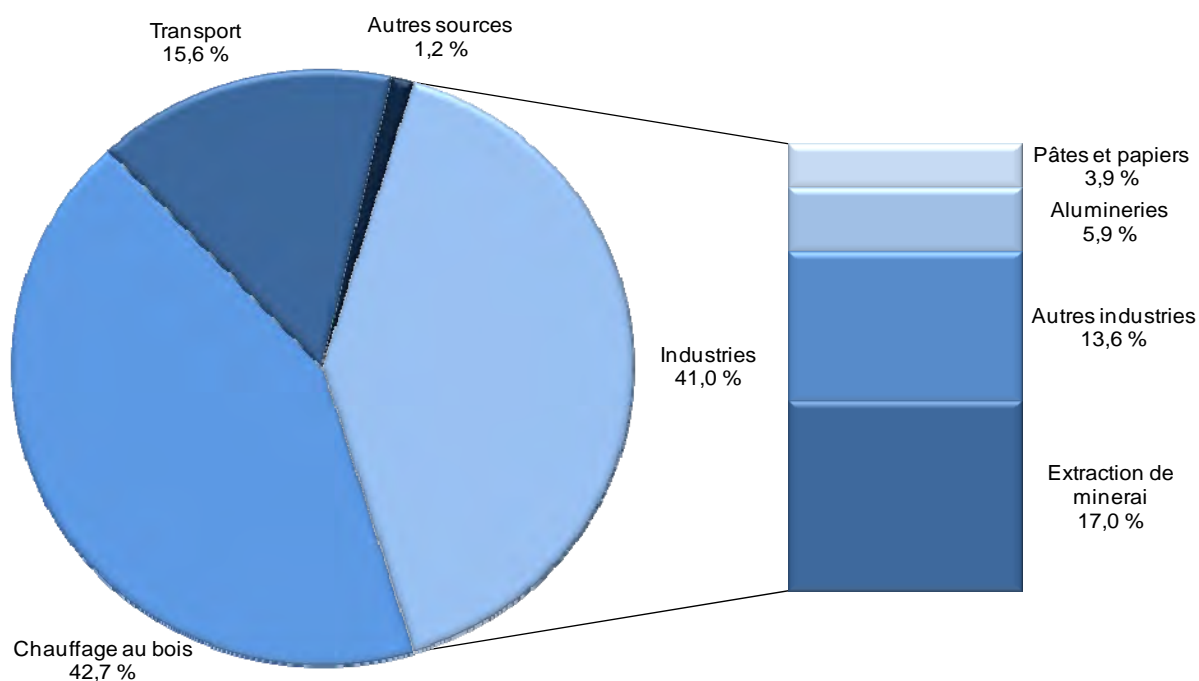


Figure 3 Répartition des émissions atmosphériques de particules fines, Québec, 2002-2008

3.1.3 Évolution des concentrations moyennes annuelles et respect des valeurs guides

Seulement quatre stations effectuaient la surveillance des $PM_{2,5}$ en 1997. Le nombre de stations a rapidement augmenté pour atteindre 47 en 2009 (figure 4; tableau 7 en annexe). L'interprétation des résultats doit tenir compte du fait que, depuis 2002, une transition graduelle vers des appareils de mesure plus performants a commencé. Ces appareils de nouvelle génération corrigent le défaut de sous-estimation des concentrations par temps

froid des appareils de la génération précédente. L'augmentation des concentrations occasionnée par ce changement ne doit pas être interprétée comme une détérioration de la qualité de l'air.

Avant 2004, la moyenne annuelle des concentrations de $PM_{2,5}$ en milieu rural est peu représentative en raison du faible nombre de stations (toutes situées en Montérégie) mesurant ce contaminant. Bien qu'une faible diminution des concentrations soit observée entre 2004 et 2009, la série chronologique est trop courte pour statuer sur une tendance temporelle (figure 4).

En milieu urbain, c'est à partir de 1999 que la moyenne annuelle des $PM_{2,5}$ commence à avoir une meilleure représentativité de l'ensemble du Québec, grâce à des stations de mesure réparties dans trois agglomérations urbaines, soit celles de Montréal, de la Capitale-Nationale et de Trois-Rivières. Entre 1999 et 2007, une diminution de 30 % des concentrations moyennes annuelles est observée. La hausse observée à compter de 2008 est principalement attribuable à la nouvelle génération d'appareils déployés dans les stations de mesure.

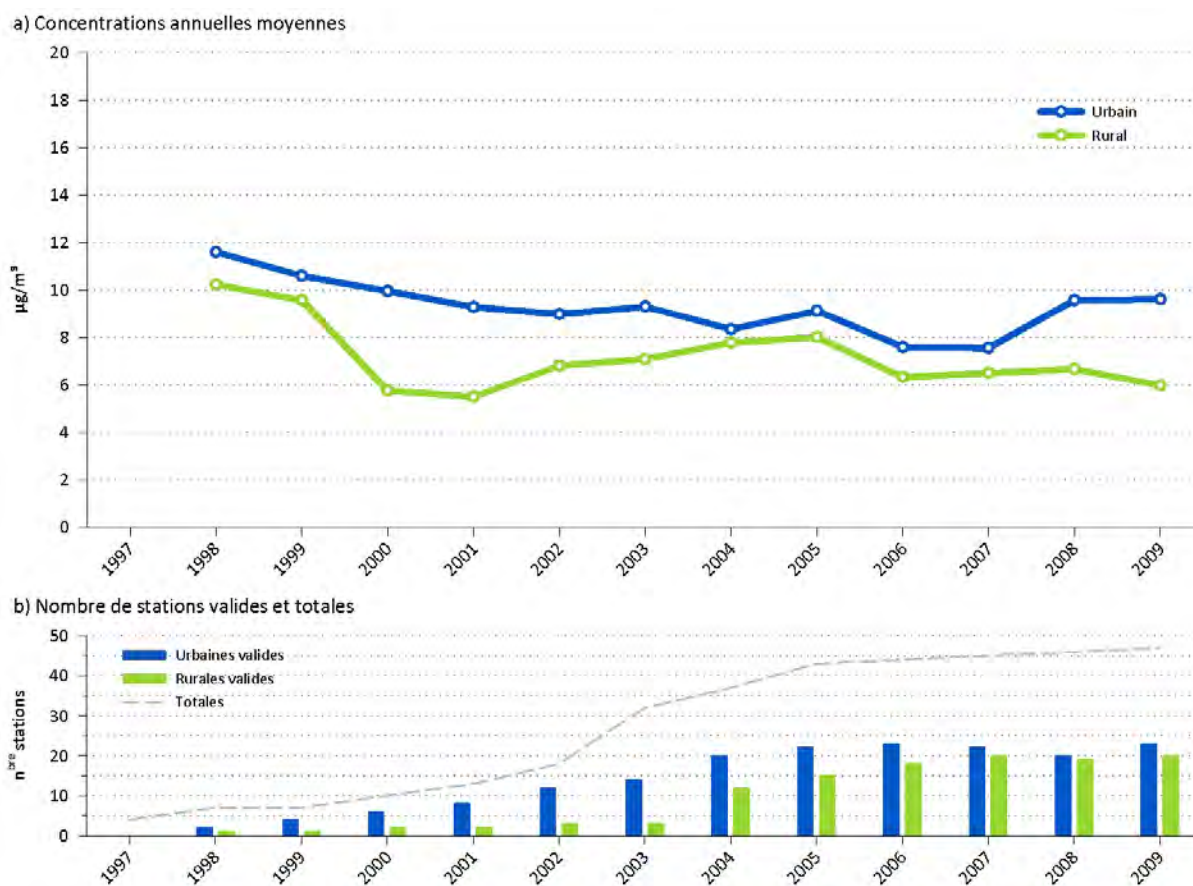


Figure 4 Évolution (a) des concentrations annuelles moyennes et (b) du nombre de stations de mesure des particules fines, Québec, 1997-2009

Respect des valeurs de référence par région sociosanitaire

Comme mentionné à la section précédente, depuis 2002 une transition graduelle vers des appareils de mesure plus performants a commencé. Étant donné que cette transition n'est pas nécessairement appliquée en même temps dans toutes les régions, la comparaison des dépassements entre les régions peut être inadéquate. Il est également important de noter que les résultats de certaines stations peuvent avoir une représentativité très locale, en raison d'un positionnement à proximité d'une source d'émissions (p. ex., en Mauricie et Centre-du-Québec et en Abitibi-Témiscamingue). Cette situation peut occasionner un nombre plus important de dépassements de la norme quotidienne qui n'est pas représentatif de la qualité de l'air à l'échelle régionale.

Les dépassements de la norme quotidienne du RAA s'observent principalement dans les régions où sont localisées, soit de grandes agglomérations urbaines (p. ex., Montréal, la Capitale-Nationale, Laval et la Montérégie), soit des activités industrielles (p. ex., en Mauricie et Centre-du-Québec et en Abitibi-Témiscamingue) (tableau 2). Les dépassements de la ligne directrice annuelle de l'OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sont aussi observés dans ces mêmes régions (tableau 3). Le tableau 7 (en annexe) présente l'évolution du nombre de stations de mesure des $\text{PM}_{2,5}$, par RSS.

Tableau 2 Nombre de jours avec au moins un dépassement de la norme quotidienne du RAA de particules fines ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$), par région sociosanitaire, 1998-2009

Région sociosanitaire	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Bas-Saint-Laurent	-	-	-	-	-	-	-	0	0	2	0	0
Saguenay-Lac-Saint-Jean	-	-	-	-	2	6	2	5	1	1	1	1
Capitale-Nationale	2	14	3	2	6	9	5	15	7	10	8	10
Mauricie et Centre-du-Québec	49	37	72	44	42	40	50	65	49	47	34	20
Mauricie	49	37	72	44	41	40	47	59	45	43	33	19
Centre-du-Québec	-	-	-	-	8	5	9	20	8	9	4	6
Estrie	-	-	-	-	-	-	6	7	2	6	0	1
Montréal	9	3	5	44	44	43	19	26	21	13	17	21
Outaouais	-	-	-	-	-	0	4	12	1	3	0	0
Abitibi-Témiscamingue	-	-	-	-	-	-	7	23	11	19	23	12
Chaudière-Appalaches	-	-	-	-	-	3	4	7	2	4	0	1
Laval	-	-	-	-	-	4	6	14	3	2	5	13
Lanaudière	-	-	0	0	8	11	3	12	2	2	4	7
Laurentides	-	-	-	-	-	4	3	5	2	2	0	1
Montérégie	5	1	0	11	25	17	12	17	5	8	8	6

- : Absence de données.

Tableau 3 Dépassement de la ligne directrice annuelle de l'OMS de 10 µg/m³ de particules fines, dans au moins une station, par région sociosanitaire, 1998-2009

Région sociosanitaire	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Bas-Saint-Laurent	-	-	-	-	-	-	-	n. v.	Ø	Ø	Ø	Ø
Saguenay–Lac-Saint-Jean	-	-	-	-	n. v.	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
Capitale-Nationale	n. v.	•	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	•	Ø	Ø	Ø	•
Mauricie et Centre-du-Québec	•	Ø	•	•	•	•	•	•	•	•	Ø	Ø
Mauricie	•	Ø	•	•	•	•	•	•	•	•	Ø	Ø
Centre-du-Québec	-	-	-	-	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
Estrie	-	-	-	-	-	-	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
Montréal	•	•	Ø	Ø	•	•	Ø	Ø	Ø	Ø	•	•
Outaouais	-	-	-	-	-	n. v.	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
Abitibi-Témiscamingue	-	-	-	-	-	-	Ø	Ø	Ø	•	•	•
Chaudière-Appalaches	-	-	-	-	-	n. v.	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
Laval	-	-	-	-	-	n. v.	Ø	Ø	Ø	Ø	•	•
Lanaudière	-	-	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
Laurentides	-	-	-	-	-	n. v.	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
Montérégie	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	•	•	Ø	Ø	•	Ø

• : Un dépassement dans au moins une station.

Ø : Aucun dépassement.

n. v. : Données annuelles non valides.

- : Absence de données.

Analyse et interprétation

La diminution des concentrations moyennes de PM_{2,5} constatées dans l'air ambiant correspond, dans une certaine mesure, à la diminution des émissions québécoises de PM_{2,5} qui sont passées d'environ 80 kt en 2002 à environ 70 kt en 2008 (Paradis, 2011).

Si les concentrations de PM_{2,5} sont influencées par la pollution transfrontalière, elles le sont aussi par les sources d'émissions locales. On peut le constater par la différence entre les concentrations moyennes des stations rurales et urbaines (de l'ordre de 4 µg/m³ en 2009).

Le chauffage au bois et les transports constituent des sources d'émissions très significatives à l'égard de l'exposition humaine en raison de leur importance (ensemble près de 60 % des émissions de PM_{2,5} au Québec) et de leurs caractéristiques (sources basses, situées au niveau des rues et des résidences). De leur côté, l'importance des sources industrielles quant à l'exposition humaine est plus variable. Certaines sont situées près des communautés et contribuent significativement à l'exposition des populations locales; d'autres, comme l'extraction de minerai, sont situées plus loin des populations.

La recommandation de l'OMS quant à la concentration maximale annuelle des PM_{2,5}, soit 10 µg/m³, est respectée en 2009 dans les stations rurales (tableau 3), mais des dépassements sont observés dans les principaux centres urbains et industriels. La norme quotidienne québécoise de 30 µg/m³, est dépassée occasionnellement. Dans la région de

Montréal, on a compté 21 jours (6 %) en 2009 où il y a eu un dépassement de la norme à une des stations.

La concentration des $PM_{2,5}$ dans l'air ambiant s'améliore de manière graduelle. Toutefois, des sources ponctuelles d'émissions peuvent faire augmenter les concentrations localement. Étant donné qu'il est impossible d'identifier un seuil sans effet, il est préférable, dans une approche préventive, de viser la réduction de l'exposition aux $PM_{2,5}$.

3.2 LES OXYDES D'AZOTE (NO ET NO₂)

Les oxydes d'azote (NO_x) comprennent : le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2). Les oxydes d'azote contribuent à la formation de l'ozone dont ils sont l'un des précurseurs sous l'effet du rayonnement solaire. Le dioxyde d'azote (NO_2) se forme dans l'atmosphère à partir du monoxyde d'azote (NO); il se transforme dans l'atmosphère en acide nitrique, qui retombe au sol et sur la végétation. Cet acide contribue, en association avec d'autres contaminants, à l'acidification des milieux naturels, ainsi qu'à l'eutrophisation des sols (United States Environmental Protection Agency, 2008a).

3.2.1 Principaux effets sur la santé

Parmi les NO_x , le dioxyde d'azote (NO_2) est le plus nocif pour la santé humaine et ce sont les concentrations de ce gaz qui sont réglementées dans l'air ambiant. Le NO_2 , à des concentrations dépassant $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur de courtes durées, est un gaz toxique entraînant une inflammation importante des voies respiratoires (Organisation mondiale de la Santé, 2008). L'exposition à court terme au NO_2 serait associée à des effets de morbidité respiratoire, tels que l'inflammation pulmonaire, l'hyperréactivité bronchique, l'augmentation des symptômes respiratoires, la réduction de la fonction pulmonaire. L'augmentation de l'exposition journalière a aussi été associée à une augmentation des visites à l'urgence et des hospitalisations pour problèmes respiratoires (United States Environmental Protection Agency, 2008a) (voir encadré 1, p. 3). Le NO_2 , utilisé comme marqueur de l'exposition aux contaminants issus du trafic routier a également été associé aux symptômes respiratoires chez les enfants (HEI Panel on the Health Effects of Traffic-Related Air Pollution, 2010). Les effets d'une exposition prolongée au NO_2 seraient une diminution de la capacité pulmonaire, une augmentation des symptômes respiratoires chez les asthmatiques et même un ralentissement du développement de la fonction pulmonaire chez les enfants exposés à d'importantes concentrations.

3.2.2 Principales sources d'émissions atmosphériques

Les oxydes d'azote sont émis par la combustion de combustibles fossiles à haute température. En moyenne, de 1990 à 2008 au Québec, les principales sources d'oxydes d'azote sont les transports (79 %) et, dans une moindre mesure, les industries (14 %) (figure 5). Le dioxyde d'azote est un contaminant rencontré principalement en milieu urbain. Il est un bon indicateur des émissions des véhicules. On remarque en effet une concentration plus importante de NO_2 le long des grands axes routiers. En 2008, 52 % des émissions atmosphériques de NO_x du secteur des transports proviennent des moteurs diesels (Paradis, 2011).

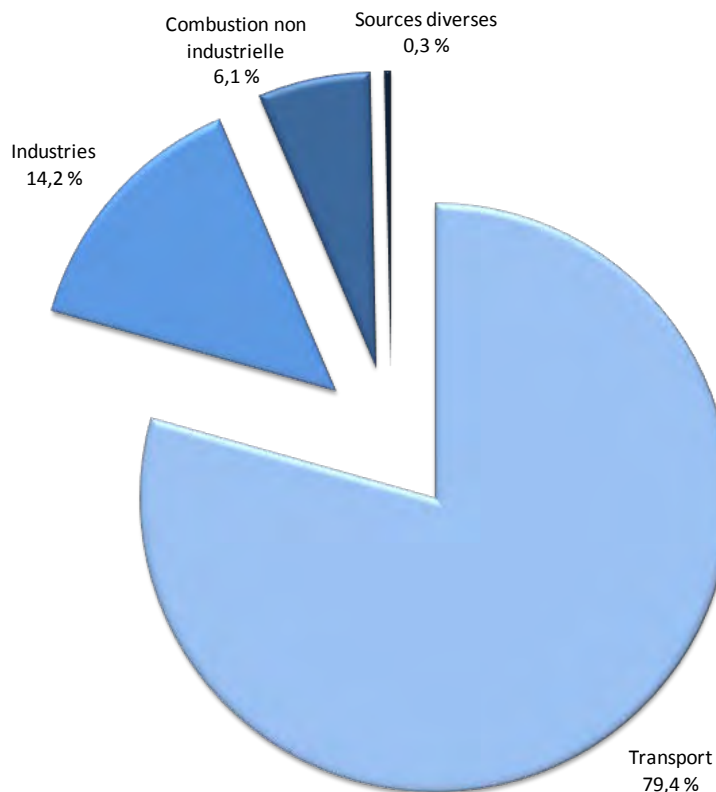


Figure 5 Répartition des émissions atmosphériques d'oxydes d'azote, Québec, 1990-2008

3.2.3 Évolution des concentrations moyennes annuelles et respect des valeurs guides

Puisque les NO_x sont étroitement reliés aux activités de transport, le suivi de leurs concentrations se fait en milieu urbain, où le parc automobile est beaucoup plus dense qu'en milieu rural. D'ailleurs, depuis 1975, la majorité des stations mesurant les NO_x sont situées sur l'île de Montréal. En date de 2009, à part la grande région montréalaise (régions sociosanitaires de Montréal, de Laval et de la Montérégie), seuls les centres urbains de Québec et de Gatineau ont des stations équipées d'appareils de mesure des NO_x , soit respectivement, 14, 3 et 1 stations (tableau 8 en annexe). La municipalité de Bécancour compte aussi un poste de surveillance des NO_x , dans le cadre d'une entente de partenariat entre la Société du parc industriel et portuaire de Bécancour et le MDDEP.

Depuis 1975, les concentrations de NO ont grandement diminué (figure 6). L'écart entre la moyenne annuelle de 1975 (47,4 ppb) et celle de 2009 (6,6 ppb) représente une diminution de 86 %. Pour le NO_2 , la diminution est aussi très importante avec un écart de 60 % entre 1976 et 2009.

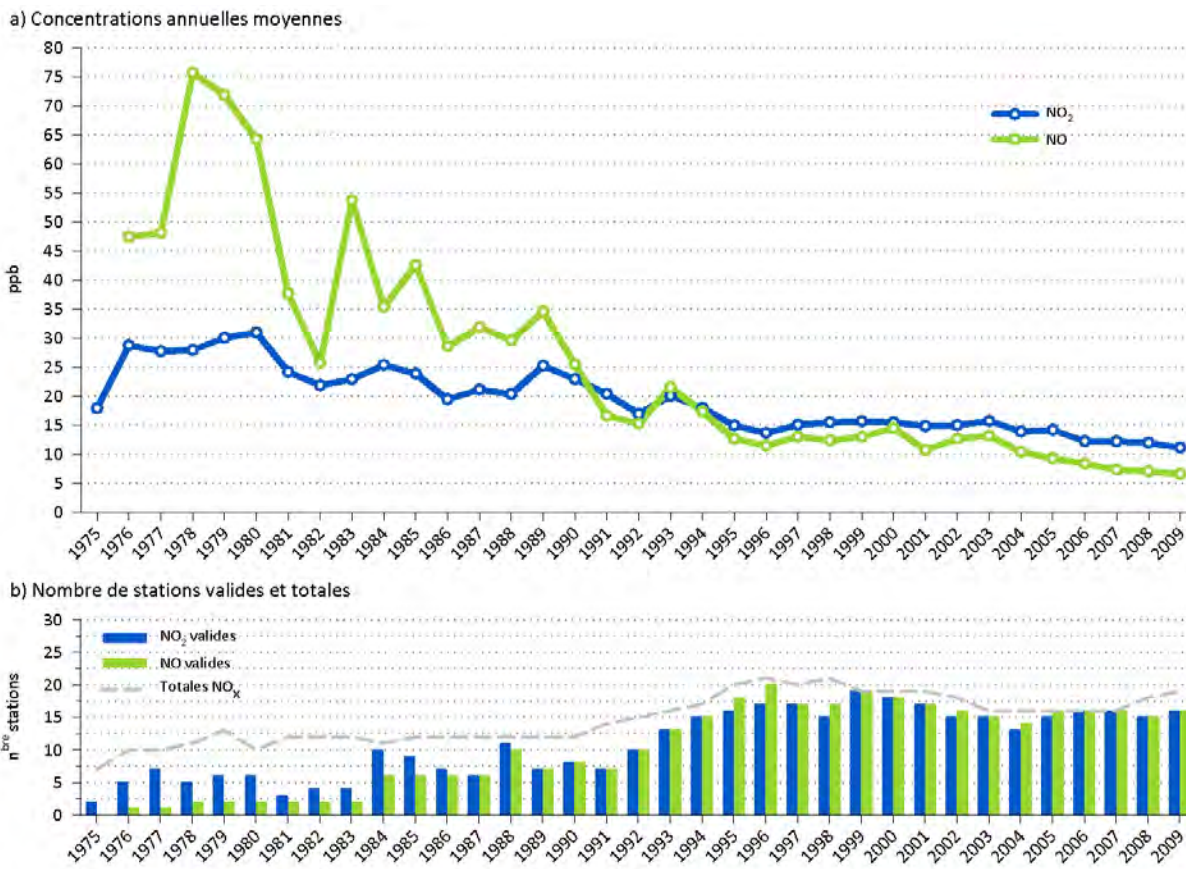


Figure 6 Évolution (a) des concentrations annuelles moyennes et (b) du nombre de stations de mesure d'oxydes d'azote, Québec, 1975-2009

Respect des valeurs de référence par région sociosanitaire

Pour la période de 1995 à 2009, une seule journée avec au moins un dépassement de la norme horaire de 220 ppb de NO₂ a été observée, à Montréal en 1998. Bien que la ligne directrice de l'OMS soit deux fois plus sévère que la norme du RAA, très peu de dépassements sont observés (tableau 4). Seule la région de Montréal a enregistré des dépassements de la ligne directrice de l'OMS de 1999 à 2009.

Tableau 4 Nombre de jours avec au moins un dépassement de la ligne directrice horaire de dioxyde d'azote (106 ppb) de l'OMS, par région sociosanitaire, 1995-2009

Région sociosanitaire	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Bas-Saint-Laurent	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saguenay-Lac-Saint-Jean	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capitale-Nationale	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mauricie et Centre-du-Québec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mauricie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centre-du-Québec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estrie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montréal	3	2	3	6	3	1	2	0	7	1	0	0	4	2	1
Outaouais	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abitibi-Témiscamingue	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chaudière-Appalaches	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laval	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lanaudière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laurentides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montréal	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- : Absence de données.

Analyse et interprétation

La concentration moyenne annuelle de NO₂ dans l'air ambiant a fortement diminué depuis les années 1970, passant d'environ 30 ppb à 10 ppb en 2009. Les concentrations annuelles moyennes très élevées des années 1970 et 1980 sont grandement influencées par les stations situées à Montréal. L'emplacement de ces stations localisées au cœur du centre-ville où la circulation automobile est très dense associé à la diminution des émissions de NO_x des véhicules automobiles expliquent cette situation. Les concentrations de NO₂ ont diminué rapidement de 1975 à 1996 à cause des modifications apportées aux véhicules automobiles (p. ex., l'installation des systèmes antipollution, la baisse de consommation d'essence). Après 1996, la diminution s'est poursuivie, mais à un rythme moindre, dû notamment à l'augmentation du nombre de véhicules.

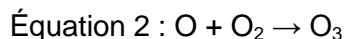
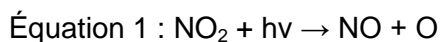
3.3 L'OZONE (O₃)

On distingue l'ozone de la couche protectrice dans la haute atmosphère (ozone stratosphérique), et l'ozone retrouvé au niveau du sol (ozone troposphérique) qui est l'un des principaux constituants du smog photochimique. L'ozone au niveau du sol est un contaminant secondaire, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de source d'émissions anthropique de celui-ci. L'ozone se forme sous l'effet de réactions photochimiques (en présence de rayonnement solaire) entre différents contaminants précurseurs, comme les oxydes d'azote (NO_x) émis par les véhicules et l'industrie, et les composés organiques volatils (COV) émis par les véhicules, les solvants et l'industrie (voir encadré 3, p. 22). On observe des pics de concentration d'ozone au niveau du sol pendant les périodes ensoleillées. (Organisation mondiale de la Santé, 2008).

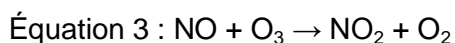
Les variations constatées d'une année à l'autre sont dues aux variations climatiques et en particulier, à l'ensoleillement. L'ozone a une durée de vie de quelques jours dans les basses couches de l'atmosphère, de sorte qu'il peut être transporté loin de sa zone de production, tout comme ses précurseurs. La pollution transfrontalière joue également un rôle au niveau de la présence de l'ozone. Dans un environnement saturé d'oxydes d'azote (NO_x), les concentrations en ozone diminuent avec l'augmentation des émissions de NO_x . Ces réactions chimiques engendrent un paradoxe : les concentrations d'ozone sont souvent plus faibles dans les zones urbaines et plus élevées dans les zones rurales (Künzli *et al.*, 2010).

Encadré 3 Ozone troposphérique

L'ozone est un contaminant secondaire produit à la suite des réactions photochimiques entre différents contaminants précurseurs tels que les oxydes d'azote (NO_x) et les composés organiques volatils (COV). Les émissions de NO_x jouent un rôle important dans la formation de l'ozone (Künzli *et al.*, 2010). Le dioxyde d'azote (NO_2), est décomposé par l'action du rayonnement solaire ($h\nu$) en monoxyde d'azote (NO) et en un atome d'oxygène (Équation 1). L'atome d'oxygène ainsi formé réagit par la suite avec l'oxygène moléculaire (O_2), ce qui produit de l'ozone (équation 2) (Couture, 2008).



Dans un milieu saturé en NO_x , par exemple à proximité de voies de circulation importantes, le monoxyde d'azote (NO) réagit avec l'ozone et est converti en dioxyde d'azote (NO_2) (Équation 3). Ceci provoque une diminution des concentrations d'ozone dans le milieu. C'est pourquoi les concentrations d'ozone observées en région urbaine auront tendance à être plus faibles que celles observées en région rurale. En milieu urbain, lorsque les émissions de NO diminuent, les concentrations d'ozone augmentent puisqu'il y a moins de NO disponible dans l'air pour réagir avec l'ozone (Équation 3) (Couture, 2008; Künzli *et al.*, 2010).



Le transport atmosphérique à grande distance, déterminé par différents processus météorologiques et chimiques peut faire augmenter les concentrations d'ozone dans des milieux ruraux situés à des centaines de kilomètres des points d'émissions des précurseurs. Ce phénomène peut donc, lui aussi, entraîner des concentrations d'ozone plus élevées dans des régions rurales où les émissions des précurseurs d'ozone sont plus faibles (Künzli *et al.*, 2010). La diminution des concentrations d'ozone dans les milieux ruraux indique que les émissions des précurseurs, non seulement au Québec, mais aussi aux États-Unis et en Ontario, sont à la baisse.

3.3.1 Principaux effets sur la santé

L'ozone est un gaz agressif qui pénètre profondément dans l'appareil pulmonaire et peut réagir sur les composantes cellulaires et affecter les capacités respiratoires. À des concentrations très élevées, on considère comme probables des effets comme l'irritation des yeux, du nez et de la gorge qui cause de la toux et de la difficulté à respirer. L'augmentation des concentrations quotidiennes est associée à une hausse de la sévérité et de la fréquence des crises d'asthme, à une augmentation des hospitalisations et des visites à l'urgence pour maladies respiratoires et à la diminution des fonctions pulmonaires, particulièrement chez les enfants et les personnes sensibles. À long terme, les effets de l'exposition à l'ozone seraient l'augmentation du risque de développer de l'asthme, la diminution de façon irréversible des fonctions pulmonaires et l'augmentation de la mortalité prématurée liée à des troubles respiratoires (United States Environmental Protection Agency, 2006).

Les personnes âgées, les enfants, ainsi que les personnes présentant des problèmes respiratoires sont parmi les plus susceptibles d'être incommodés lors d'épisodes de pollution par l'ozone. Bien que des questions demeurent sans réponse concernant les mécanismes sous-jacents, un panel d'experts de l'Académie nationale des sciences des États-Unis a conclu que l'association entre les changements journaliers des concentrations d'ozone et les décès au cours des mois de l'été avait un lien de cause à effet (National Research Council, 2008). Une partie des effets associés à l'ozone peuvent être liés à des contaminants concomitants présents dans le smog estival, comme les aérosols secondaires. Les températures élevées peuvent également amplifier les effets de l'ozone sur la santé (Künzli *et al.*, 2010) (voir encadré 1, p. 3).

3.3.2 Évolution des concentrations moyennes annuelles et respect des valeurs guides

Au début du PSQA, la mesure des concentrations d'ozone était effectuée uniquement en milieu urbain. Elle s'est étendue au milieu rural à partir de 1988. Le réseau est passé de 9 stations en 1975 à 48 en 2009, avec une répartition presque égale entre les milieux urbain et rural (figure 7; tableau 9 en annexe).

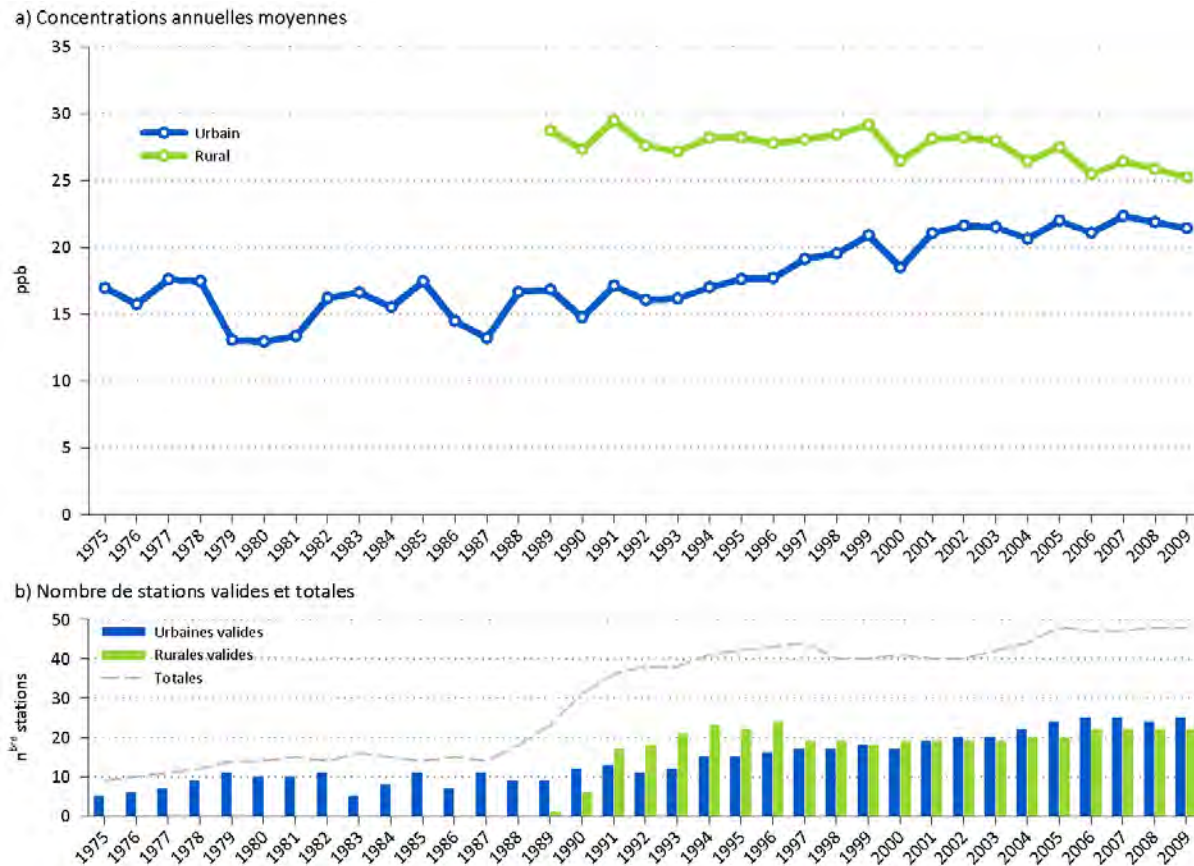


Figure 7 Évolution (a) des concentrations annuelles moyennes et (b) du nombre de stations de mesure de l'ozone, Québec, 1975-2009

En milieu urbain, les concentrations d'ozone troposphérique sont plutôt stables de 1975 à 1987 (figure 7). De 1988 à 2009, on assiste à une augmentation constante des concentrations d'ozone. La situation en milieu rural est différente, on remarque que la concentration moyenne diminue de 1990 à 2009 et cette dernière est plus élevée que la moyenne urbaine.

Respect des valeurs de référence par région sociosanitaire

Le tableau 5 présente, par RSS, le nombre de jours où l'on a observé au moins un dépassement de la norme horaire de 82 ppb du RAA. Ceux-ci sont peu fréquents dans l'ensemble des RSS. Le nombre de dépassements semble légèrement à la baisse depuis 2001. Bien que les concentrations d'ozone en milieu urbain soient à la hausse, elles ne semblent pas avoir eu une influence sur les dépassements de la norme horaire.

Tableau 5 Nombre de jours avec au moins un dépassement de la norme horaire d'ozone (82 ppb) du RAA, par région sociosanitaire, 1995-2009

Région sociosanitaire	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Bas-Saint-Laurent	0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	0
Saguenay-Lac-Saint-Jean	0	2	0	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Capitale-Nationale	5	2	3	4	4	1	5	7	4	1	2	1	3	0	0
Mauricie et Centre-du-Québec	12	5	5	4	12	1	13	10	5	3	6	1	5	0	0
Mauricie	4	5	4	0	12	0	7	5	3	1	4	1	4	0	0
Centre-du-Québec	9	1	5	4	7	1	10	10	5	3	4	1	3	0	0
Estrie	4	1	2	3	2	1	6	4	1	0	1	0	2	0	0
Montréal	11	2	9	7	14	0	16	10	8	1	4	1	6	1	0
Outaouais	2	0	3	4	8	1	9	3	2	1	3	1	1	0	1
Abitibi-Témiscamingue	1	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	2	2	0	0
Chaudière-Appalaches	2	2	3	0	1	0	1	3	0	1	0	1	3	0	0
Laval	2	0	5	4	4	0	8	2	3	0	0	1	1	0	0
Lanaudière	-	5	6	3	6	0	5	4	1	0	4	1	2	0	0
Laurentides	4	1	1	5	2	0	2	2	2	0	1	1	2	1	0
Montérégie	15	3	7	11	12	0	16	7	11	1	5	4	2	0	1

- : Absence de données.

Analyse et interprétation

On constate une nette différence dans l'évolution des concentrations moyennes d'ozone en milieu rural et urbain. La concentration urbaine moyenne est nettement à la hausse depuis le début des années 1990. Elle était en effet à 15 ppb en 1990 et elle atteint en 2009 plus de 20 ppb, soit une augmentation de près de 30 %. Les concentrations en milieu rural montrent au contraire une baisse équivalente d'environ 5 ppb, passant de 30 ppb à 25 ppb de 1990 à 2009.

La hausse des concentrations moyennes d'ozone en milieu urbain reflète la diminution des émissions d'oxydes d'azote et des composés organiques volatils (COV). Comme il a été mentionné précédemment, l'ozone ambiant réagit avec le monoxyde d'azote (NO) présent dans le milieu, d'où résulte une diminution des concentrations d'ozone (voir encadré 3, p. 22). Dans les centres urbains, les concentrations d'ozone sont en augmentation depuis quelques années en raison de la diminution de 27 % des émissions de NO_x du secteur des transports entre 1990 et 2008 (Paradis, 2011).

Dans le domaine de la gestion de la qualité de l'air en milieu urbain, ce phénomène est paradoxal. En effet, bien que les efforts de réduction des émissions de contaminants reliés au transport soient fructueux, ces derniers causent indirectement une augmentation de l'exposition de la population urbaine à l'ozone. C'est en milieu rural que les effets de la baisse des émissions des précurseurs de l'ozone sont apparents.

On remarque une nette diminution du nombre de dépassements de la norme horaire d'ozone depuis 1995. Ainsi, en 2009 il n'y a eu que deux jours pendant lesquels la norme horaire a été dépassée. Il s'agit d'une nette amélioration par rapport à la situation des années 1990. Par ailleurs, cette statistique peut varier d'une année à l'autre en fonction des conditions météorologiques puisque la formation d'ozone est liée étroitement à la température et à l'ensoleillement.

3.4 LE DIOXYDE DE SOUFRE (SO₂)

Le dioxyde de soufre (SO₂) est un gaz incolore qui dégage une odeur âcre. Le soufre est présent dans les matières brutes, comme le pétrole brut, le charbon, et les minerais de métaux communs comme l'aluminium, le cuivre, le zinc, le plomb, et le fer. Les émissions de ce gaz résultent de la combustion de matières fossiles contenant du soufre (charbon, mazout, etc.), de procédés industriels (métallurgie, pâtes et papiers, raffineries de pétrole, etc.) et des systèmes de chauffage (résidentiel, commercial ou industriel) (Ville de Montréal, 2010). La réaction avec l'eau produit de l'acide sulfurique, principal composant des pluies acides (Organisation mondiale de la Santé, 2008).

3.4.1 Principaux effets sur la santé

Le dioxyde de soufre est associé à de nombreuses pathologies respiratoires, souvent en combinaison avec les particules présentes dans l'air ambiant. L'inflammation de l'appareil respiratoire entraîne de la toux, une production de mucus, une exacerbation de l'asthme, des bronchites chroniques et une sensibilisation aux infections respiratoires (Organisation mondiale de la Santé, 2008) (voir encadré 1, p. 3). Selon certaines études, l'augmentation de l'exposition à court terme est associée à la morbidité respiratoire. Des associations entre la concentration ambiante de SO₂ (moyenne 24 heures) et le nombre d'admissions à l'hôpital et le nombre de visites à l'urgence pour des symptômes respiratoires ont été documentées, particulièrement pour les enfants, les personnes âgées (> 65 ans) et celles souffrant d'asthme (United States Environmental Protection Agency, 2008b). Un lien entre l'exposition à court terme au SO₂ et la mortalité prématurée liée à des troubles cardiorespiratoires est également suggéré. En ce qui concerne les effets à long terme d'une exposition au SO₂, les études épidémiologiques ne permettent pas de conclure à un lien causal avec la morbidité respiratoire (United States Environmental Protection Agency, 2008b).

3.4.2 Principales sources d'émissions atmosphériques

En moyenne au Québec, de 1990 à 2008, le dioxyde de soufre est émis à 85 % par les industries (figure 8). Il provient principalement de la réaction du soufre contenu dans les combustibles ou la matière première avec l'oxygène de l'air. En 2008, les principaux émetteurs industriels au Québec sont les alumineries, l'extraction des métaux non ferreux (cuivre et zinc), les pâtes et papiers et les raffineries de pétrole (Paradis, 2011).

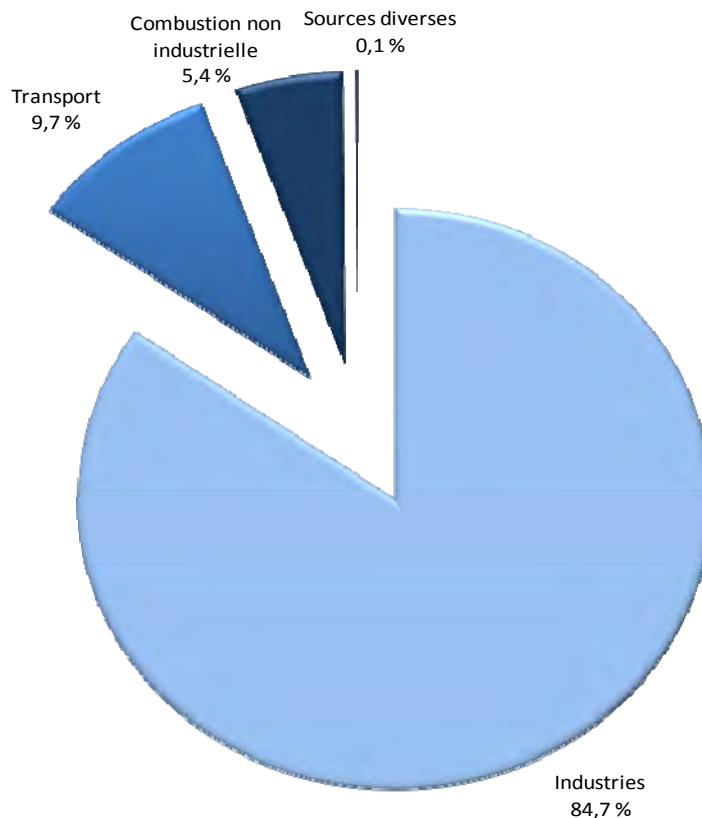


Figure 8 Répartition des émissions atmosphériques de dioxyde de soufre, Québec, 1990-2008

3.4.3 Évolution des concentrations moyennes annuelles et respect des valeurs guides

La surveillance des concentrations de SO_2 dans l'air ambiant se fait à l'échelle locale, à proximité d'installation industrielle émettrice en milieu urbain. Depuis 1975, le nombre de stations de surveillance du SO_2 a diminué de moitié pour atteindre 22 en 2009 (figure 9; tableau 10 en annexe). Les concentrations annuelles moyennes de SO_2 ont connu une diminution constante depuis 1975. L'écart entre le début et la fin de la période de référence représente une baisse de 80 %.

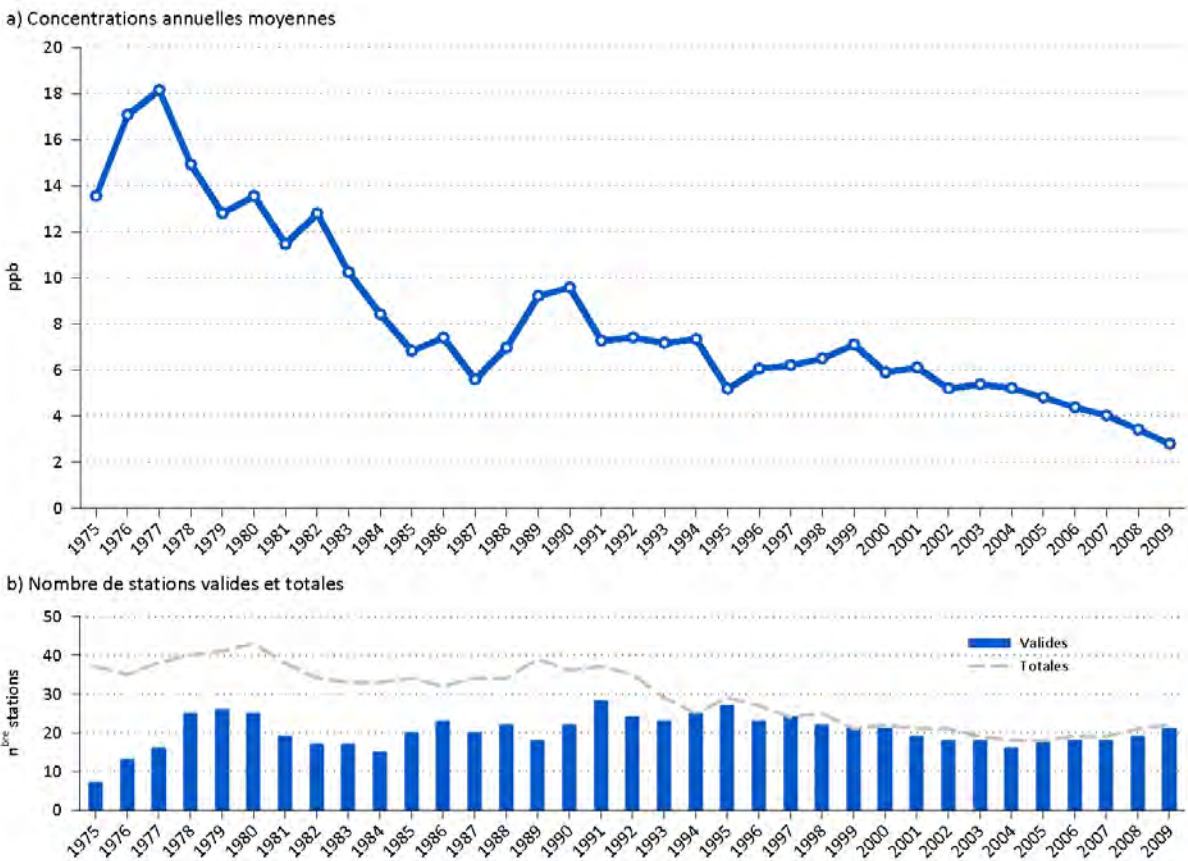


Figure 9 Évolution (a) des concentrations annuelles moyennes et (b) du nombre de stations de mesure de dioxyde de soufre, Québec, 1975-2009

Respect des valeurs de référence par région sociosanitaire

Les dépassements de la norme quotidienne de 110 ppb (RAA) sont peu nombreux et limités aux régions sociosanitaires du Saguenay–Lac-Saint-Jean, de la Mauricie et Centre-du-Québec, de l’Abitibi-Témiscamingue et de la Montérégie. Dans toutes ces régions, on retrouve des sources industrielles d’émissions de SO₂ (tableau 6). Bien que cette statistique soit sur une base régionale, elle est représentative de problématiques locales liées à des sources d’émissions locales. Les seuls dépassements de la norme annuelle de 20 ppb (du RAA) sont observés dans la région sociosanitaire de l’Abitibi-Témiscamingue, en 1996, 1998, 1999 et 2000.

Tableau 6 Nombre de jours avec au moins un dépassement de la norme quotidienne de dioxyde de soufre (110 ppb) du RAA, par région sociosanitaire, 1995-2009

Région sociosanitaire	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Bas-Saint-Laurent	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saguenay-Lac-Saint-Jean	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	1	0
Capitale-Nationale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mauricie et Centre-du-Québec	4	6	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Mauricie	4	6	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Centre-du-Québec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estrie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montréal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Outaouais	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abitibi-Témiscamingue	15	20	6	8	30	12	6	10	9	8	4	3	5	2	2
Chaudière-Appalaches	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laval	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lanaudière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laurentides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montréal	0	0	0	1	0	1	1	0	1	2	0	2	6	2	2

- : Absence de données.

Analyse et interprétation

Les concentrations moyennes de SO₂ dans l'air ambiant sont fortement à la baisse depuis 1975. Elles reflètent l'évolution des émissions qui ont diminué de 58 % entre 1990 et 2008 (Paradis, 2011). Quelques stations de mesure du SO₂ sont situées à proximité de sources d'émissions importantes qui ont de forts impacts locaux. Ces stations présentent des évolutions qui correspondent en partie aux interventions faites sur ces sources pour réduire les émissions, par exemple, à Montréal, la récupération du soufre en provenance des raffineries de pétrole.

Les plus fortes réductions d'émissions ont été obtenues dans l'industrie du cuivre (Paradis, 2011). Ces baisses expliquent une partie de la diminution des dépassements de la norme de 110 ppb observés dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue. En milieu urbain, non influencé directement par des sources d'émissions industrielles importantes, la réduction de la teneur en soufre de carburants explique en partie la diminution des concentrations ambiantes de SO₂ (le SO₂ est présent dans le mazout utilisé pour le chauffage domestique, commercial et industriel et dans le carburant diesel).

3.5 LE MONOXYDE DE CARBONE (CO)

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore et inodore, produit lors d'une mauvaise combustion des combustibles fossiles (bois, butane, charbon, essence, mazout, gaz naturel, pétrole, propane, etc.). Le CO présente des maximums de concentration aux heures où la circulation automobile est la plus importante, soit le matin et en fin d'après-midi (Ville de Montréal, 2010).

3.5.1 Principaux effets sur la santé

Le monoxyde de carbone est un gaz asphyxiant; il se fixe sur l'hémoglobine prenant la place de l'oxygène. Il peut entraîner des troubles respiratoires, cardiaques et peut même être fatal à de fortes doses. Une exposition de courte durée à des concentrations relativement faibles de CO, mais tout de même supérieures aux concentrations normalement retrouvées dans l'air ambiant au Québec, peut occasionner des maux de tête, des étourdissements, des nausées, une aggravation des symptômes cardiaques et une baisse de la performance athlétique. Les personnes souffrant de maladies cardiovasculaires figurent parmi les plus sensibles aux effets du CO. Les effets documentés des expositions au CO à court terme sont une augmentation de la morbidité et de la mortalité cardiovasculaire et respiratoire (United States Environmental Protection Agency, 2010) (voir encadré 1, p. 3).

3.5.2 Principales sources d'émissions atmosphériques

En moyenne de 1990 à 2008, les principales sources de CO au Québec sont le transport (75 %) et les industries (16 %) (figure 10). Les volcans et les incendies de forêt constituent également des sources naturelles d'émissions de CO (Paradis, 2011).

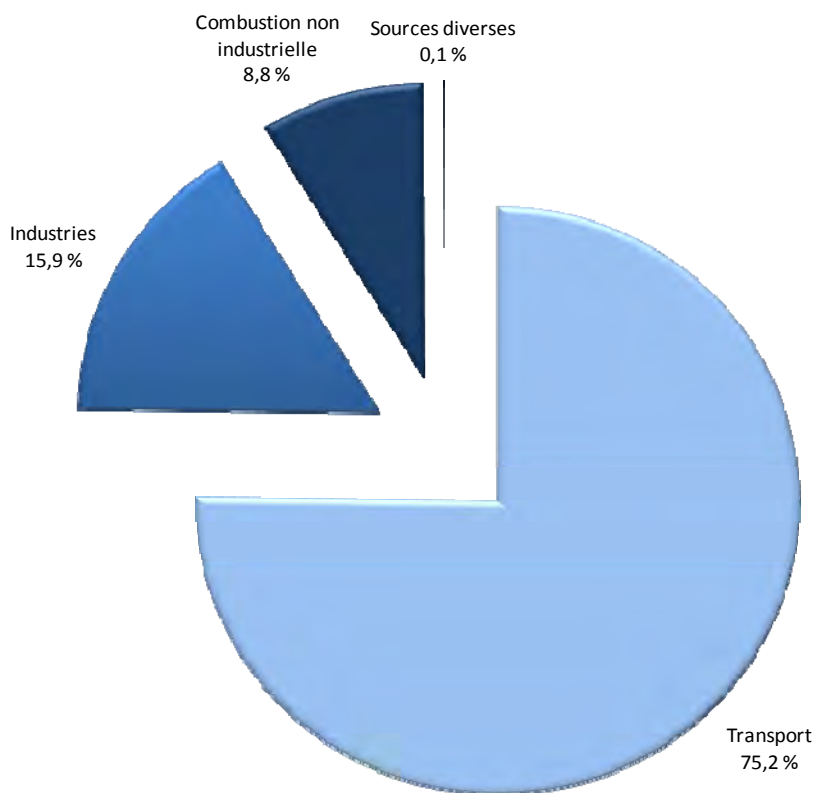


Figure 10 Répartition des émissions atmosphériques de monoxyde de carbone, Québec, 1990-2008

3.5.3 Évolution des concentrations moyennes annuelles et respect des valeurs guides

La surveillance du CO se limite au milieu urbain. De 1975 à 2009, le nombre de stations d'échantillonnage est demeuré stable à près de dix (tableau 11 en annexe). Durant cette période, les concentrations de monoxyde de carbone révèlent une importante diminution de l'ordre de 93 %. La plus forte diminution étant observée de 1975 à 1984. De 1985 à 2009, la diminution est moins importante, quoique constante (figure 11).

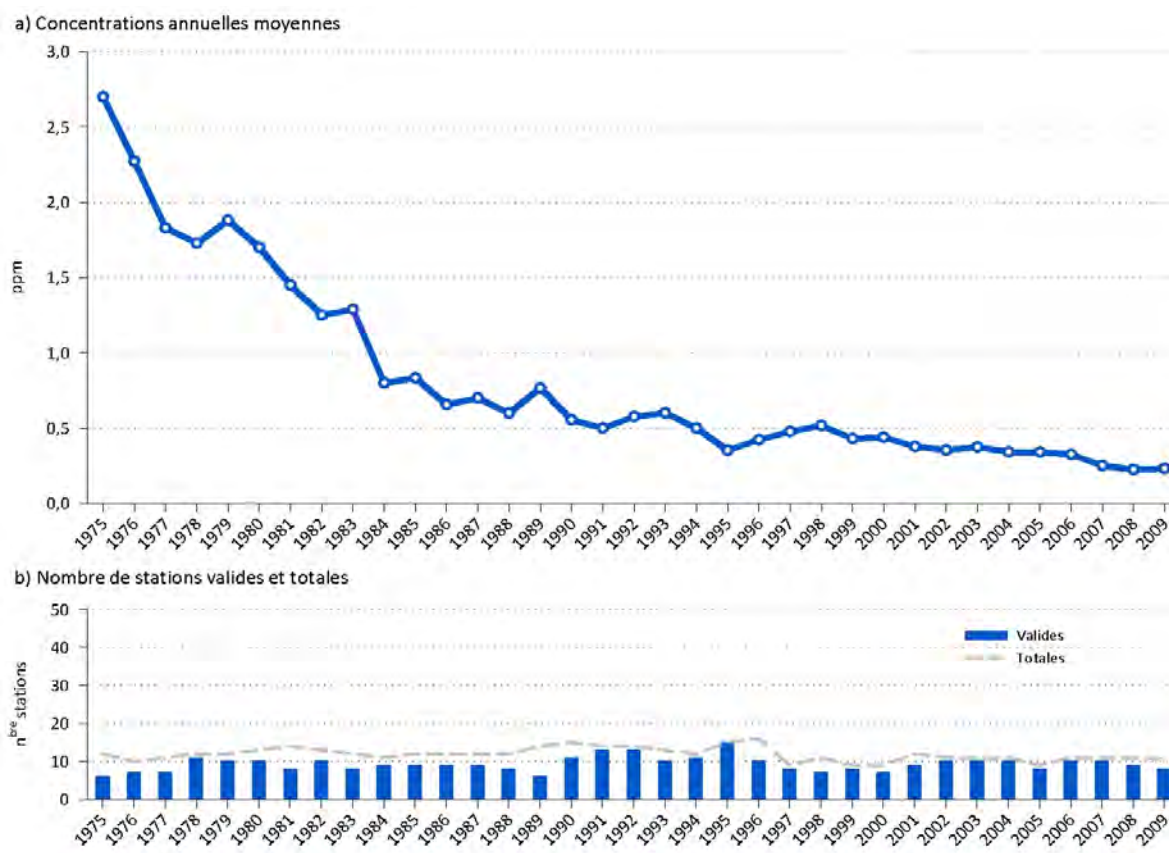


Figure 11 Évolution (a) des concentrations annuelles moyennes et (b) du nombre de stations de mesure de monoxyde de carbone, Québec, 1975-2009

Respect des valeurs de référence par région sociosanitaire

Pendant la période de 1995 à 2009, aucun dépassement de la norme horaire de 30 ppm du RAA n'a été observé.

Analyse et interprétation

La forte baisse des concentrations ambiantes découle en partie de la réduction des émissions du secteur du transport qui ont diminué de 40 % de 1990 à 2008 (Paradis, 2011). Les concentrations ambiantes ont diminué sensiblement dans les mêmes proportions durant cette période.

4 DISCUSSION – CONCLUSION

Les objectifs de ce rapport sont d'améliorer la compréhension globale du phénomène de la pollution atmosphérique au Québec et de faciliter l'analyse et l'interprétation des données de surveillance de la qualité de l'air. Les résultats révèlent qu'à l'échelle provinciale la qualité de l'air ambiant au Québec s'est améliorée depuis 1975. Deux époques se distinguent au regard des tendances temporelles. Premièrement, de 1974 à 1995, on constate une diminution marquée des concentrations moyennes québécoises des oxydes d'azote (NO_x , figure 6), du dioxyde de soufre (SO_2 , figure 9) et du monoxyde de carbone (CO, figure 11). Les particules fines ne sont pas mesurées pendant cette période. Deuxièmement, pendant la période de 1996 à 2009, on assiste à une diminution moins marquée des concentrations de ces contaminants, ainsi que des particules fines ($\text{PM}_{2,5}$, figure 4). L'ozone fait bande à part en ce qui concerne l'analyse des tendances temporelles québécoises (figure 7). En milieu rural, les concentrations d'ozone diminuent légèrement de 1989 à 2009. En milieu urbain, si les concentrations d'ozone sont stables de 1975 à 1989, elles augmentent de manière constante de 1990 à 2009. Cette augmentation pourrait être attribuable à la diminution des émissions d'oxydes d'azote des véhicules moteurs (voir encadré 3, p. 22). Il faut cependant noter que les moyennes québécoises annuelles établies à partir de toutes les stations d'échantillonnage masquent inévitablement des problématiques locales et quotidiennes. Seule une analyse des moyennes quotidiennes, station par station, à l'échelle régionale serait de nature à bonifier ce bilan.

Différents facteurs ont contribué à l'amélioration de la qualité de l'air ambiant au fil du temps. Ils vont de pair avec la réduction des émissions atmosphériques de $\text{PM}_{2,5}$, NO_x , SO_2 et CO au Québec. Les actions gouvernementales visant la réduction des émissions atmosphériques déjà mises en place et celles à venir devraient contribuer à la poursuite de la réduction de la pollution de l'air au Québec.

L'impact de la pollution de l'air sur la santé différencie les effets des expositions à court terme et à long terme. Les effets sanitaires de la pollution atmosphérique sont majoritairement attribuables à l'exposition à long terme. D'un point de vue de santé publique, la diminution des concentrations moyennes journalières des contaminants atmosphériques est donc particulièrement souhaitable. De plus, comme la relation entre l'exposition à certains contaminants atmosphériques et les effets sanitaires sont sans seuil d'innocuité, toute réduction des concentrations de contaminants serait bénéfique pour la santé publique.

L'amélioration de la qualité de l'air implique diverses actions, autant collectives qu'individuelles. Le Gouvernement du Québec (Gouvernement du Québec, 2009) de même que certaines municipalités, dont la ville de Montréal, ont adopté des règlements afin de limiter les émissions du chauffage au bois. En effet, le chauffage au bois représente la plus importante source d'émissions de particules fines au Québec⁵ et est à l'origine des épisodes de smog hivernal. Sur le plan individuel, des actions visant la réduction de la pollution de l'air sont possibles; l'utilisation du transport en commun et la valorisation du transport actif constituent des exemples concrets susceptibles de diminuer la consommation des combustibles fossiles.

⁵ <http://www.mddep.gouv.qc.ca/air/chauf-bois/bois-fr.pdf>.

L'analyse des dépassements des valeurs de référence pour la période de 1995 à 2009 indique que les dépassements sont peu fréquents et sont le reflet de l'amélioration de la qualité de l'air. Rappelons, d'une part, que les quelques contaminants qui font l'objet de la surveillance ne sont que des indicateurs du mélange des contaminants dans l'air ambiant. Les impacts sur la santé résultent de l'exposition à un mélange de multiples substances qui est très difficile à caractériser. D'autre part, le réseau ne permet pas de mesurer les contaminants dans toutes les communautés. Ainsi, compte tenu du nombre limité de stations de mesure dans certaines régions, il est fort probable que ces statistiques sous-estiment l'importance des dégradations locales passagères de la qualité de l'air. D'un point de vue de santé publique, l'amélioration et la consolidation du réseau de surveillance de la qualité de l'air devraient être envisagées, dans la mesure du possible, en considérant les besoins des directions de santé publique. La contribution des différentes sources d'information relativement à la détermination de la qualité de l'air pourrait également être valorisée (modélisation, données recueillies par un tiers, etc.).

Les dépassements des valeurs de référence pour les particules fines ($PM_{2,5}$) et le dioxyde de soufre (SO_2), dans les agglomérations urbaines, ainsi qu'à proximité des sources d'émissions industrielles, sont encore fréquents. Ces dégradations locales passagères de la qualité de l'air représentent potentiellement un impact sur la qualité de vie, de même que sur la santé des populations qui résident à proximité des sources d'émissions atmosphériques. Ces dépassements représentent des risques non négligeables pour les populations les plus vulnérables, comme les enfants, les asthmatiques et les personnes âgées (Smargiassi *et al.*, 2009; Smargiassi *et al.*, 2006). Ces dégradations locales de la qualité de l'air devraient d'être atténuées.

Le rapport a atteint ses deux objectifs, soit de faciliter l'interprétation des données relatives à la qualité de l'air de même que la compréhension globale des principaux effets des contaminants sur la santé. Il devrait donc constituer un outil important à l'intention des directions de santé publique pour documenter les problématiques locales et régionales, telles que le respect des valeurs de référence de la qualité de l'air et l'évolution temporelle des concentrations des contaminants de l'air ambiant.

RÉFÉRENCES

- Bouchard, M., Smargiassi, A. (2007). *Estimation des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique au Québec : essai d'utilisation du Air Quality Benefits Assessment Tool (AQBAT)*, Institut national de santé publique du Québec, 59 p.
- Couture, Y. (2008). *Guide d'estimation de la concentration de dioxyde d'azote (NO₂) dans l'air ambiant lors de l'application des modèles de dispersion atmosphérique*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec, 7 p.
- Gérin, M., Gosselin, P., Cordier, S., Viau, C., Quénel, P., Dewailly, E. (2003). *Environnement et santé publique - Fondements et pratiques*. Éditions Tec & Doc et Édisem, Paris, Saint-Hyacinthe, 1023 p.
- Giles, L. V., Barn, P., Kunzli, N., Romieu, I., Mittleman, M. A., van, E. S., Allen, R., Carlsten, C., Stieb, D., Noonan, C., Smargiassi, A., Kaufman, J. D., Hajat, S., Kosatsky, T., Brauer, M. (2011). From good intentions to proven interventions: effectiveness of actions to reduce the health impacts of air pollution, *Environ Health Perspect.*, vol. 119, n° 1, p. 29-36.
- Gouvernement du Québec (2009), Règlement sur les appareils de chauffage au bois, Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2, a. 31, 109.1, 124.0.1 et 124.1).
- HEI Panel on the Health Effects of Traffic-Related Air Pollution (2010). *Traffic-Related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects*, Health Effects Institute, Boston, MA, Special report 17, 386 p.
- Künzli, N., Perez, L., Rapp, R. (2010). *Qualité de l'air et santé*, European Respiratory Society, Swiss Tropical and Public Health Institute, Switzerland, 68 p.
- Ministère de la Santé et des Services sociaux (2003a). *Plan commun de surveillance de l'état de santé de la population et de ses déterminants 2004-2007*, 599 p.
- Ministère de la Santé et des Services sociaux (2003b). *Programme national de santé publique 2003 - 2012*, Direction générale de la santé publique, Québec, 133 p.
- Ministère de la Santé et des Services sociaux (2008). *Programme national de santé publique 2003 - 2012, Mise à jour 2008*, Direction générale de la santé publique, Québec, 103 p.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2010). Le programme de surveillance de la qualité de l'air. Accessible au : http://www.mddep.gouv.qc.ca/air/programme_surveillance/index.htm. Consulté le 19 août 2010.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2011a). Déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère. Accessible au : http://www.mddep.gouv.qc.ca/air/declar_contaminants/index.htm. Consulté le 25 octobre 2011.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Gouvernement du Québec (2011b), Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère : Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c.Q-2, a. 31 par. a, b, c, d, e, h, h.2, i, a. 53 par. a, b, c, d, e, a. 109.1, a. 124.0.1 et a. 124.1, c. Q-2, r. 15).

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Gouvernement du Québec (2011c), Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère, Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2, a. 2.2, 109.1 et 124.1, c. Q-2, r. 15).

National Research Council (2008). *Estimating mortality risk reduction and economic benefits from controlling ozone air pollution*, Committee on estimating mortality risk reduction benefits from decreasing tropospheric ozone exposure, National Research Council, National Academy Press, Washington DC, 226 p.

Organisation mondiale de la Santé (2006). *Air quality guidelines, Global update 2005, Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. Seconde édition, Copenhague, 484 p.

Organisation mondiale de la Santé (2008). Santé et qualité de l'air. Accessible au : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/fr/index.html>. Consulté le 2 août 2011.

Paradis, J. (2011). *Inventaire des émissions des principaux contaminants atmosphériques au Québec en 2008 et évolution depuis 1990*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 29 p.

Smargiassi, A., Berrada, K., Fortier, I., Kosatsky, T. (2006). Traffic intensity, dwelling value, and hospital admissions for respiratory disease among the elderly in Montreal (Canada): a case-control analysis, *J Epidemiol Community Health.*, vol. 60, n° 6, p. 507-512.

Smargiassi, A., Kosatsky, T., Hicks, J., Plante, C., Armstrong, B., Villeneuve, P. J., Goudreau, S. (2009). Risk of asthmatic episodes in children exposed to sulfur dioxide stack emissions from a refinery point source in Montreal, Canada, *Environ Health Perspect.*, vol. 117, n° 4, p. 653-659.

United States Environmental Protection Agency (2006). *Air Quality Criteria for Ozone and Related Photochemical Oxidants (2006 Final)*, Washington, DC, EPA/600/R-05/004aF-cF.

United States Environmental Protection Agency (2008a). *Assessment for Oxides of Nitrogen – Health Criteria (Final Report)*, Washington, DC, EPA/600/R-08/071.

United States Environmental Protection Agency (2008b). *Integrated Science Assessment (ISA) for Sulfur Oxides – Health Criteria (Final Report)*, Washington, DC, EPA/600/R-08/047F.

United States Environmental Protection Agency (2009). *Integrated Science Assessment for Particulate Matter (Final Report)*, Washington, DC, EPA/600/R-08/139F.

United States Environmental Protection Agency (2010). *Integrated Science Assessment for Carbon Monoxide (Final Report)*, Washington, DC, EPA/600/R-09/019F.

Ville de Montréal (2010). L'environnement à Montréal. Accessible au :
http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=916,1606999&_dad=portal&_schema=PORTAL. Consulté le 16 septembre 2010.

ANNEXE
TABLEAUX 7 À 11

Tableau 7 Nombre de stations de mesure des particules fines (PM_{2,5}), par région sociosanitaire, 1997 à 2009

Région sociosanitaire	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Bas-Saint-Laurent	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1
Saguenay-Lac-Saint-Jean	-	-	-	-	-	1	2	2	2	2	2	2	2
Capitale-Nationale	-	1	1	1	1	1	3	4	5	5	5	6	6
Mauricie et Centre-du-Québec	2	2	2	2	2	4	6	7	8	9	9	9	9
Mauricie	2	2	2	2	2	3	4	4	4	5	5	5	5
Centre-du-Québec	-	-	-	-	-	1	2	3	4	4	4	4	4
Etrie	-	-	-	-	-	-	2	3	3	3	3	3	3
Montréal	2	3	3	4	7	8	7	8	8	8	9	10	10
Outaouais	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2
Abitibi-Témiscamingue	-	-	-	-	-	-	1	1	3	3	3	3	3
Chaudière-Appalaches	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2
Laval	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1
Lanaudière	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Laurentides	-	-	-	-	-	-	1	1	2	2	2	2	2
Montérégie	-	1	1	2	2	2	4	5	5	5	5	5	5
Total	4	7	7	10	13	17	32	37	43	44	45	47	47

- : Aucune station.

Tableau 8 Nombre de stations de mesure des oxydes d'azotes (NO_x), par région sociosanitaire, 1995 à 2009

Région sociosanitaire	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Bas-Saint-Laurent	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saguenay-Lac-Saint-Jean	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capitale-Nationale	2	2	2	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	3
Mauricie et Centre-du-Québec	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mauricie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centre-du-Québec	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Etrie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montréal	8	9	9	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	11	10
Outaouais	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Abitibi-Témiscamingue	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chaudière-Appalaches	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laval	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lanaudière	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laurentides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montérégie	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3
Total	20	21	20	21	19	19	19	18	16	16	16	16	16	18	19

- : Aucune station.

Tableau 9 Nombre de stations de mesure de l'ozone (O₃), par région sociosanitaire, 1995 à 2009

Région sociosanitaire	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Bas-Saint-Laurent	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1
Saguenay-Lac-Saint-Jean	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Capitale-Nationale	6	6	6	7	5	6	6	6	6	7	8	7	7	8	8
Mauricie et Centre-du-Québec	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Mauricie	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Centre-du-Québec	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Estrie	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Montréal	9	9	10	11	11	12	11	10	10	10	10	10	10	11	10
Outaouais	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Abitibi-Témiscamingue	1	1	1	-	-	-	-	-	1	1	3	3	3	3	3
Chaudière-Appalaches	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Laval	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lanaudière	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Laurentides	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Montérégie	6	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Total	42	43	44	40	40	41	40	40	42	44	48	47	47	49	48

- : Aucune station.

Tableau 10 Nombre de stations de mesure du dioxyde de soufre (SO₂), par région sociosanitaire, 1995 à 2009

Région sociosanitaire	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Bas-Saint-Laurent	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saguenay-Lac-Saint-Jean	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Capitale-Nationale	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Mauricie et Centre-du-Québec	6	6	6	6	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
Mauricie	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Centre-du-Québec	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estrie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montréal	8	6	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	4	5
Outaouais	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Abitibi-Témiscamingue	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3
Chaudière-Appalaches	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Laval	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lanaudière	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laurentides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montérégie	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
Total	29	27	24	25	21	22	21	21	19	18	18	19	19	21	22

- : Aucune station.

Tableau 11 Nombre de stations de mesure du monoxyde de carbone (CO), par région sociosanitaire, 1995 à 2009

Région sociosanitaire	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Bas-Saint-Laurent	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saguenay-Lac-Saint-Jean	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capitale-Nationale	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mauricie et Centre-du-Québec	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Mauricie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centre-du-Québec	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Estrie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montréal	8	8	5	6	6	6	7	6	6	6	5	6	6	5	5
Outaouais	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Abitibi-Témiscamingue	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chaudière-Appalaches	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laval	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lanaudière	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-	1	1	1	1
Laurentides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montérégie	1	1	1	1	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	15	16	9	11	9	9	12	11	11	11	9	11	11	11	11

- : Aucune station.



EXPERTISE
CONSEIL



INFORMATION



FORMATION

www.inspq.qc.ca



RECHERCHE
ÉVALUATION
ET INNOVATION



COLLABORATION
INTERNATIONALE



LABORATOIRES
ET DÉPISTAGE

Institut national
de santé publique

Québec

