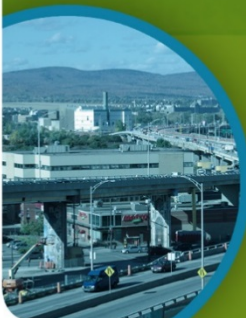


Mon environnement
MA SANTÉ

Bilan initial de la qualité de l'air extérieur et ses effets sur la santé.

DIRECTION DE SANTÉ PUBLIQUE
Centre intégré universitaire de santé et
de services sociaux de la Capitale-Nationale

Février 2019



LIMOULOU • VANIER • BASSE-VILLE

Québec 

Ce document est une réalisation de la Direction de santé publique du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale.

Coordination

Sous la coordination du D^{re} Isabelle Goupil-Sormany, M.D., FRCPC, adjointe médicale au directeur de santé publique et à la coordination de l'équipe Santé et environnement et du D^r François Desbiens, M.D., MPH, FRCPC, directeur de santé publique.

Rédaction

D^{re} Caroline Huot, M.D., M. Sc., FRCPC, médecin

M^{me} Daria Pereg, Ph. D., agente de planification, programmation et de recherche

M. Joël Riffon, M. Sc., agent de planification, programmation et de recherche

M. Pierre Walsh, Ph. D., agent de planification, programmation et de recherche

Remerciements

Dre Marie-Claude Messely, M.D., M. Sc., FRCPC, médecin

Membres du Comité scientifique du projet

Membres du Comité-conseil du projet

M^{me} Marjolaine Dubé, statisticienne, Institut national de santé publique du Québec

Mme Nadine Allain Boulé, M. Sc., MBA, agente de planification, programmation et de recherche

Révision linguistique et édition

Mesdames Lina Bergeron et Marie-Andrée Gagnon

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web du CIUSSS de la Capitale-Nationale au : www.ciusss-capitalenationale.gouv.qc.ca

La reproduction de ce document est permise, à condition d'en mentionner la source.

Dépôt légal : 2018

Bibliothèques et Archives nationales du Québec.

ISBN : 978-2-550-82980-5 (PDF)

Cette publication a été versée dans la banque SANTÉCOM.

Référence suggérée :

Direction de santé publique. Projet « Mon environnement, ma santé » : volet de la qualité de l'air extérieur. Bilan initial de la qualité de l'air extérieur et ses effets sur la santé. Québec : Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale, 2018, 96 p.

© Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale, 2018.

Sommaire

Il existe des différences entre l'état de santé des populations des territoires des Centres locaux de services communautaires (CLSC) de Limoilou-Vanier et de la Basse-Ville (LVBV) et celui du reste de la population de la région de la Capitale-Nationale. Il y a également présence de plusieurs facteurs de risque environnementaux et socioéconomiques pour la santé dans les territoires LVBV. Afin d'agir sur ce cumul de problèmes et ces inégalités de santé possiblement liées à l'environnement de façon globale et concertée dans ces territoires, le projet « Mon environnement, ma santé » a été développé par la Direction de santé publique du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale. Les citoyens de ces territoires se mobilisent depuis quelques décennies en lien avec la qualité de l'air. Étant donné ce contexte et parce qu'il s'agit d'un déterminant majeur de la santé, le premier volet de ce projet, financé par la Ville de Québec, portera sur la qualité de l'air extérieur (QAE).

Ce document s'adresse à la population, aux collaborateurs et aux décideurs. Il dresse un bilan de la qualité de l'air extérieur des dernières années dans la région de la Capitale-Nationale et particulièrement dans les deux territoires de CLSC visés, à partir des données disponibles. Il permet de comprendre les effets sur la santé des principaux contaminants de la QAE et il contribue à prioriser les problèmes qui seront évalués dans le volet QAE.

Les contaminants de l'air extérieur qui sont traités dans ce bilan sont les particules, les oxydes d'azotes, le dioxyde de soufre, l'ozone, le monoxyde de carbone, certains métaux, les composés organiques volatils, les dioxines/furanes, les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les biphényles polychlorés. Ils ont de nombreux effets diversifiés sur la santé.

Les données du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec ont été exploitées pour dresser le bilan des concentrations de ces contaminants dans l'air de la région pour la période 2007 à 2017. La résultante est un bilan nuancé, avec des améliorations à certains égards mais des préoccupations qui persistent, dans un contexte d'inégalités de santé possiblement liées à l'environnement et le cumul de risque. L'attention doit être portée sur les concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$, les journées de dépassement des valeurs de référence pour les particules et O_3 , la moins bonne qualité de l'air à la station Vieux-Limoilou et la présence de certains cancérigènes reconnus. Ce document présente les effets sur la santé ainsi que les sources connues de ces contaminants et quelques pistes de réflexion pour l'élaboration de futures recommandations visant à réduire les émissions. Les limites de ce bilan ainsi que des propositions pour le bonifier dans les productions futures du projet sont énoncées.

Table des matières

SOMMAIRE	3
TABLE DES MATIERES	4
TABLE DES FIGURES	6
TABLE DES TABLEAUX	8
ABRÉVIATIONS, ACRONYMES, SIGLES ET SYMBOLES	10
INTRODUCTION	11
1 MÉTHODOLOGIE	13
1.1 SOURCE DES DONNÉES	13
1.2 TRAITEMENT DES DONNÉES	18
1.2.1 <i>Évolution des concentrations moyennes annuelles</i>	18
1.2.2 <i>Respect des valeurs de référence</i>	19
2 RÉSULTATS	24
3 PARTICULES	25
3.1.1 <i>Principaux effets sur la santé</i>	25
3.1.2 <i>Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence</i>	27
3.2 OXYDES D'AZOTE	34
3.2.1 <i>Principaux effets sur la santé</i>	34
3.2.2 <i>Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence</i>	35
3.3 OZONE	35
3.3.1 <i>Principaux effets sur la santé</i>	36
3.3.2 <i>Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence</i>	36
3.4 DIOXYDE DE SOUFRE	41
3.4.1 <i>Principaux effets sur la santé</i>	41
3.4.2 <i>Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence</i>	41
3.5 MONOXYDE DE CARBONE	42
3.5.1 <i>Principaux effets sur la santé</i>	42
3.5.2 <i>Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence</i>	42
3.6 MÉTAUX	43
3.6.1 <i>Antimoine</i>	43
3.6.2 <i>Arsenic</i>	44
3.6.3 <i>Cadmium</i>	46
3.6.4 <i>Cobalt</i>	47
3.6.5 <i>Manganèse</i>	48
3.6.6 <i>Nickel</i>	49
3.6.7 <i>Plomb</i>	52
3.7 COMPOSÉS ORGANIQUES	53
3.7.1 <i>Composés organiques volatils</i>	53
3.7.2 <i>Dioxines et furanes</i>	55
3.7.3 <i>Hydrocarbures aromatiques polycycliques</i>	56
3.7.4 <i>Biphényles polychlorés</i>	58

4 DISCUSSION	59
4.1 SYNTHÈSE DES CONCENTRATIONS MESURÉES ET RESPECT DES VALEURS DE RÉFÉRENCE	59
4.2 PROBLÈMES DE QAE PRIORITAIRES	61
4.2.1 <i>Les concentrations moyennes de PM_{2,5}</i>	61
4.2.2 <i>Les dépassements des valeurs de référence de courte durée pour les particules et l'O₃</i>	62
4.2.3 <i>La qualité de l'air à la station Vieux-Limoilou</i>	62
4.2.4 <i>La détection de substances cancérigènes, de contaminants à toxicité élevée et de substances sans seuil considéré sécuritaire pour la santé</i>	62
4.3 RÉSUMÉ DES PRINCIPALES SOURCES D'ÉMISSIONS	63
4.4 LIMITES ET QUESTIONS EN SUSPEND	67
4.5 PISTES DE RÉFLEXION POUR L'ÉLABORATION DE FUTURES RECOMMANDATIONS	68
5 RÉFÉRENCES	69
ANNEXE 1 - DESCRIPTION DE LA LOCALISATION DES STATIONS RÉGIONALES DU RSQAQ	76
ANNEXE 2 - REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES DES RÉSULTATS DE L'ÉCHANTILLONNAGE FAIT AVEC L'APPAREIL DICHOT, 2007 À 2015, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATION VIEUX-LIMOILOU	77
ANNEXE 3 - GÉNÉRALITÉS SUR LES VALEURS DE RÉFÉRENCE	80
ANNEXE 4 - PRINCIPALES SOURCES D'EXPOSITION AUX CONTAMINANTS ATMOSPHÉRIQUES	82
<i>Particules</i>	82
<i>Oxydes d'azote</i>	82
<i>Dioxyde de soufre</i>	82
<i>Monoxyde de carbone</i>	82
<i>Métaux</i>	83
<i>Composés organiques</i>	84
ANNEXE 5 - PARTICULES : TAILLE ET COMPOSITION CHIMIQUE	86
ANNEXE 6 - DONNÉES HISTORIQUES SUR LES PARTICULES	88
LES PARTICULES EN SUSPENSION TOTALES	88
<i>La qualité de l'air ambiant à Québec entre 1994 et 2003</i>	88
<i>La qualité de l'air à Québec, de 1994 à 2008</i>	89
<i>Portrait de la qualité de l'air de la région de la Capitale Nationale</i>	90
PM ₁₀ ET PM _{2,5} : MESURES SÉQUENTIELLES	92
PM _{2,5} : MESURES EN CONTINU	92

Table des figures

FIG. 1 - LOCALISATION DE LA RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, DE LA VILLE DE QUÉBEC ET DES TERRITOIRES DE CLSC À L'ÉTUDE PAR LE PROJET MEMS -----	12
FIG. 2 - LOCALISATION DES STATIONS ACTIVES DU RÉSEAU DE SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DU QUÉBEC, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, PÉRIODE À L'ÉTUDE 2007 À 2017. ZOOM SUR LES STATIONS DE LA VILLE DE QUÉBEC -----	14
FIG. 3 - DÉPÔT DES PARTICULES DANS LES VOIES RESPIRATOIRES SELON LEUR TAILLE -----	26
FIG. 4 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE PST, 2007 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, DE L'ÉGLISE, BIBLIOTHÈQUE MONIQUE-CORRIVEAU ET PARC VICTORIN-BEAUCAGE -----	28
FIG. 5 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE PM ₁₀ , 2007 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATION VIEUX-LIMOILOU -----	30
FIG. 6 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE PM _{2,5} , 2010 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, ST-CHARLES GARNIER, ÉCOLE LES PRIMEVÈRES ET DESCHAMBAULT -----	32
FIG. 7 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE NO ₂ , 2007 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, ST-CHARLES GARNIER ET ÉCOLE LES PRIMEVÈRES -----	35
FIG. 8 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES D'O ₃ , 2007 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS DESCHAMBAULT, SAINT-FRANÇOIS-DE-L'ÎLE-D'ORLÉANS, SAINTE-CATHERINE-DE-LA-JACQUES-CARTIER, VIEUX-LIMOILOU, ST-CHARLES GARNIER ET ÉCOLE LES PRIMEVÈRES -----	37
FIG. 9 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE SO ₂ , 2007 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATION VIEUX-LIMOILOU -----	42
FIG. 10 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE CO, 2007 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATION VIEUX-LIMOILOU -----	43
FIG. 11 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES D'ANTIMOINE DANS LES PST ET LES PM ₁₀ , 2010 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, BIBLIOTHÈQUE MONIQUE-CORRIVEAU, PARC VICTORIN-BEAUCAGE ET DE L'ÉGLISE -----	44
FIG. 12 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES D'ARSENIC DANS LES PST ET LES PM ₁₀ , 2010 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, BIBLIOTHÈQUE MONIQUE-CORRIVEAU, PARC VICTORIN-BEAUCAGE ET DE L'ÉGLISE -----	45
FIG. 13 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE CADMIUM DANS LES PST ET LES PM ₁₀ , 2010 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, BIBLIOTHÈQUE MONIQUE-CORRIVEAU, PARC VICTORIN-BEAUCAGE ET DE L'ÉGLISE -----	47
FIG. 14 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE COBALT DANS LES PST ET LES PM ₁₀ , 2010 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, BIBLIOTHÈQUE MONIQUE-CORRIVEAU, PARC VICTORIN-BEAUCAGE ET DE L'ÉGLISE -----	48
FIG. 15 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE MANGANÈSE DANS LES PST ET LES PM ₁₀ , 2010 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, BIBLIOTHÈQUE MONIQUE-CORRIVEAU, PARC VICTORIN-BEAUCAGE ET DE L'ÉGLISE -----	49
FIG. 16 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE NICKEL DANS LES PST ET LES PM ₁₀ , 2010 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, PARC VICTORIN-BEAUCAGE ET DE L'ÉGLISE -----	50

FIG. 17 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE PLOMB DANS LES PST ET LES PM ₁₀ , 2010 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, BIBLIOTHÈQUE MONIQUE-CORRIVEAU, PARC VICTORIN-BEAUCAGE ET DE L'ÉGLISE	53
FIG. 18 - ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE PST À CERTAINES STATIONS DE LA VILLE DE QUÉBEC, 1975 À 2015	60
FIG. 19 A À E - QUANTITÉ D'ÉMISSIONS DE DIFFÉRENTS CONTAMINANTS PAR LES TRANSPORTS, L'INDUSTRIE ET LE CHAUFFAGE AU BOIS, 2004 À 2016 (2014 POUR L'INDUSTRIE), PROVINCE DE QUÉBEC	66
FIG. 20 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE PM ₁₀ MESURÉES AU DICHOT, 2007 À 2015, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATION VIEUX-LIMOILOU	77
FIG. 21 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE PM _{2,5} MESURÉES AU DICHOT, 2007 À 2015, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATION VIEUX-LIMOILOU	77
FIG. 22 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE MANGANÈSE DANS LES PM ₁₀ ET LES PM _{2,5} MESURÉES AU DICHOT, 2007 À 2015, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATION VIEUX-LIMOILOU	78
FIG. 23 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE NICKEL DANS LES PM ₁₀ ET LES PM _{2,5} MESURÉES AU DICHOT, 2007 À 2015, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATION VIEUX-LIMOILOU	79
FIG. 24 - DIAMÈTRE DES DIFFÉRENTS TYPES DE PARTICULES DANS L'AIR AMBIANT	86
FIG. 25 - COMPOSITION DES PM _{2,5} AU CANADA	87
FIG. 26 - STATIONS DE MESURES UTILISÉES PAR LE MELCC POUR SON BILAN 1994-2003	88
FIG. 27 - ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE PST À CINQ STATIONS DE LA RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, 1994 À 2000	89
FIG. 28 - ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE PST À TROIS STATIONS DE LA RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, 1994 À 2008	90
FIG. 29 - ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE PST À CERTAINES STATIONS DE LA VILLE DE QUÉBEC, 1975 À 2015	91
FIG. 30 - ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE PM _{2,5} , DE PM _{10-2,5} ET DE PM ₁₀ À LA STATION VIEUX-LIMOILOU	92
FIG. 31 - CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DE PM _{2,5} SELON LA FORME STATISTIQUE DE LA NCQAA, 2013 À 2015, PROVINCE DE QUÉBEC	93
FIG. 32 - CONCENTRATIONS MAXIMALES SUR 24 HEURES DE PM _{2,5} SELON LA FORME STATISTIQUE DE LA NCQAA (MOYENNE DES 98 ^e CENTILES DES DISTRIBUTIONS), 2013 À 2015, PROVINCE DE QUÉBEC	95

Table des tableaux

TABLEAU 1 : STATIONS ET PARAMÈTRES MESURÉS DANS LE RÉSEAU DE SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DU QUÉBEC, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, PÉRIODE À L'ÉTUDE 2007 À 2017 -----	17
TABLEAU 2 : VALEURS DE RÉFÉRENCE POUR LES CONTAMINANTS MESURÉS EN CONTINU DANS L'AIR EXTÉRIEUR -----	21
TABLEAU 3 : VALEURS DE RÉFÉRENCE POUR LES MÉTAUX SÉLECTIONNÉS -----	22
TABLEAU 4 : VALEURS DE RÉFÉRENCE POUR LES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS-----	23
TABLEAU 5 : VALEURS DE RÉFÉRENCE POUR LES DIOXINES/FURANES ET LES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES-----	23
TABLEAU 6 : PROPORTION ET POURCENTAGE (%) DE JOURS AVEC ÉCHANTILLONNAGE PAR ANNÉE OÙ IL Y A EU UN DÉPASSEMENT DE LA NORME QUOTIDIENNE DU RÈGLEMENT SUR L'ASSAINISSEMENT DE L'ATMOSPHÈRE POUR LES PST, 2007 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, PARC VICTORIN-BEAUCAGE, DE L'ÉGLISE ET BIBLIOTHÈQUE MONIQUE-CORRIVEAU -----	29
TABLEAU 7 : PROPORTION ET POURCENTAGE (%) DE JOURS AVEC ÉCHANTILLONNAGE PAR ANNÉE OÙ IL Y A EU UN DÉPASSEMENT DE LA LIGNE DIRECTRICE QUOTIDIENNE DE L'OMS POUR LES PM ₁₀ , 2007 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATION VIEUX-LIMOILOU -----	31
TABLEAU 8 : PROPORTION ET POURCENTAGE (%) DE JOURS AVEC ÉCHANTILLONNAGE PAR ANNÉE OÙ IL Y A EU UN DÉPASSEMENT DE LA LIGNE DIRECTRICE QUOTIDIENNE DE L'OMS POUR LES PM _{2,5} , 2010 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, ST-CHARLES GARNIER, ÉCOLE LES PRIMEVÈRES ET DESCHAMBAULT -----	33
TABLEAU 9 : PROPORTION ET POURCENTAGE (%) DE JOURS AVEC ÉCHANTILLONNAGE PAR ANNÉE OÙ IL Y A EU UN DÉPASSEMENT DE LA NORME QUOTIDIENNE DU RÈGLEMENT SUR L'ASSAINISSEMENT DE L'ATMOSPHÈRE POUR LES PM _{2,5} 2010 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, ST-CHARLES GARNIER, ÉCOLE LES PRIMEVÈRES ET DESCHAMBAULT -----	34
TABLEAU 10 : PROPORTION ET POURCENTAGE (%) DE JOURS AVEC ÉCHANTILLONNAGE PAR ANNÉE OÙ IL Y A EU UN DÉPASSEMENT DE LA NORME HORAIRE DU RÈGLEMENT SUR L'ASSAINISSEMENT DE L'ATMOSPHÈRE POUR L'O ₃ , 2007 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS DESCHAMBAULT, STE-CATHERINE-DE-LA-JACQUES-CARTIER ET ST-FRANÇOIS-DE-L'ÎLE-D'ORLÉANS -----	38
TABLEAU 11 : PROPORTION ET POURCENTAGE (%) DE JOURS AVEC ÉCHANTILLONNAGE PAR ANNÉE OÙ IL Y A EU UN DÉPASSEMENT DE LA NORME HORAIRE DU RÈGLEMENT SUR L'ASSAINISSEMENT DE L'ATMOSPHÈRE POUR L'O ₃ , 2007 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, ST-CHARLES GARNIER ET ÉCOLE LES PRIMEVÈRES -----	39
TABLEAU 12 : PROPORTION ET POURCENTAGE (%) DE JOURS AVEC ÉCHANTILLONNAGE PAR ANNÉE OÙ IL Y A EU UN DÉPASSEMENT DE LA NORME 8 HEURES DU RAA POUR L'O ₃ , 2007 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS DESCHAMBAULT, STE-CATHERINE-DE-LA-JACQUES-CARTIER ET ST-FRANÇOIS-DE-L'ÎLE-D'ORLÉANS-----	40
TABLEAU 13 : PROPORTION ET POURCENTAGE (%) DE JOURS AVEC ÉCHANTILLONNAGE PAR ANNÉE OÙ IL Y A EU UN DÉPASSEMENT DE LA NORME 8 HEURES DU RAA POUR L'O ₃ , 2007 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, ST-CHARLES GARNIER ET ÉCOLE LES PRIMEVÈRES -----	41
TABLEAU 14 : ESTIMÉ DE RISQUE DU CANCER DU POUMON LIÉ À L'ARSENIC POUR UNE EXPOSITION À VIE AUX CONCENTRATIONS MOYENNES MESURÉES DANS L'AIR, 2010 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, BIBLIOTHÈQUE MONIQUE-CORRIVEAU, PARC VICTORIN-BEAUCAGE ET DE L'ÉGLISE -----	46
TABLEAU 15 : PROPORTION ET POURCENTAGE (%) DE JOURS AVEC ÉCHANTILLONNAGE PAR ANNÉE OÙ IL Y A EU UN DÉPASSEMENT DE LA NORME DU RAA POUR LE NICKEL DANS LES PM ₁₀ , 2011 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATION VIEUX-LIMOILOU -----	51

TABLEAU 16 : ESTIMÉ DE RISQUE DE CANCER DU POU MON LIÉ AU NICKEL POUR UNE EXPOSITION À VIE AUX CONCENTRATIONS MOYENNES MESURÉES, 2010 À 2017, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS VIEUX-LIMOILOU, PARC VICTORIN-BEAUCAGE ET DE L'ÉGLISE-----	51
TABLEAU 17 : CONCENTRATIONS MAXIMALES SUR 24 HEURES DE CERTAINS COV, JUIN À DÉCEMBRE 2016, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATION VIEUX-LIMOILOU -----	54
TABLEAU 18 : CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE DES BTEX, FÉVRIER 1997 À MARS 1998, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATION VIEUX-LIMOILOU -----	55
TABLEAU 19 : CONCENTRATIONS DE PCDD/F, 2005 À 2008, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATION ÉCOLE LES PRIMEVÈRES -----	56
TABLEAU 20 : CONCENTRATIONS DE BAP, 2005 À 2008, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATION ÉCOLE LES PRIMEVÈRES-----	57
TABLEAU 21 : ESTIMÉ DE RISQUE DU CANCER DU POU MON LIÉ AU BAP POUR UNE EXPOSITION À VIE AUX CONCENTRATIONS MOYENNES MESURÉES DE 2010 À 2012, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, TROIS STATIONS DANS LE QUARTIER LIMOILOU-----	58
TABLEAU 22 : CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES ET CONCENTRATIONS MAXIMALES SUR 24 HEURES (98 ^E CENTILES DES DISTRIBUTIONS) DE PM _{2,5} SELON LA FORME STATISTIQUE DE LA NCQAA, 2013 À 2015, RÉGION DE LA CAPITALE-NATIONALE, STATIONS DESCHAMBAULT, ÉCOLE LES PRIMEVÈRES, ST-CHARLES GARNIER ET VIEUX-LIMOILOU ET NORME NCQAA-----	94

Abréviations, acronymes, sigles et symboles

Abréviation, acronyme, sigle ou symbole	Description
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BaP	Benzo(a)pyrène
BPC	Biphényles polychlorés
BTEX	Benzène, toluène, éthylbenzène, xylène
CEAEQ	Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement
CLSC	Centre local de services communautaires
CIRC	Centre international de recherche sur le cancer
CIUSSS	Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux
CIUSSS-CN	Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale
CO	Monoxyde de carbone
COSV	Composés organiques semi-volatils
COV	Composés organiques volatils
CSA	Association canadienne de normalisation
DSPublique	Direction de santé publique
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
ET	Équivalent toxique
FET	Facteurs d'équivalence de toxicité
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
IARC	International Agency for Research on Cancer
ICP-MS	Spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif
IEPA	Inventaire des émissions de polluants atmosphériques
IQÉA	Inventaire québécois des émissions atmosphériques
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
LD	Limite de détection
LVBV	Territoires de CLSC Limoilou-Vanier et Basse-Ville
MEMS	Projet « Mon environnement, ma santé »
N	Nombre
NCQAA	Normes canadiennes de qualité de l'air ambiant
NEPTH	National Environmental Public Health Tracking
NIH	National Cancer Institute
NO ₂	Dioxyde d'azote
NO _x	Oxydes d'azote
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
O ₃	Ozone
OMS	Organisation mondiale de la santé
PCDD/F	Polychlorodibenzodioxines et polychlorodibenzofuranes
PM	Particules en suspension
PM _{2,5}	Particules de moins de 2,5 µm
PM ₁₀	Particules de moins de 10 µm
PST	Particules en suspension totales
QAE	Qualité de l'air extérieur
RNSPA	Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique
RAA	Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère
RDOCÉCA	Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère
RSOAO	Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec
US EPA	United States Environmental Protection Agency
WHO	World Health Organization

1 Introduction

Il existe des différences significatives entre l'état de santé des populations des territoires des Centres locaux de services communautaires (CLSC) de Limoilou-Vanier et de la Basse-Ville (LVBV) et celui du reste de la population de la région de la Capitale-Nationale (la région). Par exemple, l'espérance de vie est moindre de six ans sur le territoire du CLSC de la Basse-Ville et la mortalité prématurée est près de deux fois plus élevée dans les territoires LVBV par rapport à la région. Ces inégalités de santé peuvent être liées à des facteurs socioéconomiques et environnementaux (CIUSSS-CN, 2018)

Les territoires LVBV ont fait l'objet de plusieurs interventions de la Direction de santé publique (DSPublique) en lien avec des problèmes environnementaux comme la qualité de l'air extérieur (QAE), la salubrité des logements, les fuites de gaz et les terrains contaminés.

L'exposition simultanée de la population de ces territoires à plusieurs facteurs de risque pour la santé d'origine environnementale et la présence d'inégalités de santé significatives pouvant être liées à l'environnement sont une source de préoccupations de la DSPublique. Le projet « Mon environnement, ma santé » (MEMS) a été mis sur pied afin de documenter la situation et intervenir de façon globale et concertée pour améliorer la santé dans ces quartiers en agissant sur les facteurs environnementaux. Il s'agit d'une initiative ancrée dans une structure participative. Le projet MEMS cible spécifiquement les territoires de LVBV (territoires à l'étude).

La mobilisation citoyenne en lien avec la qualité de l'environnement a débuté il y a plusieurs années dans ces quartiers (Bencze et Pouliot, 2016). Les enjeux de qualité de l'air extérieur sont particulièrement suivis de près par tous les acteurs. Étant donné ce contexte et parce qu'il s'agit d'un déterminant majeur de la santé, le premier volet du projet développé portera sur la QAE (le volet QAE). La réalisation de ce volet a été rendue possible grâce à la volonté commune de la Ville de Québec et de la Direction de santé publique ainsi que par l'implication de nombreux acteurs, tant institutionnels que citoyens. Ce volet est financé par la Ville de Québec.

Le présent document, titré « Bilan initial de la qualité de l'air extérieur et ses effets sur la santé », fait partie d'une série de productions écrites prévues dans le cadre de la réalisation du projet « Mon environnement, ma santé » (MEMS), volet QAE¹. Il vise à répondre aux questions suivantes : *Quel est l'état actuel des connaissances sur la qualité de l'air des secteurs à l'étude et quels sont les effets connus des contaminants atmosphériques sur la santé?* Il vise à dresser, à partir des données disponibles, un bilan de la QAE dans les dernières années pour la région de la Capitale-Nationale et plus particulièrement pour les deux territoires de CLSC à l'étude (figure 1).

¹ Les productions écrites du projet sont : 1) a. Devis et b. Les activités scientifiques; 2) Cadrage; 3) Bilan de la QAE et ses effets sur la santé; 4) Portrait des nuisances associées aux particules; 5) Rapport de projet final; 6) Recommandations.

Il permettra aussi de mieux comprendre les effets potentiels sur la santé des principaux contaminants atmosphériques. Il ouvre la voie aux autres productions du volet QAE de MEMS en contribuant à identifier les problèmes prioritaires.

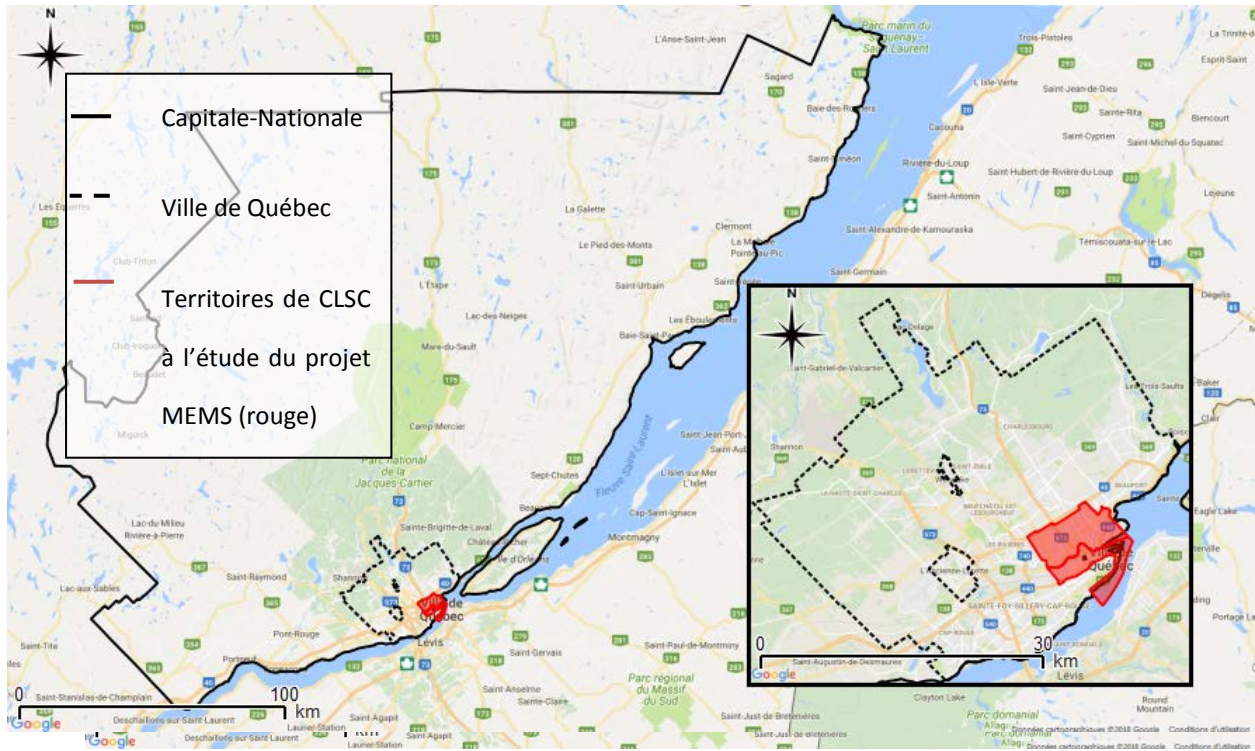


Fig. 1 - Localisation de la région de la Capitale-Nationale, de la ville de Québec et des territoires de CLSC à l'étude par le projet MEMS

Ce document est destiné à la population, aux collaborateurs du projet MEMS et aux décideurs. Il est divisé en quatre sections. La présente section décrit le contexte du projet MEMS et du volet QAE ainsi que les objectifs et la structure de ce document. La section deux expose la méthodologie employée. Les résultats obtenus au regard des concentrations mesurées sont présentés à la section trois. Une brève description de chacun des contaminants et de leurs principaux effets sur la santé y est également exposée. Une discussion (section quatre) visant à dégager les principaux problèmes actuels de QAE dans la région ainsi que des possibles pistes d'action quant à leurs sources est finalement formulée. Les limites et questions restées en suspens sont également identifiées dans cette dernière section.

2 Méthodologie

Ce bilan de la qualité de l'air porte sur les principaux contaminants atmosphériques, soit les particules en suspension, les oxydes d'azote (NO_x), l'ozone (O₃), le dioxyde de soufre (SO₂) et le monoxyde de carbone (CO). Les données sur certains contaminants présents en concentrations plus faibles mais aux propriétés toxiques reconnues sont aussi traitées dans ce document. C'est le cas de quelques métaux, des composés organiques volatils (COV), des dioxines et furanes (PCDD/F), des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des biphényles polychlorés (BPC).

Cette section présente la source et le traitement des données qui sont utilisées pour réaliser le bilan. Les données de la plus récente période de 11 ans disponible au moment de rédiger ce rapport, soit de 2007 à 2017, ont été utilisées.

Les valeurs de référence (p. ex. : norme ou ligne directrice) utilisées sont également présentées.

2.1 Source des données

Le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) est responsable du suivi de la qualité de l'atmosphère au Québec. L'actuel Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec (RSQAQ) se compose d'une soixantaine de stations de mesure (MELCC 2019a). Au moment de rédiger ce bilan, la région comptait sept stations actives, dont cinq sur le territoire de la ville. Les territoires de LVBV comportent deux stations : Parc Victorin-Beaucage (03020) et Vieux-Limoilou (03006). Neuf stations ont été actives dans la région pour la période à l'étude (figure 2 et tableau 1). La station De L'Église (03012) a été fermée en novembre 2013 et remplacée par la station Bibliothèque Monique-Corriveau (03011) en 2014. Des stations temporaires ont également déjà été installées sur le territoire de la ville pour répondre à des besoins ponctuels spécifiques. L'annexe 1 présente une description de l'environnement au pourtour de chacune des stations d'échantillonnage.

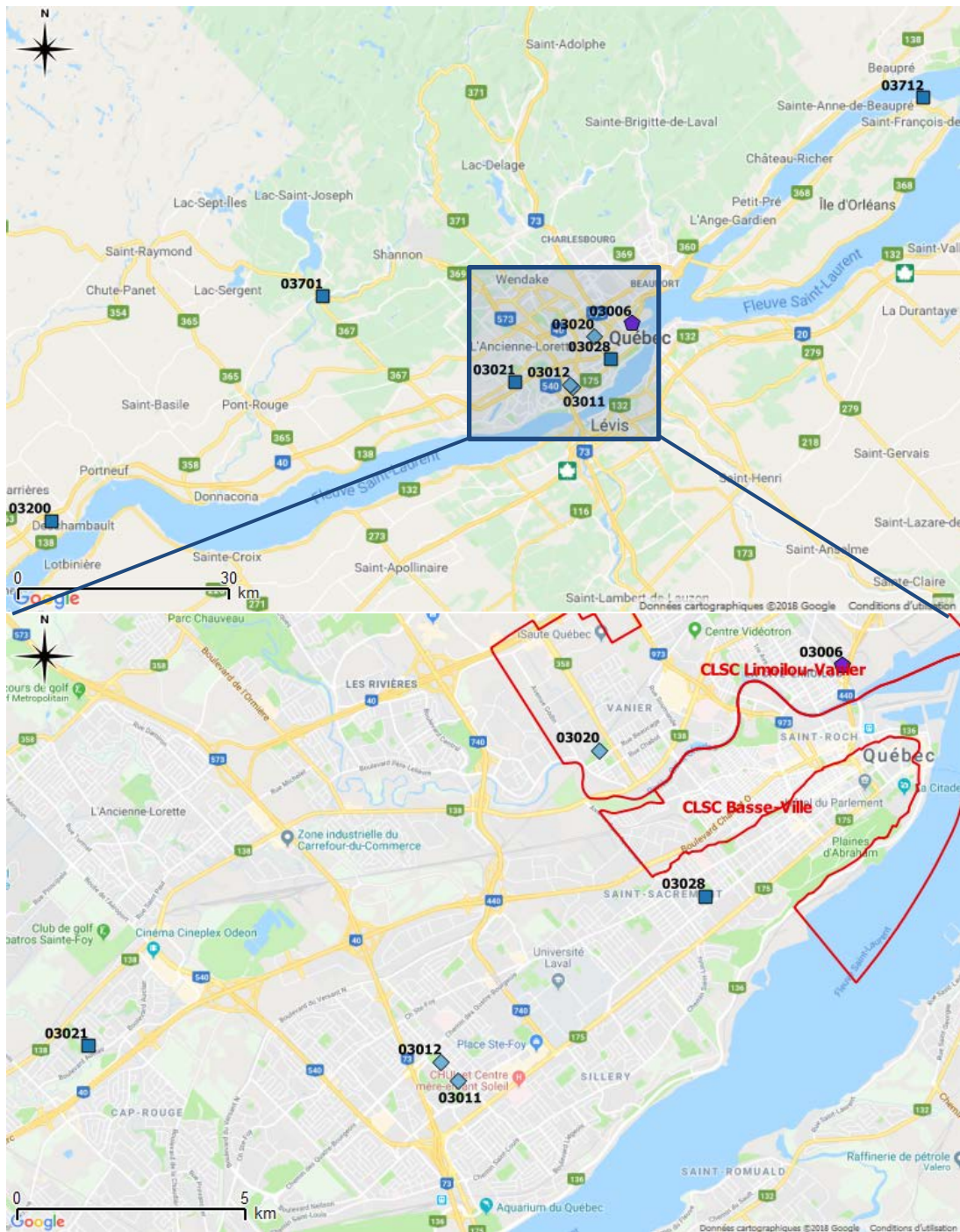


Fig. 2 - Localisation des stations actives du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec, région de la Capitale-Nationale, période à l'étude 2007 à 2017. Zoom sur les stations de la ville de Québec.

Les contaminants qui ont été suivis aux neuf stations actives pour la période à l'étude sont présentés au tableau 1. Les particules de taille de moins de $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$), les NO_x , l' O_3 , le SO_2 et le CO sont mesurés en continu. Une moyenne horaire est calculée à partir des données

page 14 |

mesurées toutes les minutes pour les contaminants gazeux (NO_x, O₃, SO₂ et CO). Les appareils de mesure des PM_{2,5} utilisés depuis 2009 (BAM), produisent une mesure horaire (MELCC 2019b). Pour ces dernières données, seules les mesures de 2010 à 2017 ont été utilisées étant donné que les résultats produits avant 2010 (avec les appareils TEOM) ne permettaient pas une comparaison avec ceux produits par la suite (avec les appareils plus récents de type BAM).

Les particules en suspension totales (PST) et les particules de taille de moins de 10 µm (PM₁₀) sont échantillonnées de façon séquentielle avec des échantillonneurs à grand débit (Hi Volume ou Hi Vol). Pour la mesure des PM₁₀, ces échantillonneurs sont munis de têtes sélectives limitant la taille des particules échantillonnées à 10 µm et moins. La limite de détection (LD) de la méthode est de 1 µg/m³. Un échantillonnage séquentiel est un échantillonnage limité à une certaine période de temps et qui est répété de manière périodique. Les échantillons de PST et de PM₁₀ sont récoltés sur une période de 24 heures (00 h 00 à 23 h 59) à tous les 6 jours, à l'exception toutefois de l'échantillonnage des PM₁₀ à la station Vieux-Limoilou, qui se fait aux deux jours depuis mars 2013². La quantification de métaux dans les PST et les PM₁₀ est réalisée dans le cadre de projets spéciaux. Pour la période à l'étude, les métaux ont été quantifiés dans les PST aux stations Vieux-Limoilou, Parc Victorin-Beaucage, De L'Église et Bibliothèque Monique-Corriveau pour quelques années. Depuis 2013, les métaux sont aussi analysés sur les PM₁₀ à la station Vieux-Limoilou.

Les métaux sont analysés par spectrométrie de masse (ICP-MS) après une extraction à l'acide au laboratoire du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) à Laval (CEAEQ, 2014).

Un appareil Partisol™ (Dichotomous ou Dichot) est également en opération à la station Vieux-Limoilou depuis 1994. Cet appareil de type séquentiel à faible débit recueille simultanément deux classes de taille de particules, soit les particules d'un diamètre compris entre 2,5 et 10 µm (PM_{2,5-10}) et les PM_{2,5}. La somme des deux fractions produit une mesure de PM₁₀. Cet appareil est opéré par le MELCC et un échantillonnage est fait tous les six jours, en suivant le même calendrier que les appareils à grand débit. Des analyses de métaux et de certains composés chimiques sont réalisées sur chacun des échantillons de PM_{2,5} et PM_{2,5-10}. Cela est fait dans le cadre du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (Gouvernement du Canada, 2010). Ces données sont disponibles pour la période 2007 à 2015 et présentées à l'annexe 2.

Ces deux méthodes d'échantillonnage des PM₁₀ (Hi Vol et Dichot) dans l'air sont approuvées par l'*United States Environmental Protection Agency* (US EPA) (US EPA 2016a). Elles comportent certaines différences, notamment au niveau de la séparation des PM₁₀ par les têtes sélectives et du débit d'échantillonnage, qui peuvent expliquer en partie certains écarts obtenus entre leurs

² L'échantillonnage aux deux jours est fait dans le cadre d'un suivi mis sur pied pour les concentrations de nickel. La norme a été modifiée fin 2013 et portée sur la fraction PM₁₀ du nickel.

résultats. La méthode préconisée par la US EPA pour l'analyse des métaux dans les PM₁₀ et les PST est celle utilisant l'échantillonneur grand débit ou Hi Vol.

Les COV sont échantillonnés à tous les six jours à la station Vieux-Limoilou depuis juin 2016. Au total, 32 échantillons de COV ont été prélevés de juin à décembre 2016. Les données ne sont pas disponibles pour 2017. La seule année complète d'échantillonnage validée par le MELCC date de février 1997 à mars 1998 à la station Vieux-Limoilou (benzène, toluène, éthylbenzène et xylène). Ces données ont donc été utilisées, malgré leur âge. L'analyse des échantillons de COV est réalisée dans le cadre du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA) (Gouvernement du Canada, 2010).

Les PCDD/F et les HAP ont été échantillonnés par le MELCC de 2005 à 2008 à la station École Les Primevères dans le cadre d'un projet visant à évaluer l'impact du chauffage au bois résidentiel sur la qualité de l'air extérieur.

Aussi, les PCDD/F, les HAP et les BPC ont été mesurés de 2010 à 2012 à trois stations dans le quartier Limoilou par le MELCC, dans le cadre d'un projet d'évaluation des effets de l'incinérateur de la ville de Québec sur la qualité de l'air.

Les méthodes d'échantillonnage et d'analyse sont détaillées sur les sites web du MELCC et du CEAEQ (MELCC 2019b; CEAEQ, 2018).

Tableau 1
Stations et paramètres mesurés dans le Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec, région de la Capitale-Nationale, période à l'étude 2007 à 2017

Station		Mesure en continue						Mesure séquentielle ¹			
Numéro	Nom	O ₃	PM _{2,5}	NO	NO ₂	SO ₂	CO	PST	PM ₁₀	PM _{2,5} PM _{2,5-10}	Métaux
03006	Québec-Vieux-Limoilou	x	x	x	x	x	x	h	h	d	h et d
03012	Québec-De l'Église (fermée le 11/2013)							h			h
03011	Québec-Bibl. Monique-Corriveau ² (ouverte le 01/2014)							h			h
03020	Québec-Parc Victorin-Beaucage ³							h			h
03021	Québec-École Les Primevères	x	x	x	x						
03028	Québec-Collège St-Charles Garnier	x	x	x	x						
03200	Deschambault	x	x								
03701	Sainte-Catherine-de-la-Jacques- Cartier (fermée 04/2018)	x									
03712	Saint-François-de-l'île-D'Orléans	x									

1) h : Hi Vol, d : Dichot

2) Fin du suivi des métaux : décembre 2014

3) Fin du suivi des métaux : janvier 2016

2.2 Traitement des données

Pour les contaminants mesurés en continu, les données traitées (moyennes annuelles et nombre de jours de dépassement) ont été tirées de l'Infocentre de santé publique. Pour le SO₂, les maximums annuels sur 4 et 10 minutes ont été obtenus du MELCC. Celui-ci a également fourni les moyennes des contaminants faisant l'objet de courtes campagnes d'échantillonnage (COV, PCDD/F, HAP, BPC).

2.2.1 Évolution des concentrations moyennes annuelles

Pour chacun des contaminants, une concentration moyenne annuelle a été calculée pour chaque année de la période 2007 à 2017 aux stations de la région pour lesquelles les données étaient disponibles.

Pour les contaminants mesurés en continu, la concentration moyenne annuelle est une moyenne arithmétique des concentrations horaires. Une station valide aux fins de ce calcul est une station pour laquelle au moins 75 % de ses valeurs horaires annuelles sont disponibles (soit un minimum de 6 570 données horaires disponibles sur 8 760 données possibles).

Pour les contaminants mesurés de façon séquentielle, la concentration moyenne annuelle est une moyenne arithmétique des concentrations mesurées tous les six jours (ou tous les deux jours pour les PM₁₀ à la station Vieux-Limoilou depuis janvier 2013). Pour que la moyenne soit présentée dans ce rapport, au moins vingt mesures par année par station devaient être disponibles.

Pour le calcul de la moyenne, chaque mesure sous le seuil de détection s'est vue attribuer la moitié de la limite de détection. Lorsque la proportion de valeurs en dessous de la LD est élevée, il n'est pas possible d'estimer correctement une moyenne. Conséquemment, quand la proportion de valeurs sous la LD était de plus de 80 % des valeurs disponibles, les moyennes n'ont pas été calculées (Walsh et Brière, 2018).

Pour les contaminants faisant l'objet de courtes campagnes d'échantillonnage (COV, PCDD/F, HAP, BPC) la moyenne annuelle ou la moyenne de tous les échantillons récoltés sur la période précisée sont présentées.

Les intervalles de confiance à 95 % ont été calculés pour les moyennes annuelles des particules, NO_x, O₃, SO₂ et des métaux. Ils ne sont pas présentés sur les graphiques mais discutés lorsque pertinent afin de comparer les valeurs des différentes stations entre elles.

Des analyses de tendance selon la méthode de régression en morceaux ont été effectuées sur les concentrations moyennes annuelles des particules, du NO₂, de l'O₃, du SO₂, du CO et des métaux à l'aide du logiciel *Jointpoint Regression Program*, version 4.3.1.0 (NCI, 2016). Ces analyses n'ont pas été faites pour les stations où des années de données ont été exclues à cause d'un pourcentage sous la LD > 80%. Certaines limites de ces analyses peuvent être liées à la courte période d'observation de 2010 à 2017. Les paramètres inclus dans le modèle peuvent être obtenus sur demande. Il est à noter que les résultats

sont dépendants de la méthode choisie et de ses paramètres et qu'ils peuvent ne pas être reproduits avec une autre méthode ou d'autres paramètres d'analyse.

2.2.2 Respect des valeurs de référence

Un des objectifs de ce document est de présenter un bilan des concentrations des contaminants mesurés afin de dégager les problèmes qui devraient être traités de façon prioritaire dans la suite du volet QAE du projet MEMS. Pour ce faire, une approche simple a été retenue, soit de comparer les concentrations mesurées aux valeurs de référence.

Différents types de valeurs de référence ont été élaborées pour les contaminants de l'air extérieur, comme par exemple des normes ou des lignes directrices. De façon générale, les normes sont des outils de gestion. Elles sont habituellement établies sur la base des connaissances scientifiques concernant la pollution de l'air et ses impacts sur la santé et peuvent inclure des considérants techniques, économiques, politiques et légaux. Elles ont le plus souvent force légale. Les lignes directrices sont des recommandations qui guident l'action. Elles sont habituellement basées uniquement sur les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique (WHO, 2000; WHO, 2006).

Les considérants ainsi que les études et leur méthodologie sur lesquels sont basées les valeurs de références peuvent varier. Cela peut en partie expliquer les différences observées entre les valeurs de référence (lignes directrices ou normes) pour un même contaminant.

Le nombre et l'ampleur des dépassements des valeurs de référence sont des indicateurs du potentiel d'effet néfaste sur la santé d'un contaminant atmosphérique. L'utilisation des valeurs de référence a cependant des limites et une analyse plus approfondie est nécessaire pour se prononcer sur le risque pour la santé lié à la présence d'un contaminant à une concentration et un endroit donné.

Également, certains contaminants sont reconnus comme pouvant avoir des effets même aux plus bas niveaux mesurés (p. ex. : $PM_{2,5}$, O_3 , plomb et substances cancérigènes). Ces contaminants sont dits sans seuil d'exposition considéré sécuritaire. Des valeurs de référence sont tout de même établies pour la majorité de ces substances. Pour les substances cancérigènes, l'apparition de 1 cas de cancer sur 1 million de personnes exposées pendant 70 ans est habituellement considérée comme un risque acceptable, ce qui guide l'intervention. Un estimé de risque unitaire, c'est-à-dire le risque populationnel de cancer lié à l'exposition à $1 \mu g/m^3$ dans l'air d'une substance cancérigène pendant toute la vie (70 ans), est disponible pour certains cancérigènes reconnus afin de calculer ce risque.

Les valeurs de référence utilisées dans le cadre de ce rapport sont présentées aux tableaux 2, 3, 4 et 5. Elles ont été sélectionnées pour leur pertinence en lien avec l'évaluation des effets sur la santé dans le contexte québécois. Elles ont également été choisies pour faciliter la comparaison avec les mesures prises dans le cadre du RSQAQ et les données traitées disponibles dans l'Infocentre de santé publique.

La description des éléments ayant justifié l'établissement de chacune des valeurs de référence utilisées dépasse le cadre de ce document. Le lecteur intéressé peut se référer à l'annexe 3 et ses références.

2.2.2.1 Valeur de référence annuelle

Les moyennes annuelles calculées ont été comparées aux valeurs de référence annuelles des contaminants, lorsque disponibles.

Les données disponibles pour les COV ne couvrent que la moitié de l'année 2016 (juin à décembre). Comme les échantillons ne sont pas répartis sur l'année entière et que des variations saisonnières des concentrations sont possibles, notamment dues au chauffage au bois en hiver, les moyennes de ces échantillons ne sont pas représentatives d'une année complète. Par conséquent, elles n'ont pas été comparées aux valeurs de référence annuelles de qualité de l'air. Les données datant de 1997-1998 ont été utilisées pour faire ces comparaisons, seule année complète disponible.

2.2.2.2 Valeur de référence de courte durée (quotidienne, horaire, autres)

Pour les contaminants ayant des valeurs de référence quotidiennes ou horaires, le nombre de jours par année où il y a eu au moins un dépassement de ces valeurs a été calculé pour chaque année de la période 2007 à 2017 et, pour chacune des stations de la région pour lesquelles l'information était disponible. S'il y avait plusieurs dépassements de la valeur de référence horaire dans une même journée, ceux-ci étaient comptés comme un dépassement quotidien. La proportion de jours de dépassement par année est le rapport entre le nombre de jours pour lesquels il y avait un dépassement quotidien et le nombre de jours ayant des données valides.

Pour le calcul des dépassements d'une valeur de référence quotidienne, une moyenne journalière (24 heures) a été calculée à partir des données horaires. Une journée valide aux fins de ce calcul doit être constituée d'au moins 75 % des données horaires valides (au moins 18 mesures valides dans la journée).

Pour le dépassement d'une valeur de référence sur 8 heures, le maximum des moyennes mobiles 8 heures a été retenu pour chaque journée. Une moyenne mobile sur 8 heures était calculée si au moins 6 des 8 mesures horaires étaient valides.

Pour le dépassement des valeurs de référence sur 4 et 10 minutes pour le SO₂, les maximums annuels calculés sur 4 et 10 minutes ont été comparés aux valeurs de référence.

Les données sur les COV sont récoltées sur une période de 24 heures et les maximums quotidiens de la période d'échantillonnage ont été comparés aux valeurs de référence établies sur la même période. Ils ne peuvent cependant pas être directement comparés aux valeurs de référence établies pour des intervalles de 4 minutes ou 1 heure.

Tableau 2
Valeurs de référence pour les contaminants mesurés en continu dans l'air extérieur

Contaminant	Période	RAA ¹ Norme (µg/m ³)	OMS ² Ligne directrice (µg/m ³)
Particules fines de moins de 2,5 µm (PM _{2,5})	24 h	30	25
	1 an	---	10
Particules fines de moins de 10 µm (PM ₁₀)	24 h	---	50
	1 an	---	20
Particules en suspension totales (PST)	24 h	120	---
Dioxyde d'azote (NO ₂)	1 h	414 (220 ppb)	200 (106 ppb)
	24 h	207 (110 ppb)	
	1 an	103 (55 ppb)	40 (21 ppb)
Ozone (O ₃)	1 h	160 (82 ppb)	---
	8h	125 (64 ppb)	100 (50 ppb)
Dioxyde de soufre (SO ₂)	4 minutes	1 050 (400 ppb) ³	---
	10 minutes	---	500 (190 ppb)
	24 h	288 (110 ppb)	20 (8 ppb)
	1 an	52 (20 ppb)	---
Monoxyde de carbone (CO)	1 h	34 000 (29 694 ppb)	---
	8 h	12 700 (6 350 ppb)	---

- 1) En vigueur depuis 2011. Ces valeurs ont été appliquées à l'ensemble de la période étudiée (Gouvernement du Québec 2018)
- 2) Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air : particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre, mise à jour mondiale 2005 (WHO, 2006).
- 3) Cette valeur limite peut être excédée jusqu'à 0,5 % du temps sur une base annuelle, sans toutefois dépasser 1310 µg/m³.

Tableau 3
Valeurs de référence pour les métaux sélectionnés

Métal	Période	RAA ¹ Norme (µg/m ³)	OMS Europe ² Ligne directrice (µg/m ³)
Antimoine	1 an	0,170	---
Arsenic	1 an	0,003	---
	Vie	---	0,000 66 (risque cancérigène de 1 sur 1 000 000) Risque unitaire : 1,5 X 10 ⁻³⁽³⁾
Cadmium	1 an	0,003 6	0,005
Manganèse	1 an	---	0,150
Nickel	24 h	0,014 ⁴ (dans les PM ₁₀)	---
	Vie	---	0,002 5 (risque cancérigène de 1 sur 1 000 000) Risque unitaire : 3,8 X 10 ⁻⁴⁽³⁾
Plomb	1 an	0,100	0,500

- 1) En vigueur depuis 2011. Ces valeurs ont été appliquées à l'ensemble de la période étudiée (Gouvernement du Québec 2018). Les valeurs de référence s'appliquent aux concentrations mesurées dans les PST, sauf indication contraire. Il s'agit tout de même d'un dépassement si les concentrations mesurées dans la fraction PM₁₀ sont supérieures à la norme.
- 2) Air quality guidelines for Europe 2nd edition (WHO, 2000).
- 3) Risque cancérigène pour une exposition à 1 µg/m³ pour la vie (70 ans).
- 4) En vigueur depuis 2013.

Tableau 4
Valeurs de référence pour les composés organiques volatils

COV ¹	Période	Norme ou critères de qualité de l'atmosphère ² (µg/m ³)	Type de valeur de référence
Benzène	24 h	10	Norme
Dichlorobenzène-1,3	24 h	170	Critère
Éthylbenzène	1 an	200	Norme
Xylène	1 an	20	Norme

- 1) Il existe plusieurs valeurs de référence pour les COV puisque ces molécules présentent des propriétés toxicologiques différentes. Plusieurs des normes sont fondées sur les seuils de détection olfactifs et exprimées comme des maximums sur 4 ou 10 minutes. Elles sont appliquées pour limiter le potentiel de nuisance de mauvaises odeurs des émissions de COV. Les normes visant à prévenir les effets chroniques sont exprimées sur des intervalles de temps plus long. Seules les valeurs sur 24 heures et 1 an pertinentes en fonction des mesures disponibles sont présentées ici.
- 2) Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère (MELCC, 2018).

Tableau 5
Valeurs de référence pour les dioxines/furanes et les hydrocarbures aromatiques polycycliques

Composé organique	Période	RAA ¹ Norme (µg/m ³)	OMS Europe ² Ligne directrice (µg/m ³)
TCDD/F [en ET de 2,3,7,8-Tetraetrachlorodibenzodioxine (T ₄ CDD)] ³	1 an	0,000 000 06 (60 fg/m ³)	---
Benzo(a)pyrène (BaP)	1 an	0,000 9 (0,9 ng/m ³) ⁴	---
HAP [Benzo(a)pyrène (BaP)]	vie	---	0,000 012 (0,012 ng/m ³) (risque cancérogène de 1 sur 1 000 000) Risque unitaire : 8,7 X 10 ⁻²⁽⁵⁾

- 1) En vigueur depuis 2011. Ces valeurs ont été appliquées à l'ensemble de la période étudiée (Gouvernement du Québec 2018).
- 2) Air quality guidelines for Europe 2nd edition (WHO, 2000).
- 3) Afin de simplifier l'expression des résultats de mesure pour les nombreuses molécules de TCDD/F, des facteurs d'équivalence de toxicité (FET) ont été déterminés pour les molécules les plus toxiques. La concentration des mélanges de TCDD/F trouvés dans l'environnement est rapportée en équivalent toxique (ET) de la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzodioxine (T₄CDD), la molécule la plus toxique, qui est l'étalon de comparaison.
- 4) Les HAP totaux peuvent être comparés au critère suivant : 2,4 ng/m³. Pour les FET des HAP, voir le document des normes et critères de la qualité de l'atmosphère (MELCC, 2018).
- 5) Risque cancérogène pour une exposition à 1 µg/m³ de BaP (comme indicateur du mélange des HAP) pour la vie (70 ans).

3 Résultats

Les concentrations régionales des contaminants et le respect des valeurs de référence sont présentés dans cette section. Les informations sont détaillées par contaminant. Pour chacun d'eux, une brève description du contaminant et une présentation de ses principaux effets sur la santé sont faites au préalable. L'emphase a été mise sur les effets produits à la suite d'une exposition de courte durée (aiguë) et de longue durée (chronique) par inhalation. Ces effets ont été documentés dans des études cliniques et épidémiologiques réalisées chez la population générale ou chez les travailleurs. De l'information complémentaire sur les principales sources d'émissions est présentée à l'annexe 4.

4 Particules

Le terme particule en suspension (*particulate matter* (PM)) fait référence à l'ensemble des particules solides et liquides de taille microscopique présentes dans l'air. Les PM sont décrites et classées selon leur taille, exprimée en diamètre aérodynamique³. Les principales classes de taille de particules sont les suivantes :

- PST : moins de 150 μm
- PM₁₀ : moins de 10 μm
- PM_{2,5-10} (ou 10-2.5) : entre 2,5 et 10 μm
- Particules fines ou PM_{2,5} : moins de 2,5 μm
- Particules ultrafines ou PM_{0,1} : moins de 0,1 μm

L'intérêt pour les PM_{0,1} est plus récent. Il n'y a pas de valeur de référence ni de données de suivi au Québec pour cette classe de particules.

Pour plus d'information sur la taille et la composition chimique des particules, consulter l'annexe 5.

4.1.1 Principaux effets sur la santé

Les particules sont responsables d'une partie importante des effets de la pollution atmosphérique sur la santé humaine. Elles ont une toxicité liée principalement à leur taille et leur composition chimique. La taille des particules détermine leur capacité à pénétrer plus ou moins loin dans l'arbre bronchique (WHO 2006; WHO 2013a). La figure 3 présente le dépôt des particules dans les différentes parties des voies respiratoires selon leur taille.

³ Propriété aérodynamique équivalente à celle d'une particule sphérique d'un diamètre donné.

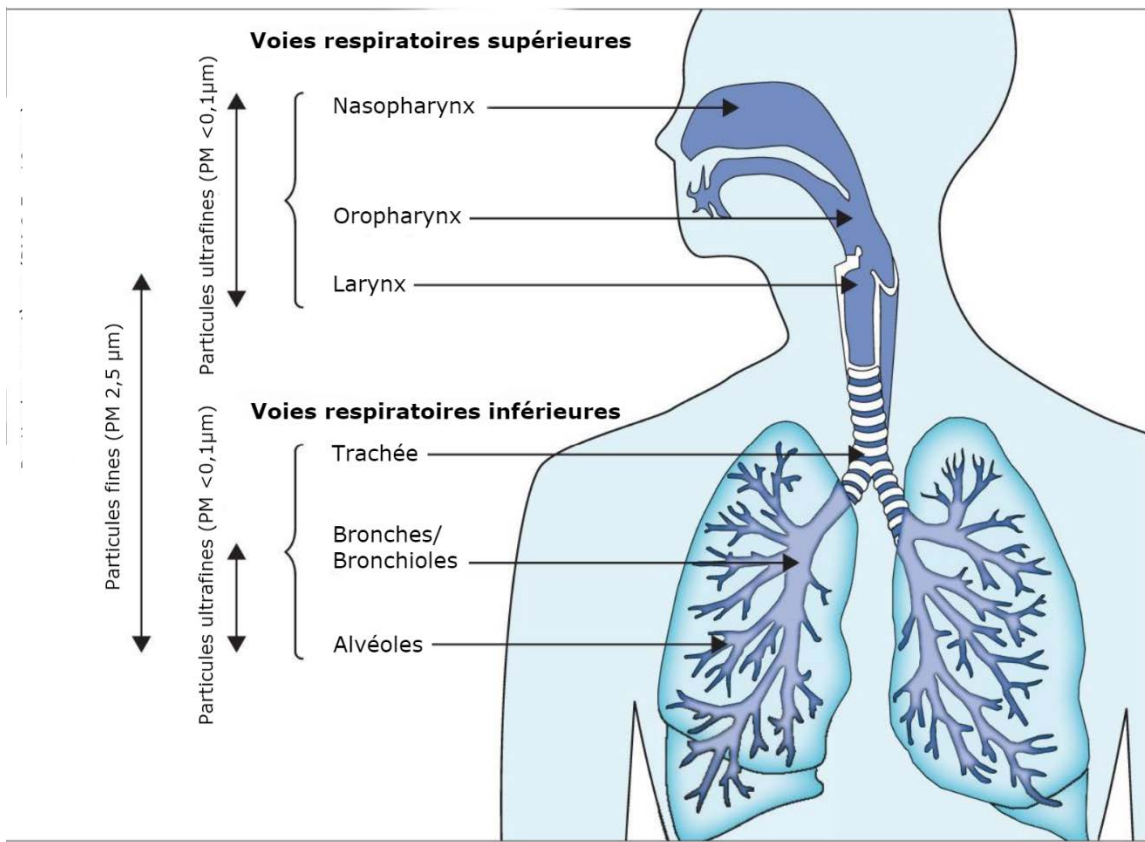


Fig. 3 - Dépôt des particules dans les voies respiratoires selon leur taille

Note : Tiré et traduit de Guarnieri et Balmes (2014)

Les particules de 2,5 µm et plus (PM_{10-2,5}, PM₁₀ et PST) se déposent surtout dans les voies respiratoires supérieures d'où elles sont expulsées graduellement par le mouvement du mucus. Elles sont majoritairement éliminées par la toux et les éternuements ou sinon avalées et transférées dans le système digestif. Les particules plus petites que 2,5 µm (PM_{2,5}) se déposent dans le système respiratoire à partir des bronches, des bronchioles et jusqu'aux alvéoles. Les PM_{0,1} sont absorbées à deux niveaux, dans les alvéoles, mais aussi dans les voies respiratoires supérieures (Guarnieri et Balmes, 2014).

Peu d'études rapportent des effets toxiques directement attribuables aux PST. Cependant, elles peuvent causer des effets d'ordre allergiques ou irritants. De plus, ces particules se déposent sur les surfaces extérieures et peuvent affecter la qualité de vie des résidents. Elles augmentent le potentiel d'exposition aux contaminants transportés par les particules (p. ex. : métaux).

Les effets sur la santé des PM_{2,5-10} sont moins bien démontrés que pour les PM_{2,5}. Des études indiquent qu'il y aurait un lien entre l'exposition à court terme aux PM_{10-2,5} et la mortalité et la morbidité cardiorespiratoire. Les effets les mieux démontrés sont l'augmentation des symptômes de l'asthme chez l'enfant. Relativement peu d'études ont examiné les effets de l'exposition chronique à ces particules et

leurs résultats ne permettent pas de se prononcer sur la possibilité d'un lien de cause à effet entre l'exposition à cette classe de particules et la santé respiratoire ou cardiovasculaire (Santé Canada, 2016).

Les effets aigus de l'exposition aux $PM_{2,5}$ sont respiratoires (irritation, inflammation des bronches, etc.) et cardiovasculaires (arythmies, augmentation de la viscosité sanguine, infarctus) (INSPQ, 2012). Ces effets entraînent une augmentation de la mortalité et de la morbidité quotidienne (US EPA, 2017a; WHO, 2013b). Les effets chroniques associés aux $PM_{2,5}$ comprennent la diminution permanente de la capacité pulmonaire, l'aggravation de l'asthme, la maladie pulmonaire obstructive chronique, l'hypertension, l'insuffisance cardiaque et l'accroissement de la mortalité en lien avec les maladies cardiovasculaires et respiratoires (Landrigan, et coll., 2017). Les particules fines contribuent à l'exacerbation, mais également à l'apparition de nouvelles maladies cardiaques (Environnement Canada, 2012). Il n'y a pas de seuil sécuritaire d'exposition aux $PM_{2,5}$ (WHO, 2006; INSPQ, 2012), c'est-à-dire qu'il n'y a pas de concentration reconnue sans effets sur la santé et les effets se produisent à partir des plus faibles concentrations dans l'air. Les particules fines ont été classées cancérigènes par le Centre international de recherche sur le cancer (IARC, 2016a). Elles sont associées au développement de cancers pulmonaires. Des évidences émergentes pointent vers un lien entre les $PM_{2,5}$ et, entre autres, le diabète, les atteintes cognitives et les issues défavorables de grossesse (Landrigan et coll., 2017). Les personnes souffrant déjà de maladie respiratoire ou cardiaque ainsi que les personnes âgées et les enfants sont particulièrement vulnérables aux effets aigus et chroniques des $PM_{2,5}$ (WHO, 2013a).

Les effets des $PM_{0,1}$ sur la santé ne sont pas encore abondamment décrits et consistants dans la littérature. Elles pourraient avoir des effets systémiques et sur la santé respiratoire et cardiovasculaire (Delfino et coll., 2005; Baldauf et coll., 2016; Landrigan et coll., 2017; Chen, 2016; Clifford, 2018; Heinzerling et coll., 2016). D'autres études sont nécessaires pour conclure avec plus de certitude sur ce sujet (Weichenthal 2017a; Lanzinger, 2016). Dans une position d'experts, la majorité ont cependant jugé qu'il y avait une probabilité modérée à élevée qu'un lien de cause à effet existe entre l'exposition à court terme à ces particules et la mortalité, les admissions hospitalières pour des problèmes respiratoires et cardiovasculaires, l'exacerbation de l'asthme et la diminution des fonctions respiratoires. Selon eux, il pourrait également y avoir un lien entre l'exposition à long terme à ces particules et la mortalité, la morbidité cardiovasculaire et respiratoire et le cancer du poumon (Knol et coll., 2009). D'autres études supportent également ce lien avec le cancer (Goldberg, 2018; Weichenthal, 2017b; Nie, 2007).

4.1.2 Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence

4.1.2.1 PST

L'évolution des concentrations moyennes annuelles des PST aux stations Vieux-Limoilou, De l'Église, Bibliothèque Monique-Corriveau et Parc Victorin-Beaucage pour la période 2007 à 2017 est présentée à la figure 4.

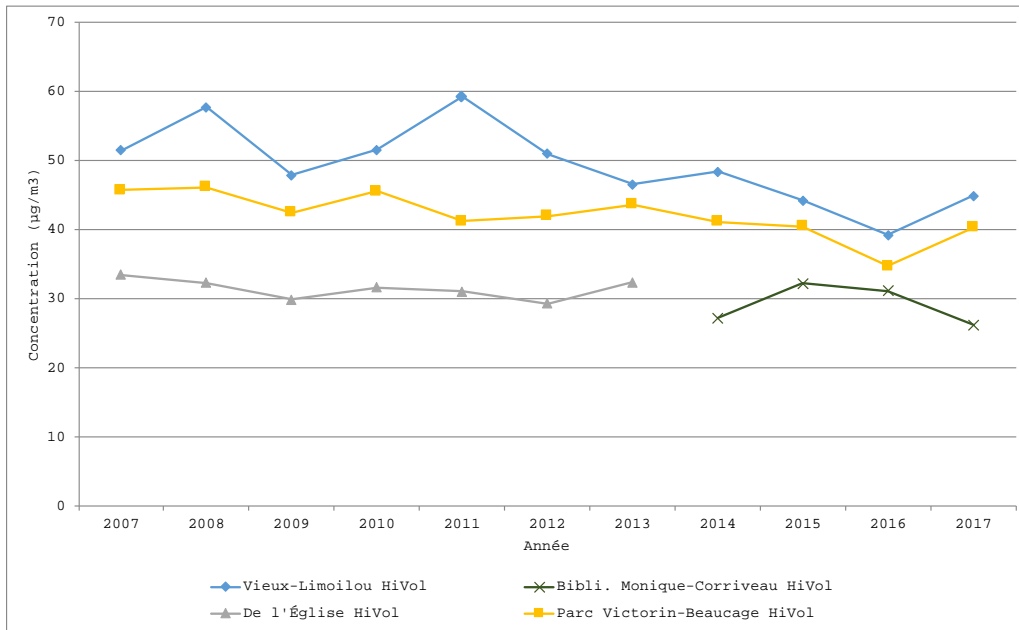


Fig. 4 - Concentrations moyennes annuelles de PST, 2007 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, De l'Église, Bibliothèque Monique-Corriveau et Parc Victorin-Beaucage

Les valeurs des concentrations moyennes annuelles de PST sont plus élevées à la station Vieux-Limoilou, suivies par celles mesurées à la station Parc Victorin-Beaucage et aux stations De l'Église et Monique-Corriveau. Cependant, la majorité des intervalles de confiance à 95 % se recoupent (non représentés), c'est-à-dire qu'il n'est pas possible d'affirmer que les valeurs diffèrent entre les stations. Par contre, la concentration moyenne de PST en 2011 à la station Vieux-Limoilou est de $59,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (IC [47,0; 71,5]), soit plus du double qu'à la station De l'Église (valeur moyenne : $31,1$; IC [26,3; 36,0]). Les concentrations moyennes aux stations Vieux-Limoilou et Beaucage diminuent de façon statistiquement significative au cours de la période 2007 à 2017 (valeurs- p respectivement de 0,014 et 0,004). La moyenne à la station De l'Église est restée stable.

Dans la région, le nombre le plus élevé de journées par année avec des dépassements de la norme de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été observé à la station Vieux-Limoilou en 2008, où il y a eu quatre journées de dépassement de la norme (6,9 % des journées dans l'année) (tableau 6). Trois journées avec des dépassements ont également été enregistrées en 2010 à la station Victorin-Beaucage. Il y a eu seize journées de dépassement de la norme à la station Vieux-Limoilou et huit à la station Parc Victorin-Beaucage au cours de la période 2007-2017. Les stations De l'Église et Monique-Corriveau n'ont présenté aucun dépassement durant cette période.

Tableau 6

Proportion (nombre (n) et pourcentage (%)) de jours avec échantillonnage par année où il y a eu un dépassement de la norme quotidienne du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère pour les PST¹, 2007 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, Parc Victorin-Beaucage, De l'Église et Bibliothèque Monique-Corriveau

Année	Vieux-Limoilou		Parc Victorin-Beaucage		De l'Église		Bibliothèque Monique-Corriveau	
	n	%	n	%	n	%	n	%
2007	0/51	0,0	1/50	2,0	0/47	0,0	---	---
2008	4/58	6,9	1/59	1,7	0/55	0,0	---	---
2009	2/57	3,5	1/60	1,7	0/55	0,0	---	---
2010	2/41	4,9	3/57	5,3	0/55	0,0	---	---
2011	1/43	2,3	0/59	0,0	0/55	0,0	---	---
2012	1/55	1,8	1/58	1,7	0/57	0,0	---	---
2013	2/131	1,53	1/59	1,7	0/51	0,0	---	---
2014	2/48	4,2	0/60	0,0	---	---	0/58	0,0
2015	1/41	2,4	0/55	0,0	---	---	0/58	0,0
2016	1/57	1,8	0/53	0,0	---	---	0/58	0,0
2017	0/50	0,0	0/34	0,0	---	---	0/36	0,0

1) La norme quotidienne du RAA pour les PST est de 120 µg/m³.

4.1.2.2 PM₁₀

La figure 5 présente l'évolution des concentrations de PM₁₀ à la station Vieux-Limoilou pour la période 2007 à 2017. Les PM₁₀ n'ont été mesurées qu'à cette station dans la région pour la période.

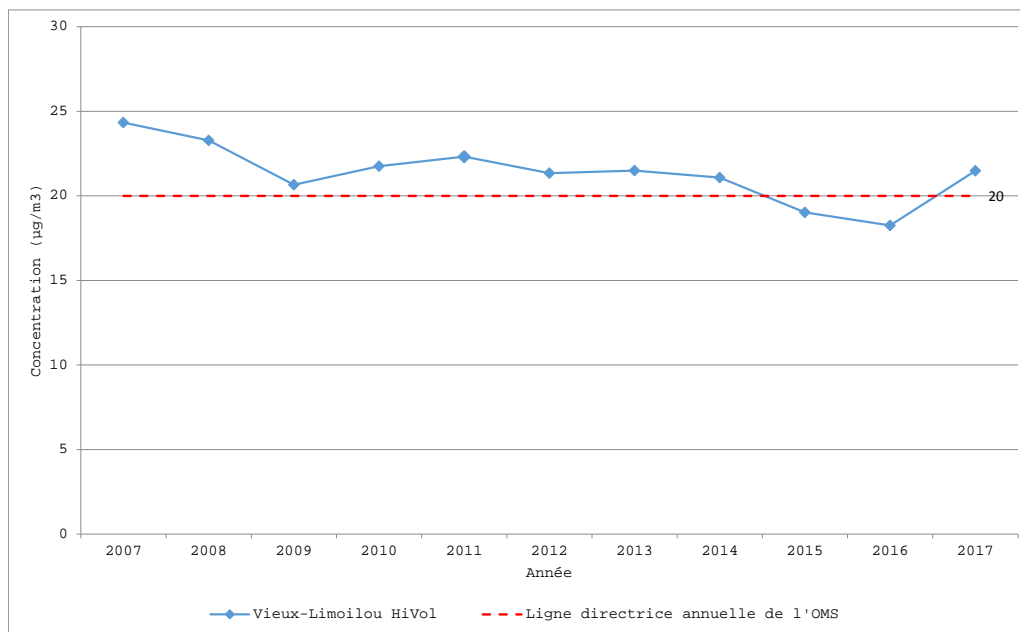


Fig. 5 - Concentrations moyennes annuelles de PM₁₀, 2007 à 2017, région de la Capitale-Nationale, station Vieux-Limoilou

À l'image des PST, les concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ ont diminué de façon statistiquement significative durant cette période (valeur-*p* = 0,011). Elles ont dépassé la ligne directrice annuelle de l'Organisation mondiale de la santé (20 µg/m³) la majorité du temps pour la période 2007 à 2017.

Jusqu'à cinq journées de dépassement de la ligne directrice quotidienne de l'OMS pour les PM₁₀ (50 µg/m³) ont été notées en 2017 à la station Vieux-Limoilou (tableau 7).

Tableau 7
Proportion (n et %) de jours avec échantillonnage par année où il y a eu un dépassement de la ligne directrice quotidienne de l'OMS pour les PM₁₀¹, 2007 à 2017, région de la Capitale-Nationale, station Vieux-Limoilou

Année	Vieux-Limoilou	
	n	%
2007	1/50	2,0
2008	4/61	6,6
2009	1/59	1,7
2010	2/57	3,5
2011	2/53	3,8
2012	1/56	1,8
2013	2/56	3,6
2014	4/155	2,6
2015	1/130	0,8
2016	1/143	0,7
2017	5/148	3,4

1) La ligne directrice quotidienne de l'OMS pour les PM₁₀ est de 50 µg/m³.

4.1.2.3 PM_{2,5}

La figure 6 présente l'évolution des concentrations moyennes annuelles des PM_{2,5} de 2007 à 2017 dans la région. Les données de trois stations urbaines soit Vieux-Limoilou, École Les Primevères et St-Charles Garnier, ainsi que celles de la station rurale Deschambault sont disponibles. Pour les PM_{2,5} et les contaminants gazeux, les intervalles de confiance à 95 % sur les données sont très étroits, étant donné le grand nombre de mesures disponibles dans une année. Cela signifie que les mesures sont considérées différentes entre les stations. Pour les stations urbaines, les concentrations moyennes annuelles sont en général plus élevées à la station Vieux-Limoilou qu'à la station St-Charles-Garnier. Les moyennes annuelles sont souvent plus élevées à la station St-Charles Garnier qu'à celle de Les Primevères.

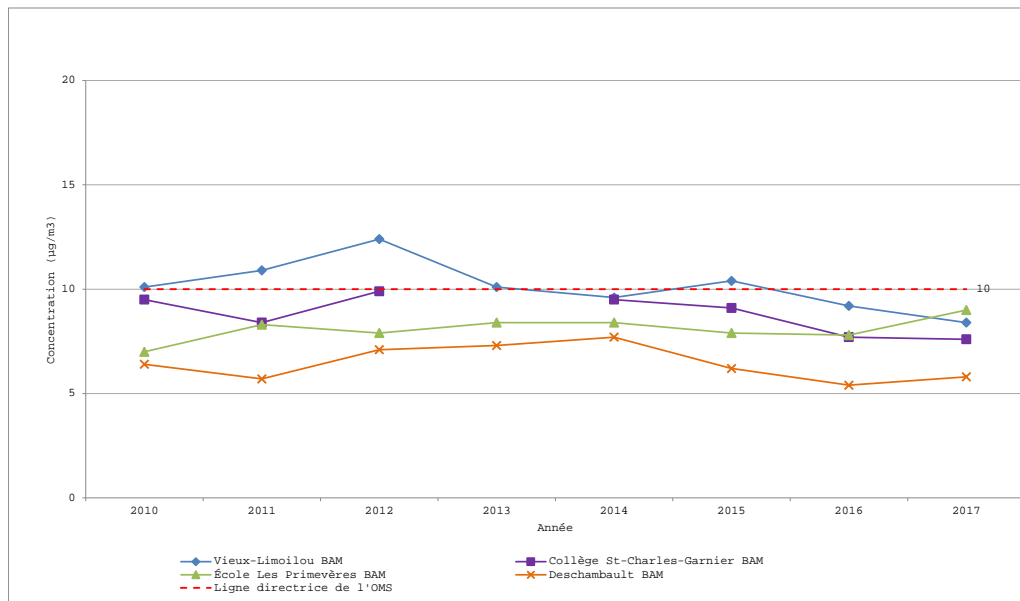


Fig. 6 - Concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5}, 2010 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, St-Charles Garnier, École Les Primevères et Deschambault

Une diminution statistiquement significative des concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} est observée pour la période de 2012 à 2017 à la station Vieux-Limoilou (valeur- $p = 0,043$) (figure 6). Aucune autre tendance ne peut être confirmée pour la période 2007 à 2017. La concentration moyenne annuelle de PM_{2,5} à cette station a été supérieure à la ligne directrice annuelle de l'OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) à cinq reprises au cours de la période de 2010 à 2017.

La fréquence des dépassements de la ligne directrice quotidienne de l'OMS ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et de la norme quotidienne du RAA ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les PM_{2,5} est en général plus importante à la station Vieux-Limoilou qu'aux autres stations. La fréquence des dépassements est faible à la station rurale Deschambault (tableaux 8 et 9).

Tableau 8

Proportion (n et %) de jours avec échantillonnage par année où il y a eu un dépassement de la ligne directrice quotidienne de l'OMS pour les PM_{2,5}¹, 2010 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, St-Charles Garnier, École Les Primevères et Deschambault

Année	Vieux-Limoilou		St-Charles Garnier		École Les Primevères		Deschambault	
	n	%	n	%	n	%	n	%
2010	9/339	2,7	11/339	3,2	5/301	1,7	5/359	1,4
2011	9/351	2,6	2/356	0,6	4/353	1,1	0/349	0,0
2012	17/356	4,8	11/363	3,0	9/358	2,5	1/347	0,3
2013	9/355	2,5	4/255	1,6	7/352	2,0	3/350	0,9
2014	5/356	1,4	3/355	0,8	4/357	1,1	0/345	0,0
2015	8/333	2,4	6/357	1,7	7/358	2,0	0/323	0,0
2016	3/342	0,9	2/338	0,6	4/331	1,2	0/340	0,0
2017	3/357	0,8	0/347	0,0	5/352	1,4	0/350	0,0

1) La ligne directrice quotidienne de l'OMS pour les PM_{2,5} est de 25 µg/m³.

Tableau 9
Proportion (n et %) de jours avec échantillonnage par année où il y a eu un dépassement de la norme quotidienne du règlement sur l'assainissement de l'atmosphère pour les PM_{2,5}¹, 2010 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, St-Charles Garnier, École Les Primevères et Deschambault

Année	Vieux-Limoilou		St-Charles Garnier		École Les Primevères		Deschambault	
	n	%	n	%	n	%	n	%
2010	4/339	1,2	4/339	1,2	2/301	0,7	3/359	0,8
2011	2/351	0,6	1/356	0,3	0/353	0,0	0/349	0,0
2012	9/356	2,5	6/363	1,7	4/358	1,1	1/347	0,3
2013	4/355	1,1	2/255	0,8	2/352	0,6	2/350	0,6
2014	1/356	0,3	0/355	0,0	1/357	0,3	0/345	0,0
2015	2/333	0,6	1/357	0,3	2/358	0,6	0/323	0,0
2016	0/342	0,0	0/338	0,0	1/331	0,3	0/340	0,0
2017	1/357	0,3	0/347	0,0	0/352	0,0	0/350	0,0

1) La norme quotidienne du RAA pour les PM_{2,5} est de 30 µg/m³.

4.2 Oxydes d'azote

Les oxydes d'azote (NO_x) comprennent le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Le NO rejeté au cours de la combustion s'oxyde rapidement en NO₂ dans l'atmosphère. En se dissolvant dans la vapeur d'eau atmosphérique, le NO₂ produit des acides et interagit avec des gaz et des particules présents dans l'atmosphère pour former des nitrates et d'autres composés qui peuvent être nocifs (Gouvernement du Canada, 2013) et entrer dans la composition des PM_{2,5}. Les oxydes d'azote sont aussi des précurseurs de l'ozone troposphérique (couche de l'atmosphère la plus proche de la terre), sous l'effet du rayonnement solaire.

4.2.1 Principaux effets sur la santé

Le NO₂ est la forme d'oxyde d'azote qui a la plus grande toxicité. Les principaux effets reconnus d'une exposition aiguë au NO₂ sont l'inflammation des voies respiratoires, l'hyperréactivité bronchique, l'augmentation des symptômes respiratoires et la réduction de la fonction pulmonaire (INSPQ, 2012). L'augmentation de l'exposition journalière a été associée à une augmentation de la morbidité respiratoire (US EPA, 2016b). L'exposition chronique au NO₂ est liée à une diminution de la capacité pulmonaire, une exacerbation des symptômes respiratoires chez les asthmatiques et un ralentissement

du développement de la fonction respiratoire chez les enfants (INSPQ, 2012). Elle pourrait aussi contribuer au développement de l'asthme et augmenter la susceptibilité aux infections (US EPA, 2016b).

4.2.2 Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence

Les concentrations moyennes annuelles de NO₂ diminuent de manière statistiquement significative à la station Vieux-Limoilou (de 2007 à 2012, valeur-*p* = 0,016), St-Charles-Garnier (de 2010 à 2017, valeur-*p* = 0,004) et Les Primevères (de 2010 à 2017, valeur-*p* = 0,003) (figure 7). Elles sont stables de 2012 à 2017 à la station Vieux-Limoilou.

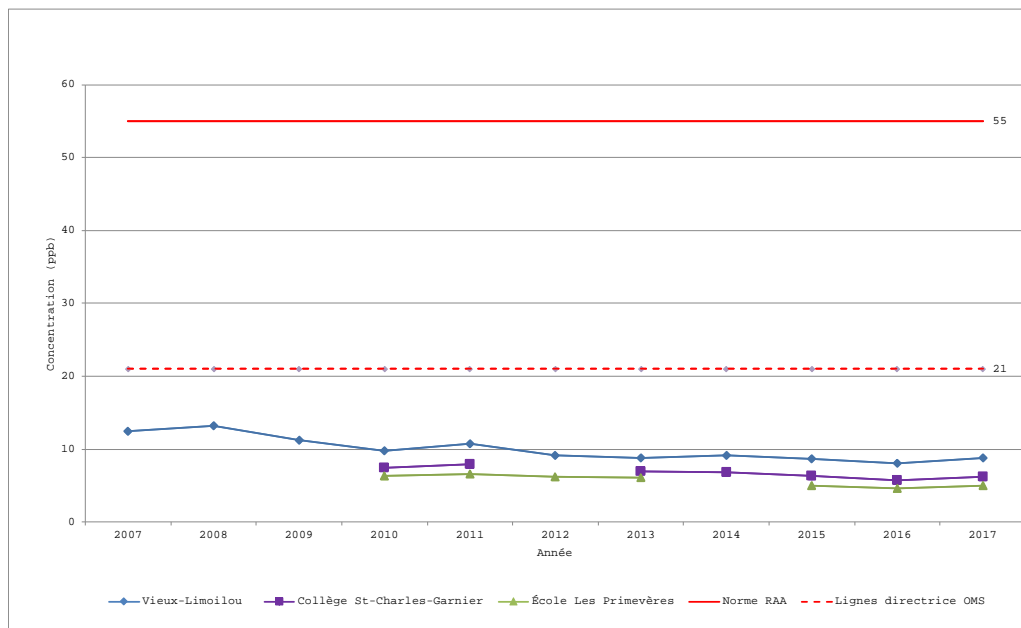


Fig. 7 - Concentrations moyennes annuelles de NO₂, 2007 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, St-Charles Garnier et École Les Primevères

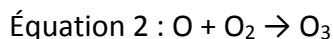
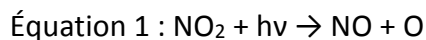
Note : La moyenne annuelle n'est pas valide pour la Station St-Charles Garnier en 2012 et pour la Station École Les Primevères en 2014.

Aucun dépassement des normes horaire (220 ppb) et quotidienne (110 ppb) du RAA ainsi que de la ligne directrice horaire de l'OMS (106 ppb) n'a été observé pour les trois stations mesurant le NO₂ dans la région, de 2007 à 2017.

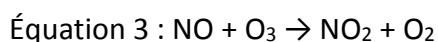
4.3 Ozone

L'O₃ est un contaminant secondaire produit à la suite des réactions photochimiques entre différents précurseurs tels que les NO_x et les COV. Les émissions de NO_x jouent un rôle important dans la formation de l'O₃. Le NO₂ est décomposé par l'action du rayonnement solaire (*hν*) en NO et en un atome d'oxygène

(équation 1). L'atome d'oxygène ainsi formé réagit par la suite avec l'O₂ de l'air, ce qui produit de l'O₃ (équation 2).



Dans un milieu saturé en NO_x, par exemple à proximité de voies de circulation importantes, le NO réagit avec l'O₃ et est converti en NO₂ (équation 3). Ceci provoque une diminution des concentrations d'O₃ dans le milieu. En milieu urbain, lorsque les émissions de NO diminuent, les concentrations d'O₃ augmentent puisqu'il y a moins de NO disponible dans l'air pour réagir avec l'O₃ (équation 3).



Cette réaction, combinée au transport atmosphérique sur de grandes distances, fait en sorte que les concentrations d'O₃ sont souvent plus faibles dans les zones urbaines et plus élevées dans les zones rurales (INSPQ, 2012).

L'ozone et les particules fines sont à l'origine des épisodes de smog. Ce dernier peut souvent être observé sous forme d'une brume jaunâtre qui limite la visibilité dans l'atmosphère (MELCC, 2019c).

4.3.1 Principaux effets sur la santé

La sensibilité individuelle aux effets de l'O₃ sur la santé est variable. Même à de très faibles concentrations, des effets chez les personnes sensibles sont possibles. Les groupes les plus vulnérables sont les enfants, les personnes âgées et les personnes avec des maladies respiratoires (NEPHT, 2017). L'O₃ peut entraîner des effets aigus d'irritation de la sphère oto-rhino-laryngologique (ORL), 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, de la morbidité respiratoire, des consultations à l'urgence et des hospitalisations (Sheffield et coll., 2015). L'O₃ augmente la susceptibilité aux infections respiratoires. Il y a un lien entre les concentrations quotidiennes d'O₃ et la mortalité durant les mois d'été. L'exposition chronique à l'O₃ cause vraisemblablement des dommages pulmonaires et pourrait augmenter le risque de développer de l'asthme et engendrer de la mortalité prématurée due à des maladies respiratoires (INSPQ, 2012; US EPA, 2017b).

4.3.2 Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence

Les concentrations moyennes annuelles d'O₃ pour la période 2007 à 2017 sont présentées à la figure 8. Depuis 2013, elles sont plus élevées à la station de St-François-de-l'Île-d'Orléans, suivie des stations St-Charles-Garnier, Deschambault et École Les Primevères puis de Vieux-Limoilou et Ste-Catherine-de-la-Jacques-Cartier. Ces concentrations sont stables aux stations Deschambault et Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier, mais elles augmentent de manière significative pour les autres stations (St-François-de-

l'Île-d'Orléans valeur- $p = 0,012$; Vieux-Limoilou valeur- $p = 0,004$; St-Charles-Garnier valeur- $p = 0,011$; Les Primevères valeur- $p = 0,002$).

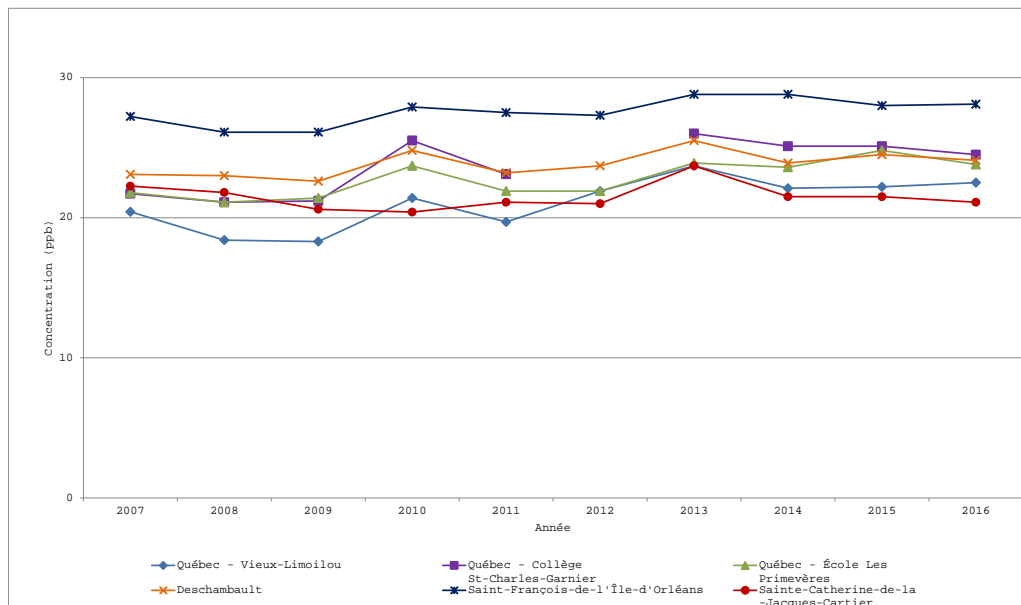


Fig. 8 - Concentrations moyennes annuelles d'O₃, 2007 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Deschambault, Saint-François-de-l'Île-d'Orléans, Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier, Vieux-Limoilou, St-Charles Garnier et École Les Primevères

Note : Les données sont non valides pour la station St-Charles Garnier en 2012.

Il y a eu peu de jours de dépassement de la norme horaire (82 ppb) et quelques jours de dépassement de la norme 8 heures (64 ppb) du RAA depuis 2007 dans la région. Les quelques dépassements de la norme horaire ont été notés en 2007 à l'ensemble des stations et en 2010, seulement aux stations Deschambault et École Les Primevères (tableaux 10, 11). Des dépassements de la norme 8 heures ont été observés à chacune des stations pour plusieurs des années d'échantillonnage (tableaux 12 et 13).

Tableau 10

Proportion (n et %) de jours avec échantillonnage par année où il y a eu un dépassement de la norme horaire du règlement sur l'assainissement de l'atmosphère pour l'O₃¹, 2007 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Deschambault, Ste-Catherine-de-la-Jacques-Cartier et St-François-de-l'Île-d'Orléans

Année	Deschambault		Ste-Catherine-de-la-Jacques-Cartier		St-François-de-l'Île-d'Orléans	
	n	%	n	%	n	%
2007	3/360	0,8	2/350	0,6	3/364	0,8
2008	0/341	0,0	0/309	0,0	0/357	0,0
2009	0/356	0,0	0/325	0,0	0/345	0,0
2010	1/359	0,3	0/355	0,0	0/354	0,0
2011	0/340	0,0	0/362	0,0	0/363	0,0
2012	0/356	0,0	0/364	0,0	0/360	0,0
2013	0/352	0,0	0/361	0,0	0/362	0,0
2014	0/350	0,0	0/350	0,0	0/353	0,0
2015	0/347	0,0	0/349	0,0	0/350	0,0
2016	0/365	0,0	0/355	0,0	0/352	0,0
2017	0/354	0,0	0/364	0,0	0/355	0,0

1) La norme horaire du RAA pour l'O₃ est de 82 ppb.

Tableau 11

Proportion (n et %) de jours avec échantillonnage par année où il y a eu un dépassement de la norme horaire du règlement sur l'assainissement de l'atmosphère pour l'O₃¹, 2007 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, St-Charles Garnier et École Les Primevères

Année	Vieux-Limoilou		St-Charles Garnier		École Les Primevères	
	n	%	n	%	n	%
2007	2/356	0,6	2/359	0,6	3/363	0,8
2008	0/342	0,0	0/363	0,0	0/363	0,0
2009	0/342	0,0	0/357	0,0	0/363	0,0
2010	0/358	0,0	0/346	0,0	1/354	0,3
2011	0/360	0,0	0/364	0,0	0/363	0,0
2012	0/362	0,0	0/252	0,0	0/354	0,0
2013	0/359	0,0	0/348	0,0	0/359	0,0
2014	0/363	0,0	0/360	0,0	0/365	0,0
2015	0/354	0,0	0/365	0,0	0/321	0,0
2016	0/362	0,0	0/354	0,0	0/350	0,0
2017	0/356	0,0	0/365	0,0	0/354	0,0

1) La norme horaire du RAA pour l'O₃ est de 82 ppb.

Tableau 12

Proportion (n et %) de jours avec échantillonnage par année où il y a eu un dépassement de la norme 8 heures du RAA pour l'O₃¹, 2007 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Deschambault, Ste-Catherine-de-la-Jacques-Cartier et St-François-de-l'Île-d'Orléans

Année	Deschambault		Ste-Catherine-de-la-Jacques-Cartier		St-François-de-l'Île-d'Orléans	
	n	%	n	%	n	%
2007	7/362	1,9	4/355	1,1	5/365	1,4
2008	1/355	0,3	0/314	0,0	3/360	0,8
2009	2/360	0,6	1/337	0,3	2/352	0,6
2010	4/365	1,1	0/358	0,0	3/359	0,8
2011	0/345	0,0	0/365	0,0	0/365	0,0
2012	1/362	0,3	0/366	0,0	0/366	0,0
2013	1/364	0,3	1/365	0,3	0/365	0,0
2014	0/361	0,0	0/360	0,0	0/362	0,0
2015	2/357	0,6	1/355	0,3	1/356	0,3
2016	2/366	0,6	0/363	0,0	1/358	0,3
2017	1/360	0,3	0/365	0,0	0/359	0,0

1) La norme 8 heures du RAA pour l'O₃ est de 64 ppb.

Tableau 13

Proportion (n et %) de jours avec échantillonnage par année où il y a eu un dépassement de la norme 8 heures du RAA pour l'O₃¹, 2007 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, St-Charles Garnier et École Les Primevères

Année	Vieux-Limoilou		St-Charles Garnier		École Les Primevères	
	n	%	n	%	n	%
2007	3/362	0,8	4/362	1,1	5/365	1,4
2008	0/351	0,0	1/366	0,3	0/366	0,0
2009	2/360	0,6	2/363	0,6	2/365	0,6
2010	1/363	0,3	3/350	0,9	2/364	0,6
2011	0/365	0,0	0/365	0,0	0/365	0,0
2012	0/366	0,0	1/257	0,4	0/363	0,0
2013	1/364	0,3	0/352	0,0	0/365	0,0
2014	0/365	0,0	0/365	0,0	0/365	0,0
2015	1/362	0,3	1/365	0,3	1/322	0,3
2016	1/365	0,3	1/361	0,3	1/352	0,3
2017	0/361	0,0	0/365	0,0	0/363	0,0

1) La norme 8 heures du RAA pour l'O₃ est de 64 ppb.

4.4 Dioxyde de soufre

4.4.1 Principaux effets sur la santé

Une exposition aiguë au SO₂ provoque une bronchoconstriction et des réactions de type asthmatique (US EPA, 2017c). Le SO₂ provoque aussi l'inflammation des voies respiratoires et serait lié à la morbidité respiratoire et à la mortalité cardiorespiratoire prématurée (INSPQ, 2012). Les personnes souffrant d'asthme sont plus sensibles aux effets du SO₂. Les évidences seraient suffisantes pour lier l'exposition chronique au développement de l'asthme chez les enfants (US EPA, 2017c).

4.4.2 Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence

La concentration moyenne annuelle de SO₂ a diminué de façon statistiquement significative de 2007 à 2017 (valeur-*p* = 0 001) à la station Vieux-Limoilou (figure 9). Ces valeurs mesurées sont bien en-dessous de la norme annuelle du RAA (20 ppb).

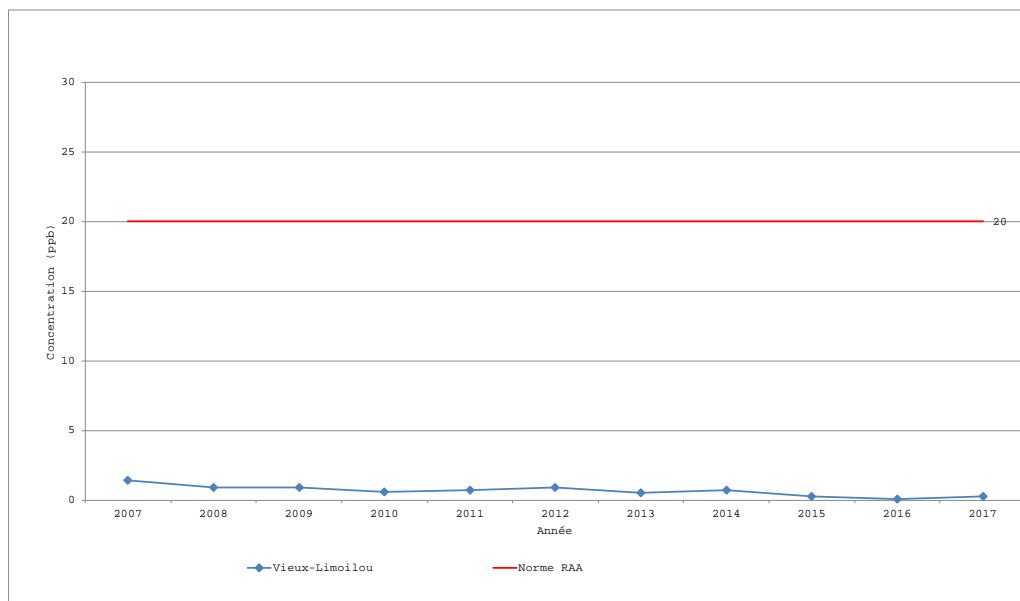


Fig. 9 - Concentrations moyennes annuelles de SO₂, 2007 à 2017, région de la Capitale-Nationale, station Vieux-Limoilou

Pour la période à l'étude, il y a eu quatre jours de dépassement de la ligne directrice de l'OMS sur 24 heures pour le SO₂ (8 ppb) à la station Vieux-Limoilou. Les quatre dépassements ont eu lieu en 2007. Aucun dépassement de la norme du RAA sur 24 heures (110 ppb) n'a été noté. Il n'y a pas eu non plus de dépassement de la norme du RAA sur 4 minutes (400 ppb) et de la ligne directrice de l'OMS sur 10 minutes (190 ppb).

4.5 Monoxyde de carbone

4.5.1 Principaux effets sur la santé

L'accumulation de CO limite la quantité d'oxygène qui est transportée aux organes vitaux comme le cœur et le cerveau (US EPA, 2019a). Le CO a une densité proche de celle de l'air, ce qui favorise sa dilution rapide et réduit les risques d'accumulation en concentrations dangereuses lorsqu'il est émis à l'extérieur. Cependant, les personnes avec des problèmes de santé cardiovasculaires sous-jacents peuvent être plus sensibles aux effets du CO, surtout lorsqu'ils sont soumis à un stress ou lorsqu'ils font de l'exercice à l'extérieur (US EPA, 2019a).

4.5.2 Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence

Le CO n'est mesuré qu'à la station Vieux-Limoilou. Les concentrations moyennes annuelles de CO sont stables de 2007 à 2017 (figure 10). Il n'y a pas eu de dépassement de la norme 1 et 8 heures pour cette période.

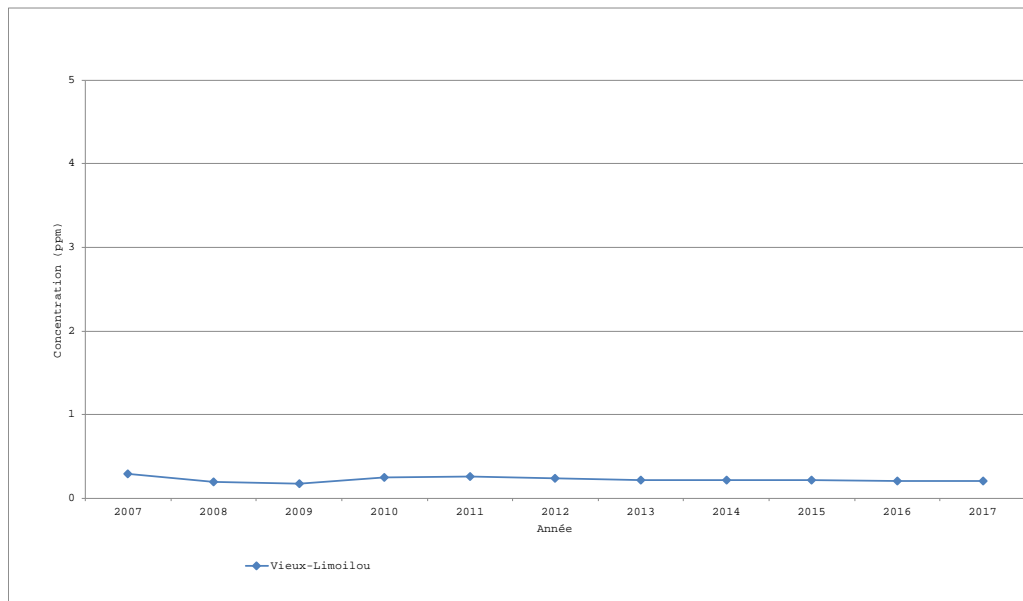


Fig. 10 - Concentrations moyennes annuelles de CO, 2007 à 2017, région de la Capitale-Nationale, station Vieux-Limoilou

4.6 Métaux

Les métaux sont des solides et des constituants des particules en suspension, à l'exception du mercure élémentaire qui se trouve dans l'air ambiant en phase gazeuse. Ils se retrouvent dans des particules de différentes tailles. Les métaux dont les concentrations sont présentées ici ont été choisis pour leurs effets sur la santé.

4.6.1 Antimoine

4.6.1.1 Principaux effets sur la santé

Les études conduites principalement chez des travailleurs ont montré que l'antimoine est irritant pour les yeux, les voies respiratoires et le système gastro-intestinal. Il peut également avoir des effets cardiaques (ATSDR, 2017). Selon la forme, il a été classé possiblement cancérigène ou inclassable par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) (IARC 1989).

4.6.1.2 Évolution des concentrations moyennes annuelles et respect des valeurs de référence

Aucune tendance significative sur le plan statistique n'est observée dans l'évolution des concentrations moyennes annuelles d'antimoine sur la période 2010-2017 (figure 11). Ces concentrations sont en deçà de la norme annuelle du RAA de $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

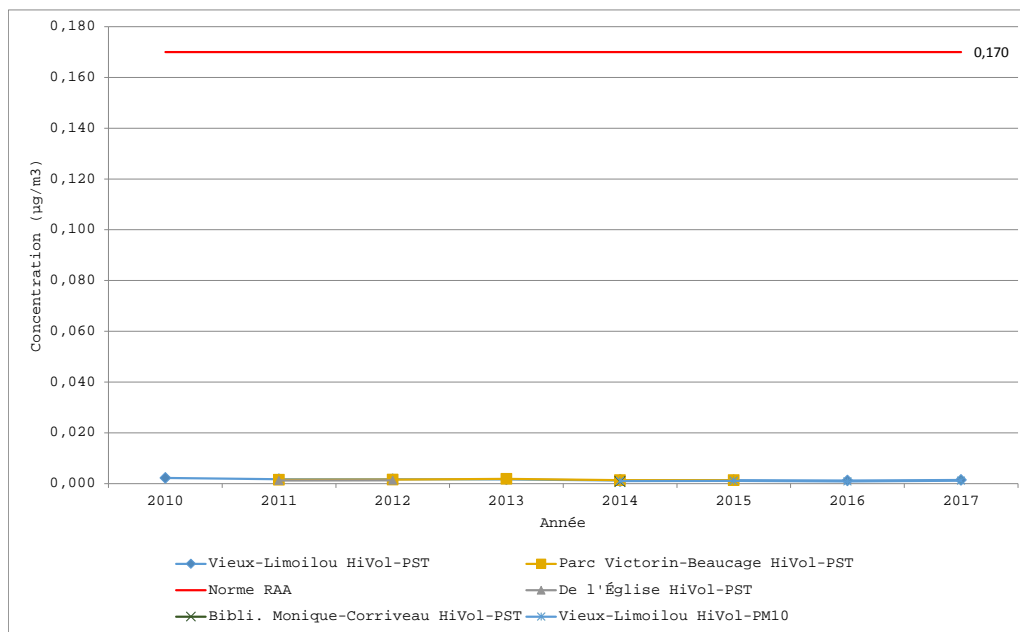


Fig. 11 - Concentrations moyennes annuelles d'antimoine dans les PST et les PM₁₀, 2010 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, Bibliothèque Monique-Corriveau, Parc Victorin-Beaucage et De l'Église

Note : Les données ne sont pas présentées pour la station De L'Église en 2013, pour les PM₁₀ à la station Vieux Limoilou en 2013 et pour la Station Parc Victorin-Beaucage en 2016 puisqu'il y a moins de vingt mesures disponibles pour l'année.

4.6.2 Arsenic

4.6.2.1 Principaux effets sur la santé

L'air ambiant ne représente qu'une très faible proportion de l'exposition humaine à l'arsenic. L'inhalation chronique d'arsenic inorganique peut entraîner des effets cutanés, neurologiques et circulatoires (ATSDR, 2007a). L'arsenic et ses composés inorganiques sont classés cancérigènes par le CIRC (cancer du poumon) (IARC, 2012a).

4.6.2.2 Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence

Les tests statistiques effectués n'ont pas permis de démontrer une tendance statistiquement significative dans l'évolution des concentrations moyennes annuelles d'arsenic sur la période 2010-2017 (figure 12). Ces concentrations ont souvent dépassé la norme annuelle du RAA dans les PST (0,003 µg/m³) au cours des dernières années. Elles sont similaires à celles d'autres milieux urbains où il n'y a pas de sources spécifiques (Foucreault et coll., 2016b).

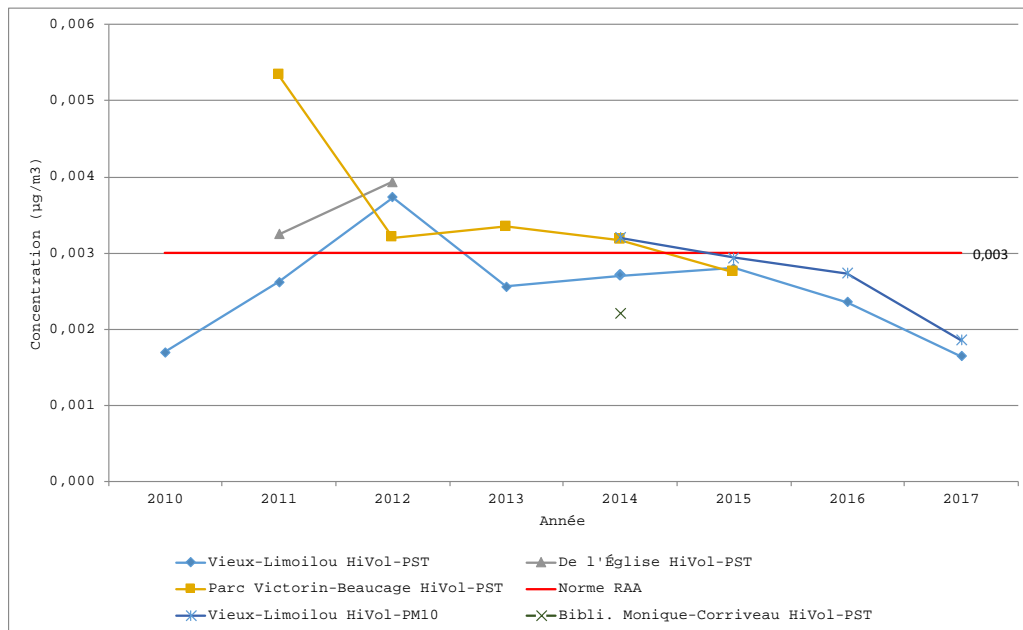


Fig. 12 - Concentrations moyennes annuelles d'arsenic dans les PST et les PM₁₀, 2010 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, Bibliothèque Monique-Corriveau, Parc Victorin-Beaucage et De l'Église

Note : Les données ne sont pas présentées pour la station De L'Église en 2013, pour les PM₁₀ à la station Vieux Limoilou en 2013 et pour la Station Parc Victorin-Beaucage en 2016 puisqu'il y a moins de 20 mesures disponibles pour l'année.

L'exposition à l'arsenic correspond à un risque observé de 3 à 6 x 10⁻⁶ pour le cancer du poumon (tableau 14). Cela est supérieur à un 1 cas de cancer sur 1 million de personnes exposées durant toute la vie (70 ans), seuil de risque à partir duquel une intervention de santé publique est souvent jugée nécessaire (WHO, 2001).

Tableau 14

Estimé de risque du cancer du poumon lié à l'arsenic pour une exposition à vie aux concentrations moyennes mesurées dans l'air, 2010 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, Bibliothèque Monique-Corriveau, Parc Victorin-Beaucage et De l'Église

Estimé de risque unitaire ^{1,2}	Concentration moyenne mesurée dans l'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Estimé de risque cancérogène à vie
1,5 x 10 ⁻³	Vieux-Limoilou PST : 0,003	4,5 X 10 ⁻⁶
	Vieux-Limoilou PM ₁₀ : 0,003	4,5 X 10 ⁻⁶
	Bibliothèque Monique-Corriveau : 0,002	3 X 10 ⁻⁶
	Parc Victorin-Beaucage : 0,004	6 X 10 ⁻⁶
	De l'Église : 0,004	6 X 10 ⁻⁶

- 1) Risque cancérogène pour une exposition à 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la vie (70 ans).
- 2) OMS 2000 Air quality guidelines for Europe 2nd edition.

4.6.3 Cadmium

4.6.3.1 Principaux effets sur la santé

L'exposition au cadmium est fortement influencée par le tabagisme, qui est une source d'exposition importante (ATSDR, 2012a). Les effets les mieux documentés d'une exposition chronique par inhalation au cadmium sont des dommages rénaux et pulmonaires. Une diminution de la fonction pulmonaire, le développement d'emphysème et des dommages à l'épithélium nasal ont été documentés chez les travailleurs (ATSDR, 2012b). Le cadmium et ses composés seraient liés au développement du cancer du poumon et ils ont été classés cancérogènes par le CIRC (IARC, 2012a).

4.6.3.2 Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence

Aucune tendance claire significative sur le plan statistique n'est observée dans l'évolution des concentrations moyennes annuelles de cadmium sur la période 2010-2017 (figure 13). Les valeurs mesurées sont sous la norme annuelle du RAA (0,003 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et sous la ligne directrice annuelle de l'OMS (0,005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour toutes les stations de la région durant la période observée (figure 13). La concentration moyenne la plus élevée, soit 0,002 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a été observée dans les PST à la station Vieux-Limoilou en 2010. Elle est attribuable à deux journées (sur 19) pour lesquelles les concentrations ont été beaucoup plus élevées que les concentrations habituelles (0,022 6 et 0,026 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Son intervalle de confiance à 95 % recoupe cependant celles des moyennes des autres stations pour les autres années. La concentration moyenne de cadmium à la station Vieux-Limoilou en 2010 n'est donc pas statistiquement différente de celles des autres stations et années d'échantillonnage.

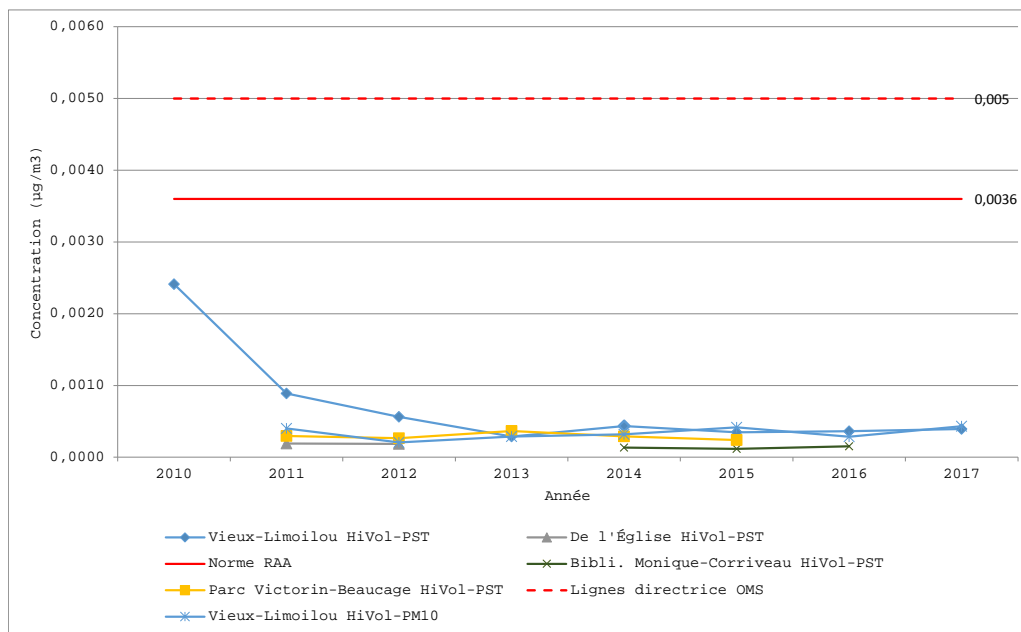


Fig. 13 - Concentrations moyennes annuelles de cadmium dans les PST et les PM10, 2010 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, Bibliothèque Monique-Corriveau, Parc Victorin-Beaucage et De l'Église

Note : Les données ne sont pas présentées pour la station De l'Église en 2013 et pour la Station Parc Victorin-Beaucage en 2016, puisqu'il y a moins de vingt mesures disponibles pour l'année.

4.6.4 Cobalt

4.6.4.1 Principaux effets sur la santé

Le cobalt est essentiel à la vie puisqu'il est une composante de la vitamine B₁₂. L'inhalation de concentrations élevées de cobalt chez les travailleurs peut causer de l'irritation des voies respiratoires, de l'asthme et une fibrose interstitielle. L'exposition au cobalt peut également être responsable de conjonctivites et de rhinites ainsi que d'allergies se traduisant en asthme ou en réactions cutanées (ATSDR, 2004). Le cobalt et ses composés ainsi que les sels de cobalt ont été classés possiblement cancérigène pour l'humain (IARC, 1991; IARC, 2006a). Le cobalt est classé probablement ou possiblement cancérigène selon sa spéciation (IARC, 2006a).

4.6.4.2 Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence

Les concentrations moyennes annuelles de cobalt ont diminué de façon statistiquement significative à la station Parc Victorin-Beaucage de 2011 à 2015 (valeur-*p* = 0,011). Aucune tendance statistiquement significative ne se dégage des mesures aux autres stations. Les concentrations moyennes annuelles de cobalt dans la région ont été faibles dans les dernières années (figure 14). La moyenne élevée observée en 2010 est attribuable à trois concentrations beaucoup plus élevées parmi les 22 prélèvements

effectués (0,468; 0,072 et 0,069 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Son intervalle de confiance à 95 % recoupe cependant celles des moyennes des autres stations aux autres années, ce qui signifie qu'elle n'est pas différente des autres stations et années d'échantillonnage.

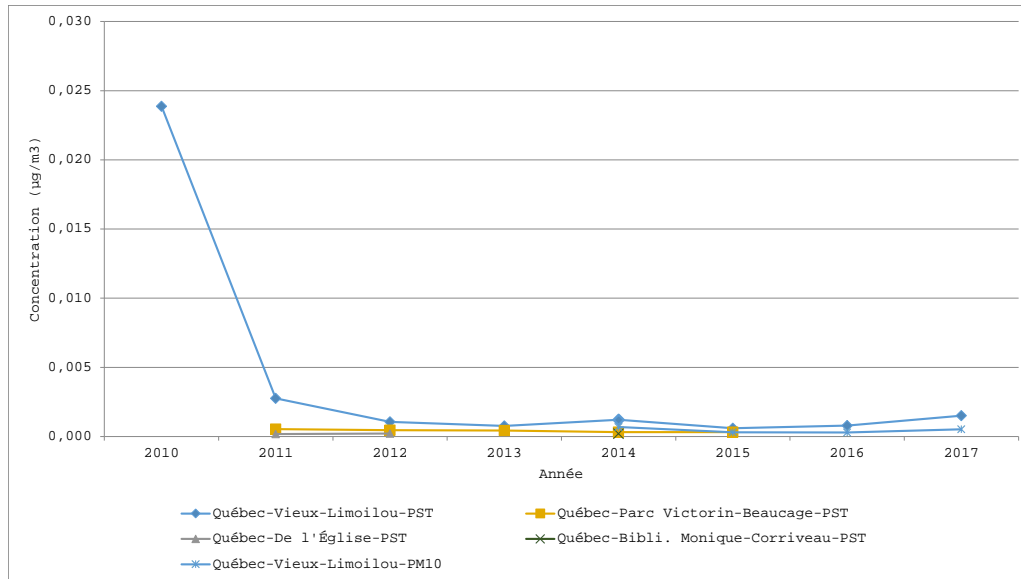


Fig. 14 - Concentrations moyennes annuelles de cobalt dans les PST et les PM10, 2010 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, Bibliothèque Monique-Corriveau, Parc Victorin-Beaucage et De l'Église

Note : Les données ne sont pas présentées pour la station De l'Église en 2013, pour les PM10 à la station Vieux-Limoilou en 2013 et pour la Station Parc Victorin-Beaucage en 2016 puisqu'il y a moins de vingt mesures disponibles pour l'année.

4.6.5 Manganèse

4.6.5.1 Principaux effets sur la santé

En faible quantité, le manganèse est un nutriment essentiel au maintien d'une bonne santé. Des symptômes neurologiques et des problèmes cognitifs peuvent cependant être observés suite à l'inhalation de manganèse (ATSDR, 2012c). Il n'est pas possible de conclure quant au risque cancérogène lié au manganèse (ATSDR, 2012c).

4.6.5.2 Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence

Une diminution statistiquement significative des concentrations de manganèse dans les PST est observée à la station Vieux-Limoilou entre 2010 et 2014 (valeur- $p = 0,049$). Aucune autre tendance n'est observée sur la période 2010-2017 (figure 15). Ces concentrations sont inférieures à la ligne directrice suggérée par l'OMS (0,150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

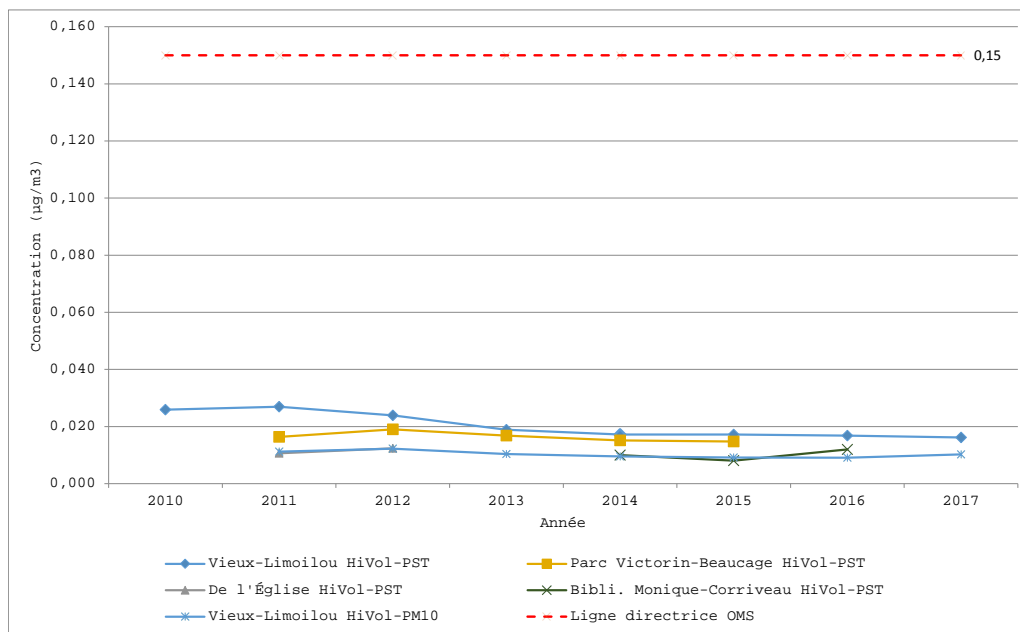


Fig. 15 - Concentrations moyennes annuelles de manganèse dans les PST et les PM10, 2010 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, Bibliothèque Monique-Corriveau, Parc Victorin-Beaucage et De l'Église

Note : Les données ne sont pas présentées pour la station De L'Église en 2013 et pour la Station Parc Victorin-Beaucage en 2016 puisqu'il y a moins de vingt mesures disponibles pour l'année.

4.6.6 Nickel

4.6.6.1 Principaux effets sur la santé

Environ 10 à 20 % de la population est sensibilisée aux effets du nickel, c'est-à-dire qu'une exposition aiguë ou chronique, même à de faibles concentrations, peut entraîner des effets allergiques. La sensibilisation requiert l'exposition à des doses importantes ou sur une période prolongée. Dans la population générale, le perçage avec des bijoux qui en contiennent de grandes quantités sont la cause principale de sensibilisation. L'inhalation de nickel à des concentrations élevées en milieu de travail pourrait être liée à la bronchite chronique, l'emphysème, la fibrose pulmonaire et la diminution de la fonction pulmonaire (ATSDR, 2005). Les composés de nickel sont classés cancérigènes par le CIRC. Le métal et les alliages sont possiblement cancérigènes. Le nickel est lié à des cancers nasaux et respiratoires (IARC 2012a).

4.6.6.2 Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence

Les valeurs de nickel mesurées dans la région dans les dernières années sont présentées à la figure 16. Elles sont en diminution statistiquement significative à la station Parc Victorin-Beaucage ($p = 0,018$). Une autre méthode statistique de détection des tendances utilisée par le MELCC montre une baisse

statistiquement significative des valeurs dans les PST de 2010 à 2015 à la station Vieux-Limoilou. Aucune tendance significative sur le plan statistique ne se dégage des autres mesures.

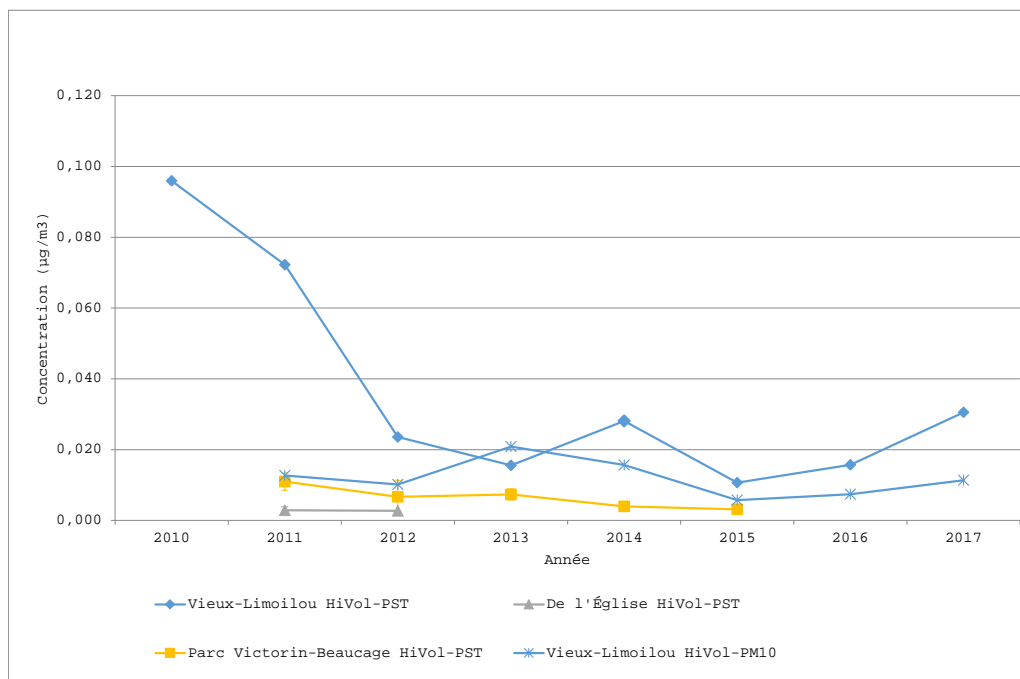


Fig. 16 - Concentrations moyennes annuelles de nickel dans les PST et les PM₁₀, 2010 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, Parc Victorin-Beaucage et De l'Église

Notes : Les données ne sont pas présentées pour la station De l'Église en 2013 et pour la Station Parc Victorin-Beaucage en 2016 puisqu'il y a moins de vingt mesures disponibles pour l'année. La moyenne n'a pas été calculée pour la station Bibliothèque Monique-Corriveau en 2014 étant donné que la proportion d'échantillons dont la valeur est < LD est > 80 %.

Le nickel mesuré dans les PM₁₀ de la station Vieux-Limoilou dépasse la norme journalière du RAA (0,014 µg/m³) pour 7,7 à 21,4 % des échantillons pour la période 2011 à 2017 (tableau 15).

Tableau 15

Proportion (n et %) de jours avec échantillonnage par année où il y a eu un dépassement de la norme du RAA pour le nickel dans les PM₁₀¹, 2011 à 2017, région de la Capitale-Nationale, station Vieux-Limoilou

Année	Vieux-Limoilou	
	n	%
2011	7/36	19,4
2012	12/56	21,4
2013	10/56	17,9
2014	20/155	12,9
2015	10/130	7,7
2016	13/142	9,2
2017	14/148	9,5

1) La norme quotidienne du RAA pour le nickel dans les PM₁₀ est de 0,014 µg/m³.

L'exposition au nickel correspond à un risque observé de $1,1 \times 10^{-6}$ à $1,4 \times 10^{-5}$ (tableau 16). Cela est supérieur à 1 cas de cancer sur 1 million de personnes exposées durant toute la vie (70 ans), seuil de risque à partir duquel une intervention de santé publique est souvent jugée nécessaire (WHO, 2001). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus lors de l'analyse avec les concentrations de nickel dans les PM₁₀ mesurées en 2014 à la station Vieux-Limoilou, présentés dans l'*Avis complémentaire de santé publique sur la contamination environnementale dans le quartier Limoilou : le nickel* (CIUSSS-CN, 2015).

Tableau 16

Estimé de risque de cancer du poumon lié au nickel pour une exposition à vie aux concentrations moyennes mesurées, 2010 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, Parc Victorin-Beaucage et De l'Église

Estimé de risque unitaire ^{1,2}	Concentration moyenne mesurée dans l'air (µg/m ³)	Estimé de risque cancérogène à vie
3,8 x 10 ⁻⁴	Vieux-Limoilou PST : 0,037	1,4 X 10 ⁻⁵
	Vieux-Limoilou PM ₁₀ : 0,012	4,6 X 10 ⁻⁶
	Parc Victorin-Beaucage : 0,006	2,3 X 10 ⁻⁶
	De l'Église : 0,003	1,1 X 10 ⁻⁶

1) Risque cancérogène pour une exposition à 1 µg/m³ pour la vie (70 ans).

2) WHO, 2000.

4.6.7 Plomb

4.6.7.1 Principaux effets sur la santé

Le système nerveux est le plus touché par l'exposition au plomb. Une faible exposition peut entraîner de légers déficits neuro-développementaux chez l'enfant. Il n'y a pas de dose considérée sécuritaire (Schnur, 2014). L'exposition chronique à de petites concentrations de plomb peut causer des faiblesses dans les doigts, les poignets et les chevilles. Elle peut augmenter la pression artérielle chez les adultes et causer de l'anémie. À des concentrations plus élevées, ce sont le cerveau et les reins qui peuvent être atteints, tant chez les adultes que chez les enfants. Des problèmes de reproduction sont aussi documentés (avortements spontanés et dommages testiculaires) (ATSDR, 2007b). Le CIRC a déterminé que le plomb inorganique est possiblement cancérigène et que le plomb organique est inclassable (IARC, 2006b).

4.6.7.2 Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence

Les concentrations moyennes annuelles de plomb mesurées dans la région sont en diminution statistiquement significative dans les PST (valeur- $p = 0,029$) et les PM_{10} ($p = 0,006$) à la station Vieux Limoilou. Les tendances ne sont pas significatives sur le plan statistique aux autres stations (figure 17). Elles se situent en deçà de la norme du RAA ($0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

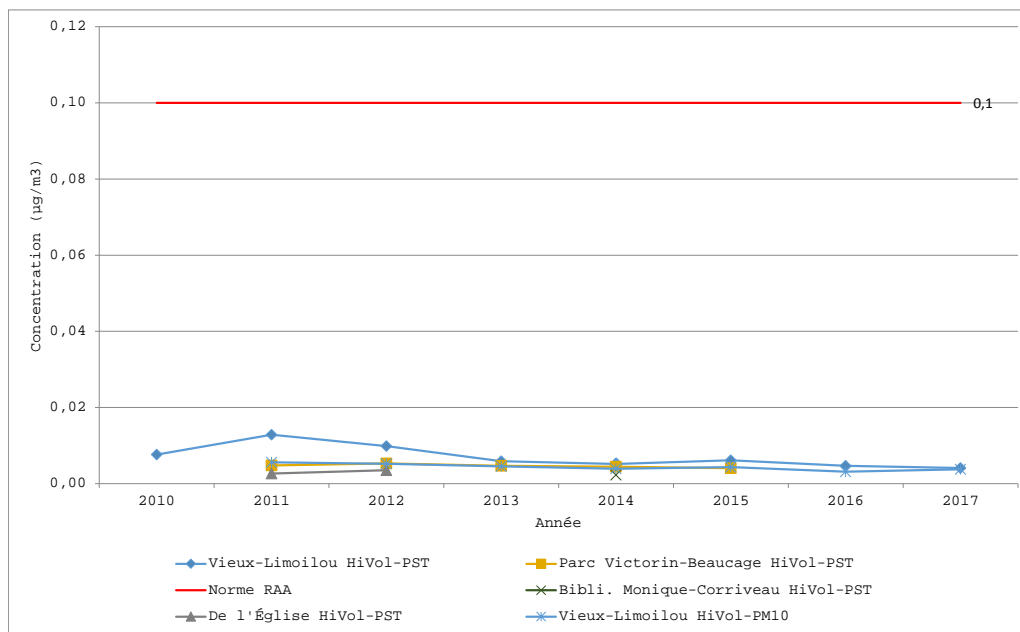


Fig. 17 - Concentrations moyennes annuelles de plomb dans les PST et les PM10, 2010 à 2017, région de la Capitale-Nationale, stations Vieux-Limoilou, Bibliothèque Monique-Corriveau, Parc Victorin-Beaucage et De l'Église

Notes : Les données ne sont pas présentées pour la station De l'Église en 2013 et pour la Station Parc Victorin-Beaucage en 2016 puisqu'il y a moins de vingt mesures disponibles pour l'année. La ligne directrice de l'OMS (0,5 µg/m³) présentée au tableau 3 n'est pas représentée ici.

4.7 Composés organiques

Les contaminants organiques dans l'air peuvent être divisés en deux grandes classes, soit les composés organiques volatils (COV) et les composés organiques semi-volatils (COSV). Les COV contiennent au moins un atome de carbone et se trouvent à l'état gazeux aux conditions atmosphériques normales de température et de pression (US EPA, 2019b). Les COSV ont une pression de vapeur inférieure à celle des COV et se trouvent dans l'atmosphère sous forme gazeuse ou solide, selon les caractéristiques physiques de la molécule et les conditions environnementales. Trois familles de COSV sont particulièrement associées à la pollution atmosphérique, soit les PCDD/F, les HAP et les BPC.

4.7.1 Composés organiques volatils

On peut recenser plusieurs centaines de COV différents dans l'air extérieur.

4.7.1.1 Principaux effets sur la santé

Plusieurs COV sont peu toxiques aux concentrations habituellement retrouvées dans l'air extérieur. Plusieurs ont des seuils de détection olfactive très faibles et les odeurs qu'ils génèrent peuvent causer

des nuisances. Les solvants, peintures et des substances comme le styrène, utilisées dans la fabrication des matériaux composites, sont régulièrement responsables de plaintes pour nuisances olfactives. Ces dernières constituent une grande partie des problèmes de qualité de l'air.

Les COV chlorés sont généralement plus toxiques. Certains d'entre eux sont reconnus cancérigènes chez l'homme, comme par exemple le chlorure de vinyle, le chloroforme et le 1,3-butadiène. Leurs concentrations dans l'environnement sont toutefois en général peu élevées.

Quatre composés font l'objet d'un suivi environnemental plus régulier, soit le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et le xylène (regroupés sous l'acronyme BTEX). De ces quatre substances, le benzène est de loin celui qui a le plus d'effets sur la santé humaine. Une exposition à long terme au benzène dans l'air peut entraîner de l'anémie et des problèmes du système immunitaire (ATSDR, 2007c). De plus, le benzène est un cancérigène prouvé chez l'homme, il est associé au développement de leucémies (IARC, 2018). À des concentrations élevées, le toluène exerce des effets sur le système nerveux central, la vision et l'audition. Les effets permanents d'une exposition à de faibles doses durant plusieurs années ne sont pas bien connus. Cependant, les concentrations auxquelles est exposée la population générale sont inférieures à celles pour lesquelles de tels effets sur la santé ont été observés, généralement dans des études chez les travailleurs (ATSDR, 2015).

Les COV exercent aussi une toxicité indirecte en tant que précurseur de la formation d'O₃ dans l'atmosphère.

4.7.1.2 Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence

Aucun dépassement des normes quotidiennes n'a été observé pour le benzène et le dichlorobenzène en 2016 à la station Vieux-Limoilou (tableau 17).

Tableau 17
Concentrations maximales sur 24 heures de certains COV, juin à décembre 2016, région de la Capitale-Nationale, station Vieux-Limoilou

COV	Maximum (µg/m ³)	Valeurs de référence (µg/m ³)
		24 h
Benzène	2	10
Dichlorobenzène-1,3	0,07	170

Les concentrations moyennes annuelles des BTEX mesurées en 1997 et 1998 à la station Vieux-Limoilou sont présentées au tableau 18.

Tableau 18
Concentration moyenne annuelle des BTEX, février 1997 à mars 1998, région de la Capitale-Nationale, station Vieux-Limoilou

COV	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	n
Benzène	0,76	28
Toluène	15,93	28
Éthylbenzène	3,50	28
Xylène	8,99	28

Les normes annuelles du RAA pour l'éthylbenzène ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et le xylène ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ont été respectées en 1997 et 1998.

4.7.2 Dioxines et furanes

Les polychlorodibenzodioxines et les polychlorodibenzofuranes (PCDD/F) constituent une même famille de molécules qui comprend 75 dioxines et 135 furanes. La toxicité des molécules individuelles varie selon le nombre d'atomes de chlore qu'elles comportent et la position de ces atomes dans les molécules. C'est pourquoi des facteurs d'équivalence de toxicité ont été déterminés pour les molécules les plus toxiques. La concentration des mélanges de PCDD/F trouvés dans l'environnement est donc rapportée en équivalent toxique (ET) de la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (T_4CDD), soit la molécule la plus toxique, qui est utilisée comme étalon de comparaison.

4.7.2.1 Principaux effets sur la santé

Les PCDD/F sont des molécules parmi les plus toxiques connues. L'exposition chronique à ces agents est associée à une atteinte du système immunitaire et du système endocrinien. Des effets reproducteurs et développementaux sont aussi suspectés (OMS, 2016; Santé Canada, 2005). La molécule 2,3,7,8- T_4CDD est considérée cancérogène (cancer du poumon et lymphome) pour l'homme (IARC, 2012b).

4.7.2.2 Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence

Les concentrations en PCDD/F mesurées de 2005 à 2008 à la station École les Primevères, qui est dans un secteur influencé par le chauffage au bois, respectent la norme annuelle du RAA ($60 \text{ fg ET}/\text{m}^3$) (tableau 19), malgré le fait que la plupart des échantillons aient été récoltés en hiver. Cela peut avoir fait augmenter la moyenne puisque le chauffage au bois, important dans ce secteur de la ville, est une source reconnue de dioxines et furanes (annexe 4; Foucreault et coll. 2016).

Tableau 19

**Concentrations de PCDD/F, 2005 à 2008, région de la Capitale-Nationale,
station École Les Primevères**

Année ¹	Moyenne (fg ET/m ³)	n
2005	37,5	21
2006	45,0	31
2007	46,9	30

1) Données non présentées pour 2008 puisqu'il y a moins de vingt mesures disponibles pour l'année.

Par ailleurs, le MELCC a mesuré les PCDD/F dans le quartier Limoilou à trois stations de mesures entre 2010 et 2012 (dont la station Vieux-Limoilou). Les concentrations médianes à ces trois stations se sont avérées statistiquement semblables et la concentration moyenne de l'ensemble des échantillons a été de 24 fg ET/m³, soit sous la norme annuelle du RAA (Walsh et Brière, 2018).

4.7.3 Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Les HAP représentent un groupe d'environ 100 composés.

4.7.3.1 Principaux effets sur la santé

Le benzo(a)pyrène (BaP) est un cancérigène chez l'homme. D'autres HAP ont été classés probables ou possibles cancérogènes par le CIRC (IARC, 2010). Les HAP sont des éléments constitutifs des particules fines, qui contribuent à la relation observée entre le risque de cancer et la pollution atmosphérique (IARC, 2013; IARC, 2016a).

4.7.3.2 Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence

Les données sur les HAP récoltées lors de la campagne d'échantillonnage entre 2005 et 2008 à la station École Les Primevères respectent la norme annuelle du BaP, soit 0,9 ng/m³ (tableau 20) (Foucreault et coll., 2016a).

Tableau 20
Concentrations de BaP, 2005 à 2008, région de la Capitale-Nationale,
station École Les Primevères

Année ¹	Moyenne (ng/m ³)	n
2005	0,60	22
2007	0,15	22

1) Données non présentées pour 2006 et 2008 puisqu'il y a moins de vingt mesures disponibles pour l'année.

Dans son étude de modélisation des émissions de l'incinérateur de la ville de Québec, le MELCC a calculé qu'au point le plus impacté par les émissions, ce dernier ajoutait une concentration moyenne annuelle de 0,002 ng/m³ de BaP dans l'air. Il s'agit d'une concentration considérablement inférieure à la norme annuelle du RAA de 0,9 ng/m³ (Brière, 2015).

Le MELCC a mesuré les HAP dans le quartier Limoilou à trois stations entre 2010 et 2012. La concentration moyenne de BaP à la station Vieux-Limoilou durant cette période a atteint 0,21 ng/m³, concentration inférieure à la norme annuelle du RAA (Walsh et Brière, 2018). Cette concentration dans l'air correspond à un risque observé de cancer du poumon de $1,8 \times 10^{-5}$ (tableau 21). Cela est supérieur à un 1 cas de cancer sur 1 million de personnes exposées durant toute la vie (70 ans), seuil de risque à partir duquel une intervention de santé publique est souvent jugée nécessaire (WHO, 2001). Les concentrations des quelques autres HAP faisant l'objet d'une norme ou d'un critère de qualité de l'air n'ont été mesurées qu'à une fraction de leurs valeurs de référence aux trois stations.

Par ailleurs, plusieurs HAP sont cancérigènes et leurs concentrations peuvent être exprimées en équivalent toxique (ET) du BaP (tableau 5). La concentration moyenne, en ET du BaP, du mélange des HAP mesuré à la station Vieux-Limoilou de 2010 à 2012 est de 1,44 ng ET/m³ (Walsh et Brière, 2018), soit une valeur inférieure au critère des HAP totaux de 2,4 ng/m³ (MELCC, 2018).

Tableau 21

Estimé de risque du cancer du poumon lié aux HAP pour une exposition à vie aux concentrations moyennes mesurées de 2010 à 2012, région de la Capitale-Nationale, trois stations dans le quartier Limoilou

Estimés de risque unitaire ^{1,2}	Concentration moyenne de BaP mesurée dans l'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Estimé de risque cancérigène à vie des HAP
$8,7 \times 10^{-2}$	Moyenne BaP : 0,000 21	$1,8 \times 10^{-5}$

- 1) Risque cancérigène pour une exposition à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de BaP (comme indicateur du mélange des HAP) pour la vie (70 ans).
- 2) OMS 2000 Air quality guidelines for Europe 2nd edition.

Biphényles polychlorés

Les BPC constituent une famille de 209 substances réparties en dix groupes de congénères comprenant des molécules ayant de 1 à 10 atomes de chlore.

4.7.3.3 Principaux effets sur la santé

Parmi l'ensemble des molécules de BPC, douze ont une structure particulière qui leur confère une toxicité analogue à celle des PCDD/F et qui peut être exprimée en ET de la 2,3,7,8-T₄CDD. Celles-ci ne forment toutefois qu'une faible proportion des BPC. Les BPC ont été classés cancérigènes par le CIRC (IARC, 2016b; Lauby-Secretan et coll., 2016).

4.7.3.4 Concentrations de contaminants mesurées et respect des valeurs de référence

Dans son étude de modélisation des émissions de l'incinérateur de Québec, le MELCC a calculé qu'au point le plus impacté par les émissions, ce dernier pourrait ajouter au maximum une concentration supplémentaire de $9,8 \times 10^{-6} \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($9,8 \times 10^{-3} \text{ ng}/\text{m}^3$) (Brière, 2015). Cela est beaucoup moins que la concentration à partir de laquelle des actions doivent être entreprises pour abaisser les niveaux, selon l'OMS ($300 \text{ ng}/\text{m}^3$) (WHO, 2000).

Le MELCC a mesuré les BPC dans le quartier Limoilou à trois stations entre 2010 et 2012. Les concentrations moyennes mesurées ont été de 264, 395 et 703 pg/m^3 (0,264, 0,395 et 0,703 ng/m^3). Les concentrations mesurées sont de l'ordre des niveaux ruraux et urbains moyens et quelques ordres de grandeur sous le niveau d'action de l'OMS (Walsh et Brière, 2018).

5 Discussion

Ce bilan des données de qualité de l'air à Québec a été réalisé dans le but de mieux comprendre la QAE et ses effets potentiels sur la santé dans les secteurs de LVBV. Il vise aussi à dégager les principaux problèmes de QAE susceptibles de causer des risques à la santé et de contribuer aux inégalités sociales de santé dans ces territoires. Les critères suivants ont été retenus pour prioriser les problèmes régionaux de QAE :

- le dépassement des valeurs de référence;
- les disparités régionales dans les concentrations des contaminants;
- des effets potentiels importants sur la santé de la population;
- la possibilité d'identifier les sources reconnues des contaminants pour des interventions efficaces et faisables pour diminuer l'exposition aux polluants atmosphériques.

Afin de pouvoir contribuer à identifier ces problèmes prioritaires, une synthèse des principaux résultats sur les concentrations régionales mesurées et le respect des valeurs de référence est d'abord présentée.

5.1 Synthèse des concentrations mesurées et respect des valeurs de référence

Le portrait des concentrations des principaux contaminants de l'air présenté à la section trois montre un bilan nuancé, avec des améliorations à certains égards mais des préoccupations qui persistent, dans un contexte d'inégalités de santé et de cumul de risque.

Les concentrations moyennes annuelles de NO₂ et de SO₂ sont bien en deçà des valeurs de référence en vigueur actuellement et elles sont en diminution pour la période 2007 à 2017. L'O₃ est en augmentation pour les trois stations urbaines et pour une station rurale, phénomène surtout attribuable à la diminution des émissions de monoxyde d'azote (NO) reliées au transport, qui masquait une partie des concentrations d'ozone.

Les concentrations de PST sont en baisse aux stations Vieux-Limoilou et Parc Victorin-Beaucage de même que les PM₁₀ à la station Vieux-Limoilou. La diminution notée pour la période 2007 à 2017 est toutefois moins importante que celle des années 1970 à 1990 dans la région (figure 18) (Foucreault et coll., 2016a). Plus de détails sont disponibles sur l'historique des données de particules dans la région à l'annexe 6.

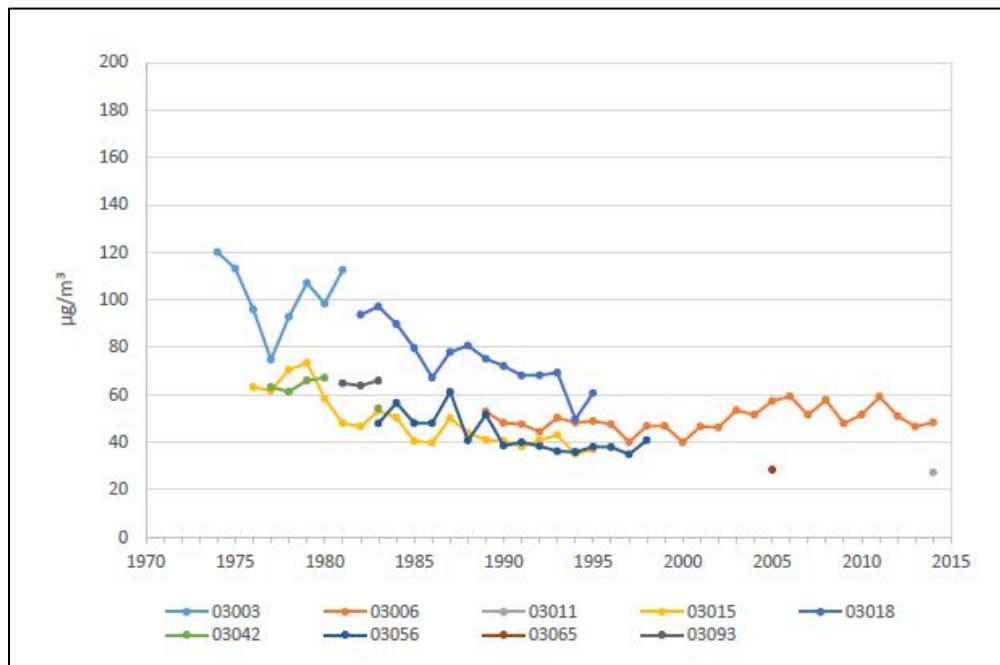


Fig. 18 - Évolution des concentrations moyennes annuelles de PST à certaines stations de la ville de Québec, 1975 à 2015 (Foucreault et coll., 2016a)

Légende : 03003 Saint-Roch; 03006 Vieux-Limoilou; 03011 Bibliothèque Monique-Corriveau; 03015 Henri-Bourassa; 03018 Charest; 03042 École-Montmorency; 03056 Cartier-Brébeuf; 03065 Jardin-Mérici; 03093 Vitré.

Les concentrations d'antimoine, de cadmium, de manganèse, de plomb, de COV, de PCDD/F et de BPC respectent les valeurs de référence établies. Certains métaux ont des concentrations en baisse pour certaines stations et périodes : cobalt, manganèse, nickel et plomb.

Ces observations sont comparables à ce qui a été décrit pour la période 1996-2009 au Québec, où on constatait une légère amélioration de la qualité de l'air ambiant et peu de dépassements des valeurs de référence (INSPQ, 2012).

Malgré ces progrès, certaines situations régionales et locales méritent une attention particulière. Les concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ et parfois de PM_{2,5} dépassent les valeurs de référence. Des journées de dépassement des valeurs de référence sont encore observées pour les PST, les PM₁₀, les PM_{2,5}, l'O₃ et plus rarement pour le SO₂.

À noter que les dépassements pour les PM_{2,5} et le SO₂ sont encore relativement fréquents au Québec. Pour les PM_{2,5}, on les retrouve dans les agglomérations urbaines et à proximité des sources d'émissions industrielles. Pour le SO₂, les dépassements sont observés à proximité des sources industrielles (INSPQ, 2012).

Également, les concentrations moyennes annuelles régionales d'arsenic et de nickel présentent des dépassements des valeurs de référence. La situation semble cependant en amélioration pour le nickel dans les dernières années.

Autre constat, la fréquence des dépassements des valeurs de référence annuelles de PM_{2,5} et quotidiennes pour les particules (PST et PM_{2,5}) est plus importante à la station Vieux-Limoilou qu'aux autres stations. Les valeurs de NO₂ y sont plus élevées qu'aux deux autres stations urbaines. On y observe des dépassements pour les PM₁₀ (annuels et quotidiens), l'O₃ (1 heure et 8 heures), le SO₂ (quotidiens), l'arsenic (annuels) et le nickel (quotidiens).

5.2 Problèmes de QAE prioritaires

Sur la base des résultats de ce bilan, il est recommandé de prioriser les problèmes suivants pour les productions du volet QAE du projet MEMS à venir :

- les concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5};
- les dépassements des valeurs de référence de courte durée (horaire, 8 heures, 24 heures) pour les particules et l'O₃;
- la qualité de l'air à la station Vieux-Limoilou, dans un contexte d'inégalités de santé et de cumul de risque;
- la détection de substances cancérigènes, de contaminants à toxicité élevée et de substances sans seuil jugé sécuritaire pour la santé.

Le bilan initial de la qualité de l'air est une contribution à la priorisation des problèmes de QAE pour le projet MEMS, mais il n'est pas le seul élément dont il faut tenir compte. Au fur et à mesure du déroulement du projet MEMS, d'autres problèmes pourraient être soulevés et devront faire l'objet d'une évaluation s'ils sont jugés pertinents.

5.2.1 Les concentrations moyennes de PM_{2,5}

Les concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} mesurées dans la région atteignent et dépassent à quelques reprises la ligne directrice de l'OMS de 10 µg/m³. Ces particules ont des effets importants sur la santé. Il n'y a pas de niveau d'exposition considéré sans effet pour ce contaminant.

Il a été démontré qu'une augmentation de l'exposition à long terme aux PM_{2,5} de 10 µg/m³ est associée à une augmentation de 6 à 13 % de la mortalité cardiopulmonaire (WHO, 2013a). La mortalité spécifiquement associée à l'exposition aux particules fines en suspension dans l'air extérieur serait d'environ 25 décès par 100 000 de population par année en Amérique du Nord (WHO, 2016). L'exposition à long terme aux PM_{2,5} est aussi associée à la morbidité cardiaque et respiratoire (Landrigan et coll., 2017) et les particules fines ont été classées cancérigènes (cancer du poumon) par le Centre international de recherche sur le cancer (IARC, 2016a).

5.2.2 Les dépassements des valeurs de référence de courte durée pour les particules et l'O₃

Quelques dépassements des valeurs de référence ont été observés pour les PST, les PM₁₀ et les PM_{2,5} (24 heures) et l'O₃ (horaire et 8 heures).

Tel que discuté plus haut, les PST sont reliées à des effets allergiques ou irritants. Ces particules sont corrélées à la nuisance par le dépôt sur les surfaces. Elles augmentent aussi le potentiel d'exposition aux contaminants transportés par les particules (p. ex. : métaux).

Les dépassements des valeurs de référence 24 heures pour les PM₁₀ et les PM_{2,5} sont susceptibles de causer des effets, entre autres sur la santé respiratoire et cardiovasculaire. L'exposition aiguë à ces particules est associée à la mortalité et la morbidité cardiovasculaire : élévation de la mortalité quotidienne, des consultations à l'urgence, des admissions dans les hôpitaux, des bronchites, etc.

Des dépassements de la valeur de référence horaire et 8 heures pour l'ozone ont également été observés pour la période étudiée, autant dans les stations urbaines que rurales. L'exposition aiguë à l'ozone est associée à la mortalité et la morbidité respiratoire. Même à de très faibles concentrations, des effets chez les personnes sensibles sont possibles. Étant donné qu'il s'agit d'un contaminant secondaire, il faut agir sur ses précurseurs (p. ex. : NO₂, COV) pour diminuer sa formation dans l'atmosphère.

5.2.3 La qualité de l'air à la station Vieux-Limoilou

Les concentrations moyennes de PM_{2,5} et de NO₂ sont plus élevées qu'aux autres stations et il y a des dépassements de la ligne directrice annuelle de PM_{2,5} à la station Vieux-Limoilou. Les dépassements des valeurs de référence quotidiennes pour les particules (PST, PM_{2,5}) sont également plus fréquents à la station Vieux-Limoilou qu'aux autres stations de mesure de la qualité de l'air de la région. De plus, on y observe des dépassements des valeurs de référence pour les PM₁₀ (annuelle et quotidienne) l'O₃ (1 et 8 heures), le SO₂ (quotidienne), l'arsenic (annuelle) et le nickel (quotidienne). Plusieurs sources peuvent générer ces contaminants (voir point 4.3). Cette situation peut entraîner une exposition plus importante à ces substances pour les résidents et les personnes aux alentours de cette station. Cette situation doit être évaluée dans le contexte d'inégalités de santé déjà présentes et de cumul de risques environnementaux et socioéconomiques.

5.2.4 La détection de substances cancérigènes, de contaminants à toxicité élevée et de substances sans seuil considéré sécuritaire pour la santé

Le risque additionnel de cancer provenant de l'exposition à l'arsenic, au nickel ou aux HAP aux niveaux retrouvés dans la région est supérieur au risque de 1 cas sur 1 million de personnes exposées durant toute la vie (70 ans). Ce seuil de risque de 1 cas sur 1 millions de personnes exposées est celui à partir duquel une intervention de santé publique est souvent jugée nécessaire (WHO, 2001). Pour la population des CLSC LVBV (86 999 personnes en 2010), si elle était exposée pendant 70 ans, ce risque correspondrait à moins de 1 cas de cancer pour l'arsenic, à 1 cas ou moins pour le nickel et à moins de 2 cas pour les HAP. Ce nombre de cas supplémentaires s'ajoute aux quelques 600 cas qui surviennent annuellement

dans cette population. À titre d'exemple, le nombre de cas de cancer dans cette population était de 617 en 2010, dont près de 142 sont des cancers des voies respiratoires (Infocentre de santé publique, 2019).

Les émissions de cancérigènes tels que l'arsenic, le nickel, les PCDD/F et les HAP doivent être autant que possible minimisées. Les concentrations de ces contaminants, des BPC et du plomb retrouvés dans l'environnement doivent être maintenues aussi basses que possible puisque ce sont des substances qui n'ont pas de seuil sécuritaire d'exposition sans effets sur la santé.

5.3 Résumé des principales sources d'émissions

Afin de pouvoir poser des actions qui viseront à améliorer les problèmes de QAE identifiés comme prioritaires, il est nécessaire de connaître les principales sources d'émissions de ces contaminants.

Au Québec, les principales sources de pollution atmosphérique pour les particules, les NO_x, le SO₂, le CO et les COV sont :

- les transports : maritime, ferroviaire, routier lourd/léger et aérien; à essence et diesel;
- les activités industrielles : extraction de minerais, raffineries de pétrole, alumineries, pâtes et papiers, cimenteries, etc.;
- la combustion non industrielle : comprend le chauffage au bois;
- les sources diverses : p. ex. : incinération de déchets (MDDEP, 2011).

La principale source d'émission (transports, industries ou chauffage au bois) varie selon le contaminant dans la province de Québec (figure 19a à 19e). Le chauffage au bois émet davantage de particules (PM_{2,5} et PM₁₀) en tonnes par année que le transport ou l'industrie. Dans les dernières années, il est également le plus grand émetteur de COV et il émet autant de CO que le transport. Les NO_x sont davantage produits par le transport alors que le SO₂ est émis surtout par les industries. Les figures 19a à 19e montre aussi que la quantité d'émissions liées au transport et dans une moindre mesure celle liée à l'industrie a généralement diminué dans les dernières années. Les émissions du chauffage au bois semblent légèrement augmenter depuis la fin des années 2000 suite à une baisse observée au début de ces années.

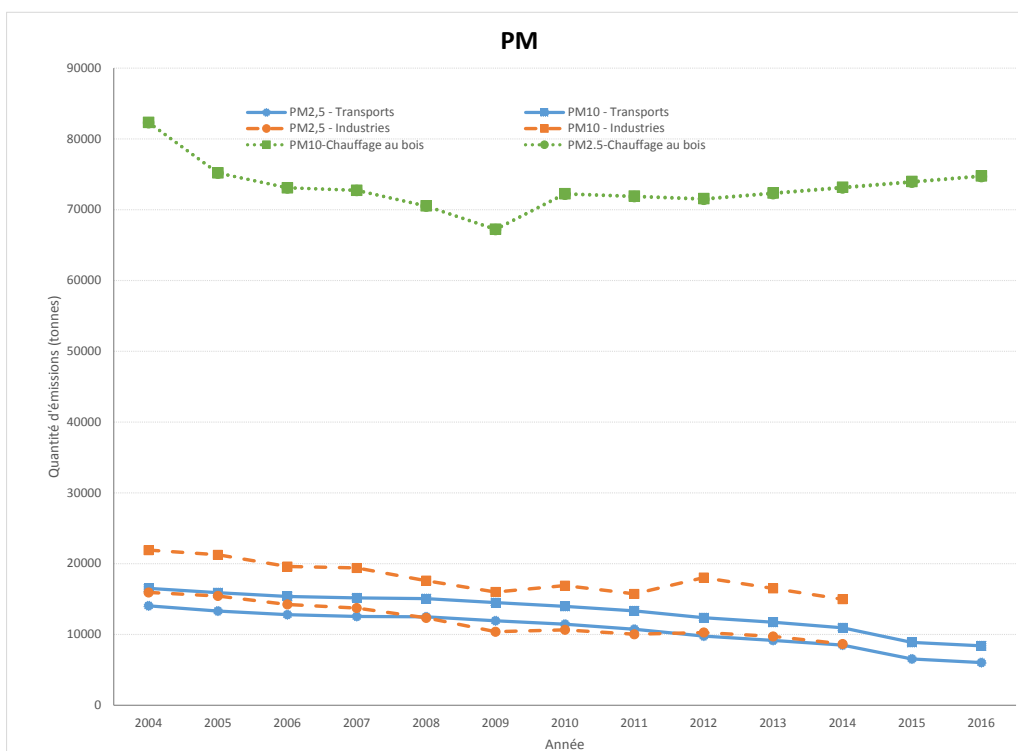


Fig. 19 a) PM_{2,5} et PM₁₀

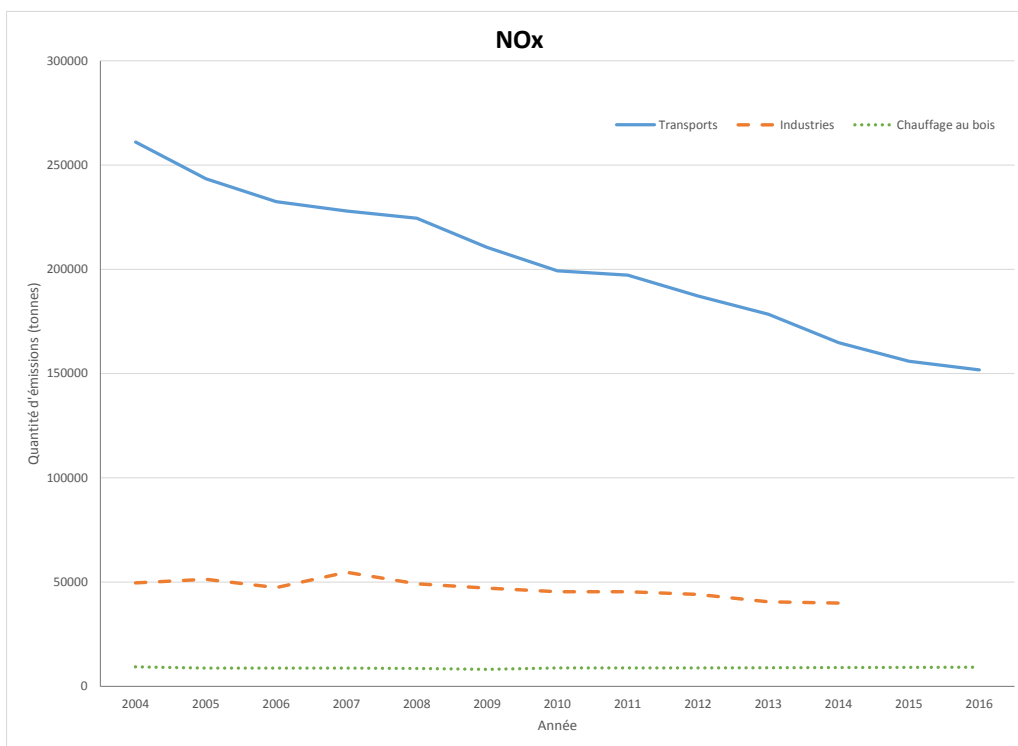


Fig. 19 b) NO_x

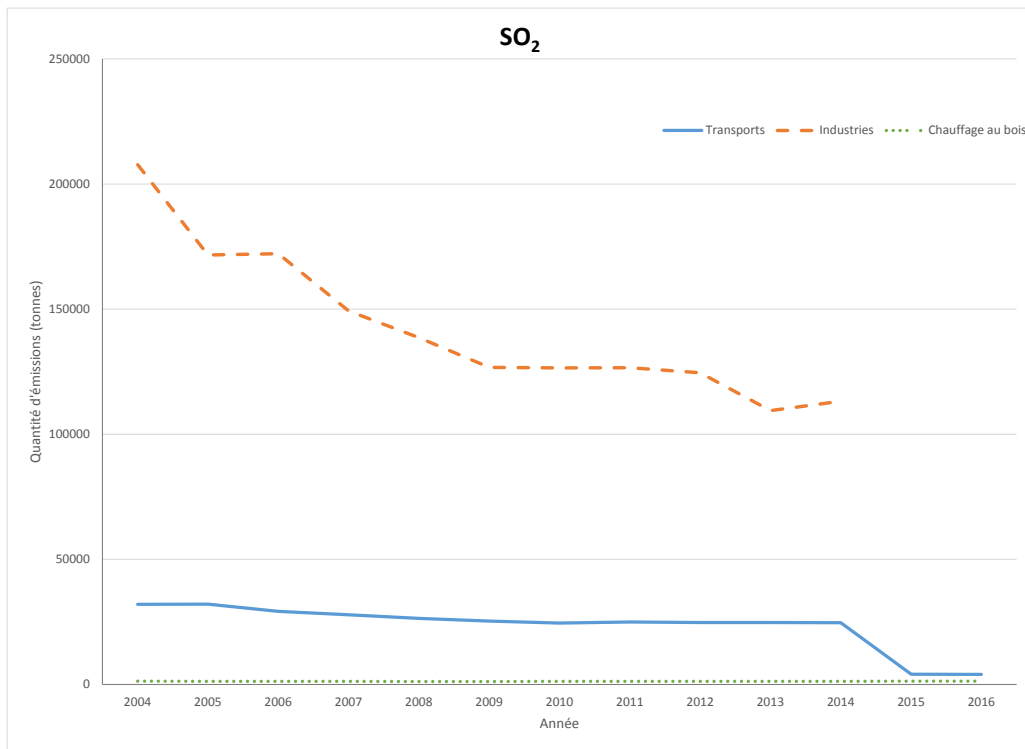


Fig. 19 c) SO₂

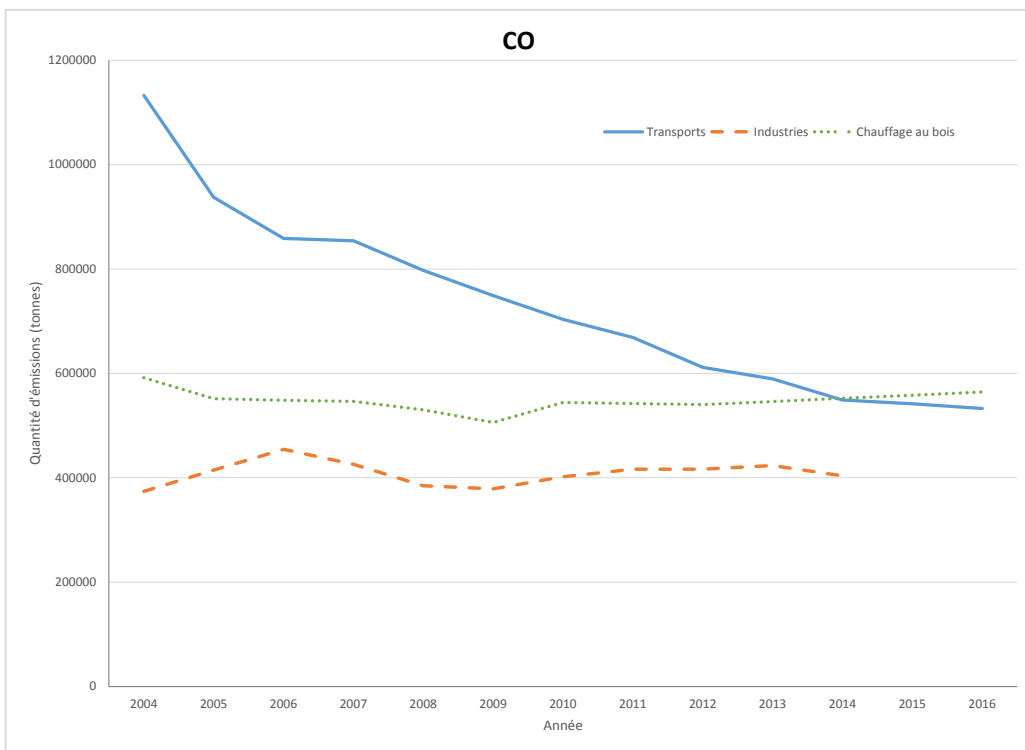


Fig. 19 d) CO

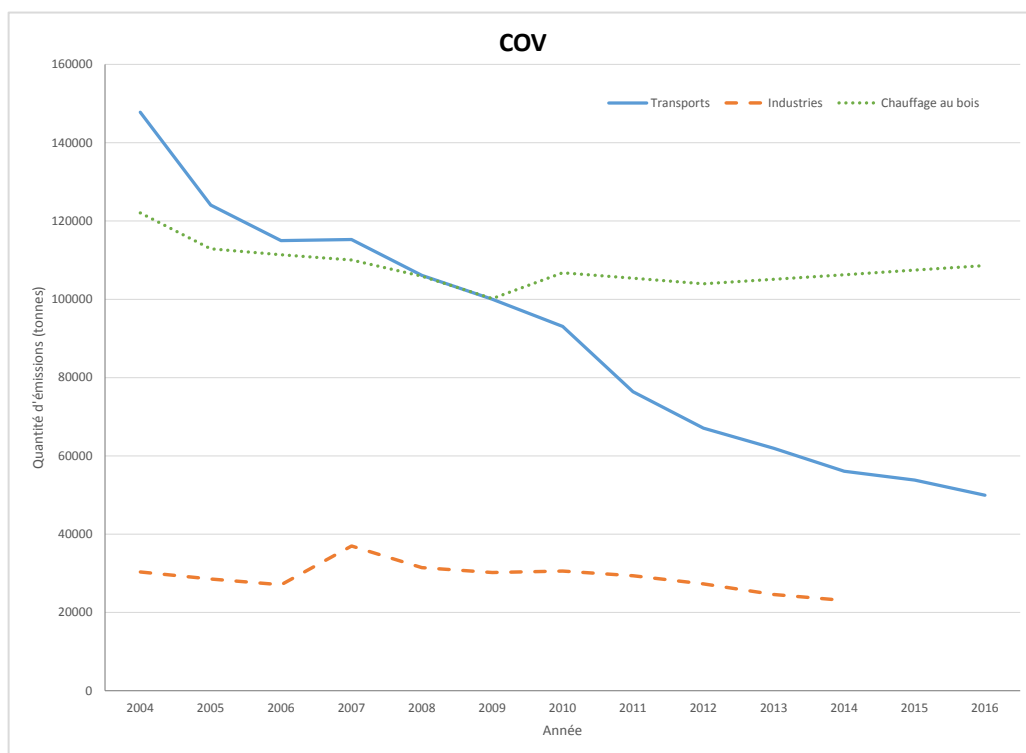


Fig. 19 e) COV

Fig. 19 a à e - Quantité d'émissions de différents contaminants par les transports, l'industrie et le chauffage au bois, 2004 à 2016 (2014 pour l'industrie), province de Québec

Sources

Émissions des industries : émissions déclarées à l'Inventaire Québécois des Émissions Atmosphériques (IQÉA) en vertu des articles 4 ou 5 du Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère (RDOCÉCA), MELCC.

Émissions des transports et chauffage au bois : Inventaire des émissions de polluants atmosphériques (IEPA)(Gouvernement du Canada, 2018).

La contribution relative des différentes sources à l'émission d'un contaminant peut aussi varier selon les saisons, par exemple la contribution du chauffage au bois à l'émission des PM_{2,5} est spécifique aux mois d'hiver.

Le transport est également une source importante d'émission de HAP.

Le chauffage au bois libère aussi des PCDD/F et des HAP. Selon le ministère des Ressources naturelles du Canada, il a atteint un apogée dans son utilisation comme source d'énergie en 2000, alors que 232 000 ménages canadiens (7,8 %) utilisaient le chauffage au bois. En 2015, ce nombre avait diminué à 203 000 ménages (5,7 %). Il n'existe pas de données régionales sur la contribution de cette source. Toutefois, selon un estimé produit par la Ville de Québec en 2011, un poêle à bois serait présent dans environ 50 000 logements sur le territoire de la ville. Un peu plus de 10 000 de ces appareils seraient des

équipements moins polluants, qui sont certifiés par l'Association canadienne de normalisation (CSA) ou l'*Environmental Protection Agency* (EPA) (Verreault et coll., 2011).

Les émissions industrielles rejettent entre autres de l'arsenic, du nickel, des PCDD/F et des HAP. Pour la région de la Capitale-Nationale, les principales grandes industries rejetant des particules, des NO_x, du SO₂, du CO et des COV sont dans les secteurs suivants : alumineries, carrières, cimenteries, combustion émises par les commerces et institutions, incinération, manutention de céréales et minoterie, usine de béton de ciment et pâtes et papiers. Dans la ville de Québec, les principales sources industrielles de contaminants atmosphériques sont dans les secteurs de l'incinération et des pâtes et papiers. Il est à noter que certains établissements du Port de Québec ne déclarent pas leurs émissions atmosphériques, ce qui peut affecter le portrait des émissions industrielles déclarées pour la ville de Québec.

Dans l'évaluation des sources des contaminants atmosphériques qui influencent la composition de l'air dans la région, il faut considérer, en plus des sources locales, le transport atmosphérique sur de grandes distances de certains contaminants comme les particules fines et l'O₃. Les polluants provenant du Midwest des États-Unis, du sud de l'Ontario et de la côte Est des États-Unis sont transportés au Québec et dans la région de l'Atlantique par les systèmes météorologiques (Environnement Canada, 2012). La dispersion des contaminants est aussi influencée à l'échelle régionale par les conditions météorologiques, comme la direction et la vitesse des vents. Ainsi, les secteurs des villes situés en aval des vents dominants sont davantage exposés à la pollution atmosphérique. Les concentrations de PST sont quant à elles davantage influencées par l'environnement immédiat des stations. En effet, elles se déposent plus rapidement que les PM_{2,5}, qui restent en suspension plus longtemps dans l'air.

5.4 Limites et questions en suspens

Cette section présente les limites qui teignent les conclusions de ce bilan et soulèvent des questions qui pourront être répondues dans les productions futures du projet MEMS.

En ce qui a trait aux sources de données utilisées pour ce bilan, le nombre et la répartition des stations ne permettent pas d'analyser la qualité de l'air pour tous les quartiers de la région, particulièrement pour les polluants qui présentent une grande variabilité spatiale (p. ex. : NO₂). Des épisodes locaux et ponctuels de mauvaise qualité de l'air dans la région ont pu survenir sans être documentés.

Il faut également être prudents dans l'interprétation des résultats des campagnes d'échantillonnage de courte durée ayant comme objectif la documentation d'un problème spécifique (p. ex. : l'impact du chauffage au bois ou de l'incinérateur). Ces données peuvent ne pas être représentatives de l'exposition chronique de la population générale. Spécifiquement, l'absence de données récentes sur une année complète pour les COV a empêché l'évaluation du respect récent des valeurs de référence annuelles pour ces contaminants.

Les valeurs de référence utilisées pour ce bilan sont soumises aux limites des études des effets sur la santé sur lesquelles elles sont basées. Aussi, des considérations autres que la santé sont parfois prises en compte dans leur sélection (annexe 3). De plus, ce ne sont pas toutes les valeurs de référence existantes qui ont été retenues dans le cadre de ce bilan.

En ce qui concerne le traitement des données, plusieurs dépassements d'une valeur de référence horaire dans une même journée ont été compilés comme une seule journée de dépassement, ce qui diminue le nombre de dépassements observés. Également, l'ampleur de ces dépassements n'a pas été décrite.

Aussi, les effets sur la santé documentés dans la littérature ont été décrits pour les contaminants d'intérêt, mais aucune évaluation du risque toxicologique n'a été faite, en dehors des estimés de risque cancérogènes pour quelques substances.

Les productions futures du projet permettront de raffiner les analyses, particulièrement pour :

- la documentation des concentrations atmosphériques des PM_{2,5} et du NO₂ et leur modélisation régionale;
- la comparaison des concentrations atmosphériques entre les territoires à l'étude, le reste de la région et d'autres villes similaires, lorsque les données sont disponibles;
- l'évaluation du risque des effets sur la santé.

5.5 Pistes de réflexion pour l'élaboration de futures recommandations

À la lumière des informations récoltées dans ce bilan ainsi que de ses limites, des pistes de réflexion pour de futures recommandations sont présentées :

- agir sur l'efficacité, la sécurité et l'utilisation du transport actif et des transports en commun (modes de transport alternatifs) comme solutions de rechange à l'automobile (CIUSSSCN, 2017);
- améliorer de façon continue les systèmes et les procédés industriels : contrôle de la qualité des intrants, choix des technologies et contrôle des processus, mesures de mitigation et vigie environnementale;
- utiliser des appareils de chauffage au bois certifiés plus performants et remplacer graduellement ce mode de chauffage par d'autres sources d'énergies moins polluantes;
- verdir les espaces urbains.

Avant de formuler des recommandations, les activités de recherche du projet MEMS (volet QAE) doivent être réalisées. De plus, ces recommandations devront être élaborées par la structure consultative mise en place dans le cadre de ce projet. En effet, il est difficile de conclure sur la nature des problèmes avant la recherche de ceux-ci. Celles-ci prendront en compte toutes les productions du projet et seront accompagnées d'un plan d'action.

6 Références

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (1995). *Public Health Statement for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)*. Repéré à <https://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=120&tid=25>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (1998). *Toxicological Profile for Chlorinated Dibenzo-p-dioxins (CDDs)*. Repéré à <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp104.pdf>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2000). *Toxicological Profile for Polychlorinated Biphenyls (PCBs)*. Repéré à <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp17-p.pdf>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007a). *Toxicological Profile for Arsenic*. Repéré à <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2.pdf>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007b). *Public Health Statement for Lead*. Repéré à <https://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=92&tid=22>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007c). *Public Health Statement for Benzene*. Repéré à <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp3-c1-b.pdf>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2012a). *ToxGuide™ for Cadmium*. Repéré à <https://www.atsdr.cdc.gov/toxguides/toxguide-5.pdf>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2012b). *Toxicological Profile for Cadmium*. Repéré à <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/TP.asp?id=48&tid=15>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2012c). *Toxicological Profile for Manganese*. Repéré à <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=102&tid=23>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2015). *Public Health Statement for Toluene*. Repéré à <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp56-c1-b.pdf>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2017). *Toxicological Profile for Antimony* (Draft for Public Comment). Repéré à <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp23.pdf>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2004. *Toxicological Profile for Cobalt*. Repéré à <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp33-c6.pdf>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2005. *Toxicological Profile for Nickel*. Repéré à <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=245&tid=44>
- Baldauf, R.W., Devlin, R.B., Gehr, P., Gianelli, R., Hassett-Sipple, B., Jung, ... Walker, K. (2016). Ultrafine Particle Metrics and Research Considerations : Review of the 2015 UFP Workshop. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 13(1054), 21.
- Bencze, L. et Pouliot, C. (2016). Battle of the Bands: Toxic dust, active citizenship and science education. *Journal for Activist Science and Technology Education*, 7(1), 1-21.

- Bisson, M., et Busque, D. (2010). *La qualité de l'air à Québec de 1994 à 2008*, Québec. Repéré sur le site du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/ambiant/rapport1994-2008.pdf>
- Brière, J.-F. (2015). *Effets sur l'air ambiant des émissions de l'incinérateur de la ville de Québec : évaluation par modélisation de la dispersion atmosphérique*. 2^e édition. Repéré sur le site du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/ambiant/incinerateur/emissions-incinerateur-Qc.pdf>
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). (2014). *Détermination des métaux : méthode par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon*. Méthode d'analyse. (révision 5). 36 pages. Repéré à <http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA200Met12.pdf>
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). (2018). *Méthodes d'analyse*. Repéré à http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/methode_index.htm
- Centre intégré universitaire en santé et services sociaux de la Capitale-Nationale (CIUSSS-CN). (2015). *Contamination environnementale dans le quartier Limoilou, le nickel. Avis complémentaire de santé publique*. Direction de santé publique. 41 pages. Repéré à <https://www.ciuiss-capitalenationale.gouv.qc.ca/contamination-environnementale-dans-le-quartier-limoilou-le-nickel>
- Centre intégré universitaire en santé et services sociaux de la Capitale-Nationale (CIUSSS-CN). (2017). *Mémoire sur la mobilité durable et la santé, dans le cadre de la consultation de la Ville de Québec sur la mobilité durable*. 41 pages. Repéré à https://www.ciuiss-capitalenationale.gouv.qc.ca/sites/default/files/memoire_mobilite_durable_sante.pdf
- Centre intégré universitaire en santé et services sociaux de la Capitale-Nationale (CIUSSS-CN). (2018). *Projet « mon environnement, ma santé » : volet qualité de l'air extérieur, Cadrage du projet*. 46 pages.
- Chen, R., Hu, B., Liu, Y., Xu, J., Yang, G., Xu, D., et Chen, C. (2016). Beyond PM_{2.5}: The role of ultrafine particles on adverse health effects of air pollution. *Biochim Biophys Acta*. 1860(12), 2844-55.
- Clifford, S., Mazaheri, M., Salimi, F., Ezz, W.N., Yeganeh, B., Low-Choy, S., ..., Morawska, L. (2018). Effects of exposure to ambient ultrafine particles on respiratory health and systemic inflammation in children. *Environ Int*. (114),167-180.
- Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME). (2012). *Guide pour la vérification de la conformité aux normes canadiennes de qualité de l'air ambiant relatives aux particules et à l'ozone*. 45 pages. Repéré à https://www.ccme.ca/files/Resources/fr_air/fr_aqms/pn_1484_gdad_fr.pdf
- Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME). (2019). *Système pancanadien de gestion de la qualité de l'air (SGQA)*. Repéré à <https://www.ccme.ca/fr/resources/air/aqms.html>
- Dabek-Zlotorzynska, E., Dann, T.F., Martinelango, P.K., Celo, V., Brook, J.R., Mathieu, D., Ding, L. et Austin, C. C. (2011). Canadian National Air Pollution Surveillance (NAPS). PM_{2.5} speciation program: Methodology and PM_{2.5} chemical composition for the years 2003-2008. *Atmospheric Environment*, 45(3), 673-686.
- Delfino, R.J., Sioutas, C. et Malik, S. (2005). Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health. *Environ Health Perspect*, 113(8), 934-946.

- Environnement Canada. (2012). *Évaluation scientifique canadienne du smog - Faits saillants et messages clés*. Repéré à http://publications.gc.ca/collections/collection_2012/ec/En88-5-2011-fra.pdf
- Foucreault, M-A., Busque, D., McKinnon, J. (2016a). *Portrait de la qualité de l'air de la région de la Capitale Nationale*, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 74 pages. Repéré à : http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/portraits_regionaux/capitale-nationale.pdf
- Foucreault, M-A., Busque, D., McKinnon, J. (2016b). *Portrait de la qualité de l'air de la région de l'Outaouais*, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 40 pages. Repéré à : http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/portraits_regionaux/outaouais.pdf
- Goldberg, M.S., Labrèche, F., Weichenthal, S., Lavigne, E., Valois, M.-F., Hatzopoulou, M., Shekarrizfard, M. (2018). Number concentrations of ultrafine particles and the incidence of postmenopausal breast cancer. *Environmental Epidemiology*. March 2 (1).
- Gouvernement du Canada. (2010). *Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique*. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/pollution-atmospherique/reseau-surveillance-donnees/programme-national-pollution-atmospherique/description.html>
- Gouvernement du Canada. (2013). *Principaux contaminants atmosphériques : oxydes d'azote*. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/pollution-atmospherique/polluants/principaux-contaminants/oxydes-azote.html>
- Gouvernement du Canada. (2018). *Inventaire des émissions de polluants atmosphériques : aperçu*. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/polluants/inventaire-emissions-atmospheriques-apercu.html>
- Gouvernement du Québec. (2018). *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (LRQ c.Q-2, r. 4.1)*. À jour au 10 septembre 2018. Repéré à <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/pdf/cr/Q-2,%20R.%204.1.pdf>
- Guarnieri, M. et Balmes, J.R. (2014). Outdoor air pollution and asthma. *Lancet*, 383. May 3, 383(9928), 1581-1592.
- Heinzerling, A., Hsu, J., Yip, F. (2016). Respiratory Health Effects of Ultrafine Particles in Children: a Literature Review. *Water, Air, & Soil Pollution*. January, 227-232.
- Infocentre de santé publique (2019). *Taux d'incidence pour tous les cancers excluant ceux de la peau autres que le mélanome, Capitale-Nationale (région 03), 2006 à 2010*. Repéré à : <https://www.infocentre.inspq.rtss.qc.ca/>
- International Agency for Research of Cancer (IARC). (1989). *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some Organic Solvents, Resin Monomers and Related Compounds, Pigments and Occupational Exposures in Paint Manufacture and Painting*. Volume 47. Lyon, France. 544 pages. Repéré à <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono47.pdf>
- International Agency for Research of Cancer (IARC). (1991). *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Chlorinated Drinking-Water; Chlorination By-Products; Some Other Halogenated Compounds; Cobalt*

and Cobalt Compounds. Volume 52. Lyon, France. 553 pages. Repéré à <https://monographs.iarc.fr/iarc-monographs-on-the-evaluation-of-carcinogenic-risks-to-humans-69/>

International Agency for Research of Cancer (IARC). (2006a). *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Cobalt in Hard Metals and Cobalt Sulfate, Gallium Arsenide, Indium Phosphide and Vanadium Pentoxide*. Volume 86. International Agency for Research on Cancer. Lyon, France. 353 pages. Repéré à <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono86.pdf>

International Agency for Research of Cancer (IARC). (2006b). *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Inorganic and Organic Lead Compounds*. Volume 87. Lyon, France. 529 pages. Repéré à <https://monographs.iarc.fr/iarc-monographs-on-the-evaluation-of-carcinogenic-risks-to-humans-34/>

International Agency for Research of Cancer (IARC). (2010). *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures*. Volume 92. Lyon, France. 868 pages. Repéré à <https://monographs.iarc.fr/iarc-monographs-on-the-evaluation-of-carcinogenic-risks-to-humans-29/>

International Agency for Research of Cancer (IARC). (2012a). *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Arsenic, metals, fibres, and dusts*. Volume 100 C. 527 pages. Repéré à <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100C.pdf>

International Agency for Research of Cancer (IARC). (2012b). *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Chemical Agents and Related Occupations*. Volume 100F. Lyon, France. 628 pages. Repéré à <https://monographs.iarc.fr/iarc-monographs-on-the-evaluation-of-carcinogenic-risks-to-humans-16/>

International Agency for Research of Cancer (IARC). (2013). *Air pollution and cancer*. Edited by K. Straif, A., Cohen, J., et Samet. IARC Scientific Publication no. 161. 177 p. Lyon, France. Repéré à <http://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Scientific-Publications/Air-Pollution-And-Cancer-2013>

International Agency for Research of Cancer (IARC). (2016a). *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Outdoor Air Pollution*. Volume 109. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 448 pages. Repéré à <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono109.pdf>

International Agency for Research of Cancer (IARC). (2016b). *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Polychlorinated Biphenyls and Polybrominated Biphenyls*. Volume 107. 510 pages. Repéré à <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/08/mono107.pdf>

International Agency for Research of Cancer (IARC). (2018). *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Benzene*. Volume 120. Lyon, France. 307 pages. Repéré à <http://publications.iarc.fr/576>

Institut nationale de santé publique du Québec (INSPQ). (2012). *Bilan de la qualité de l'air au Québec en lien avec la santé, 1975-2009*. 43 pages. Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1432_BilanQualiteAirQcLienSante1975-2009.pdf

Knol, A. B., de Hartog, J. J., Boogaard, H., Slottje, P., van der Sluijs, J. P., Lebret, E., Hoek, G. (2009). *Expert elicitation on ultrafine particles: likelihood of health effects and causal pathways*. Part Fibre Toxicol, 6, 19.

Landrigan, P.J., Fuller, R., Acosta, N.J., Adeyi, O., Arnold, R., Baldé, A.B., ... Breyse, P.N. (2017). The Lancet Commission on pollution and health. 58 pages.

- Lanzinger S, Schneider A, Breitner S, Stafoggia M, Erzen I, Dostal M, ... Peters, A. (2016). Ultrafine and Fine Particles and Hospital Admissions in Central Europe. Results from the UFIREG Study. *Am J Respir Crit Care Med*. 194 (10), 1233-1241.
- Lauby-Secretan, B., Loomis, D., Baan, R., El Ghissassi, F., Bouvard, V., Benbrahim-Tallaa, L., ... Straif, K. (2016). Use of mechanistic data in the IARC evaluations of the carcinogenicity of polychlorinated biphenyls and related compounds. *Environ Sci Pollut Res Int*, 23(3), 2220-2229.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2017). *Normes et critères de qualité de l'atmosphère du Québec. Cadre de détermination et d'application*. 19 pages. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/criteres/Cadre-app-determination-criteres-qc-qualite-atmosphere.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2018). *Rapport d'avancement 2016 par rapport aux normes canadiennes de la qualité de l'air ambiant*, Québec, Direction de l'information sur le milieu atmosphérique, 12 pages. Repéré à http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/particules_ozone/rapport2016.pdf
- Ministère du Développement durable de l'environnement et des Parcs (MDDEP). (2011). *Inventaire des émissions des principaux contaminants atmosphériques au Québec en 2008 et évolution depuis 1990*. 30 pages. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/inventaire/rapport2008.pdf>
- Ministère de l'environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2018). *Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère*. Version 6. Fichier Excel. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/criteres/index.htm>
- Ministère de l'environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2019a). *Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec*. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/Carte.asp>
- Ministère de l'environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2019b). *Fiche technique sur les contaminants atmosphériques*. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/contaminants-fiche-tech.pdf>
- Ministère de l'environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2019c). *Smog*. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/info-smog/index.htm>
- Ministère de l'environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2019d). *La qualité de l'air à Québec entre 1994 et 2003*. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/ambiant/94-03/index.htm>
- National Environmental Public Health Tracking (NEPHT). (2017). Outdoor Air. Repéré à <https://ephtracking.cdc.gov/showAirContaminants.action>
- Nie, J., Beyea, J., Bonner, M.R., Han, D., Vena, J.E., Rogerson, P., ... Freudenheim, J.L. (2007). Exposure to traffic emissions throughout life and risk of breast cancer: the Western New York Exposures and Breast Cancer (WEB) study. *Cancer Causes Control*. 18(9), 947-55.
- National Cancer Institute (NCI). (2016). *Joinpoint Trend Analysis Software Regression Program, version 4.3.1.0*. Repéré à <https://surveillance.cancer.gov/joinpoint/>

- Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2016). *Les dioxines et leurs effets sur la santé*. Repéré à <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/dioxins-and-their-effects-on-human-health>
- Santé Canada. (2005). *Dioxines et furanes*. Repéré à https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/hl-vs/alt_formats/pacrb-dgapcr/pdf/iyh-vsv/envIRON/dioxin-fra.pdf
- Santé Canada. (2016). *Évaluation des risques pour la santé humaine des particules grossières*. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/evaluation-risques-pour-sante-humaine-particules-grossieres-sommaire.html>
- Schnur, J. et John, R.M. (2014). Childhood lead poisoning and the new Centers for Disease Control and Prevention guidelines for lead exposure. *J Am Assoc Nurse Pract* 26(5), 238-47.
- Sheffield, P.E., Zhou, J., Carr Shmool, J.L., Clougherty, J.E. (2015). Ambient ozone exposure and children's acute asthma in New York City: a case-crossover analysis. *Environmental Health* 14-25.
- Slezakova, K., Morais, S., et do Carmo Pereira, M. (2013). Atmospheric Nanaoparticles and Their Impacts on Public Health. Dans *Current Topics in Public Health*. (chapitre 23. p. 503-529) Éditeur : Alfonso J. Rodriguez-Morales. Universidad Tecnologica de Pereira.
- Solomon, P.A. (2012). United States Environmental Protection Agency (US EPA). *An Overview of Ultrafine Particles in Ambient Air*. Repéré à https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?dirEntryId=241266
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2016a) *List of Designated Reference and Equivalent Methods*. Issued date December 17, 2016. 67 pages. Repéré à <https://www3.epa.gov/ttnamti1/files/ambient/criteria/AMTIC%20List%20Dec%202016-2.pdf>
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2016b). *Basic Information about NO₂*. Repéré à <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#Effects>
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2017a). *Integrated Science Assessment for Particulate Matter*. Repéré à file:///C:/Users/huocar02/Downloads/PM_ISA_WITHOUT_ANNEXES.PDF
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2017b). *Health Effects of Ozone Pollution*. Repéré à <https://www.epa.gov/ozone-pollution/health-effects-ozone-pollution>
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2017c). *Integrated Science Assessment (ISA) for Sulfur Oxides – Health Criteria*. Repéré à <https://www.epa.gov/isa/integrated-science-assessment-isa-sulfur-oxides-health-criteria>
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2019a). *Carbon Monoxide (CO) Pollution in Outdoor Air*. Repéré à <https://www.epa.gov/co-pollution/basic-information-about-carbon-monoxide-co-outdoor-air-pollution#Effects>
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2019b). *Technical Overview of Volatile Organic Compounds*. Repéré à <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/technical-overview-volatile-organic-compounds>
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2019c). *Volatile Organic Compound Emissions*. Repéré à <https://cfpub.epa.gov/roe/indicator.cfm?i=23>

- Varrica, D., Bardelli, F., Dongarra, G., et Tamburo, E. (2013). Speciation of Sb in airborne particulate matter, vehicle brake linings, and brake pad wear residues. *Atmospheric Environment*, 64, 18-24.
- Verreault, S. et Sebez, S. (2011). *Chauffage au bois, feux extérieurs et chauffage urbain collectif à la biomasse. Effets sur la santé et la pollution de l'air. Analyse pour le territoire de la ville de Québec*. Ville de Québec. 58 pages.
- Walsh, P. et Brière J.-F. (2013). *Origine des concentrations élevées de nickel dans l'air ambiant à Limoilou*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. 20 pages. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/ambiant/nickel-limoilou/concentrations-nickel-air-Limoilou.pdf>
- Walsh, P. et Brière J.-F. (2018). *L'incinérateur et la qualité de l'air dans l'arrondissement La Cité-Limoilou*. Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 46 pages. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/ambiant/incinerateur/rapport-prog-echantillonnage.pdf>
- Weichenthal, S., Bai, L., Hatzopoulou, M. Van, Ryswyk, K., Kwong, J.C., Jerrett, M. van, Donkelaar, A., ... Chen, H. (2017a). Long-term exposure to ambient ultrafine particles and respiratory disease incidence in Toronto, Canada: a cohort study. *Environ Health*. Jun 19, 16(1), 64.
- Weichenthal, S., Lavigne, E., Valois, M.F., Hatzopoulou, M. Van, Ryswyk, K., Shekarrizfard, M., ... Parent, M.E. (2017b). Spatial variations in ambient ultrafine particle concentrations and the risk of incident prostate cancer: A case-control study. *Environ Res*. Jul, (156), 374-380.
- World Health Organization (WHO). (2000). Regional office for Europe. *Air quality guidelines for Europe*, Second Edition. WHO regional publications. 288 pages. Repéré à http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf
- World Health Organization (WHO). (2001). *Acceptable risk*, in: *Water Quality: Guidelines, Standards and Health*. Édité par Lorna Fewtrell and Jamie Bartram. Publié par IWA Publishing, London, UK, p. 207 à 227. Repéré à : https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/iwachap10.pdf
- World Health Organization (WHO). (2006). *Air Quality Guidelines*. Global Update 2005. 25 pages. Repéré à http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69476/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_fre.pdf;jsessionid=68390DDE4362A1070379CCED3DE7F49D?sequence=1
- World Health Organization (WHO). (2013a). Regional office for Europe. *Health effects of particulate matter*. Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. 15 pages. Repéré à http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf?ua=1
- World Health Organization (WHO). (2013b). Regional office for Europe. *Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project Technical Report*. 309 pages. Repéré à http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1
- World Health Organization (WHO). (2016). *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease*. 131 pages. Repéré à <https://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/>

Annexe 1 - Description de la localisation des stations régionales du RSQAQ

La station Vieux-Limoilou (anciennement nommée Des Sables) (03006) est la plus complète du RSQAQ dans la région. Elle est située à l'est de la ville dans un quartier qui a été développé dans les années 1920 et 1930. Ce quartier est caractérisé par des petits immeubles à appartements du genre duplex et triplex, par des petits commerces et par des fabriques industrielles. Il y a à proximité plusieurs voies de circulation importantes dont l'autoroute Dufferin-Montmorency qui amène le trafic des banlieues est et nord vers le centre-ville de Québec et la colline parlementaire. La station est également située près d'une zone industrielle et du Port de Québec, où des activités de transbordement de vrac solide, du trafic maritime et routier lourd ont lieu. Elle est aussi à proximité d'une fabrique de pâtes et papier et de l'incinérateur de matières résiduelles domestiques de la ville de Québec.

La station Victorin-Beaucage (03020) est située dans le parc homonyme du secteur Vanier. Cette station est située entre un secteur résidentiel et le Parc industriel Cardinal, ainsi qu'à proximité d'axes routiers.

La station St-Charles Garnier (03028) est située dans un secteur central de la Haute-Ville de Québec (Montcalm) qui est un quartier urbain construit surtout dans les années 1950. C'est un quartier à prédominance résidentielle, où l'on trouve principalement des triplex et multiplex de moins de neuf logements ainsi que des bâtiments hébergeant des entreprises de service. Le niveau d'activité urbaine et de circulation automobile y est assez important.

La station École Les Primevères (03021) est située à la limite ouest de la ville, près de l'Ancienne-Lorette et de Saint-Augustin. Elle est installée dans une banlieue, bâtie dans les années 1970 et 1980, où il y a surtout des habitations détachées de type plain-pied et où le chauffage au bois est très présent.

La station Bibliothèque Monique-Corriveau (03011) est située dans un milieu plus ouvert de type banlieue. À proximité, il y a plusieurs axes routiers importants comme l'autoroute Henri-IV, la route de l'Église, le boulevard Hochelaga et le chemin des Quatre-Bourgeois. La station De l'Église (3012) était située à proximité de cette station.

La station Deschambault (03200) est située à environ 55 km au sud-ouest de Québec, dans la vallée du Saint-Laurent et dans un milieu rural. Une aluminerie est située à environ 1,5 km de la station.

Les stations Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier (03701) et Saint-François-de-l'Île-d'Orléans (03712) sont en milieu rural.

Annexe 2 - Représentations graphiques des résultats de l'échantillonnage fait avec l'appareil Dichot, 2007 à 2015, région de la Capitale-Nationale, station Vieux-Limoilou

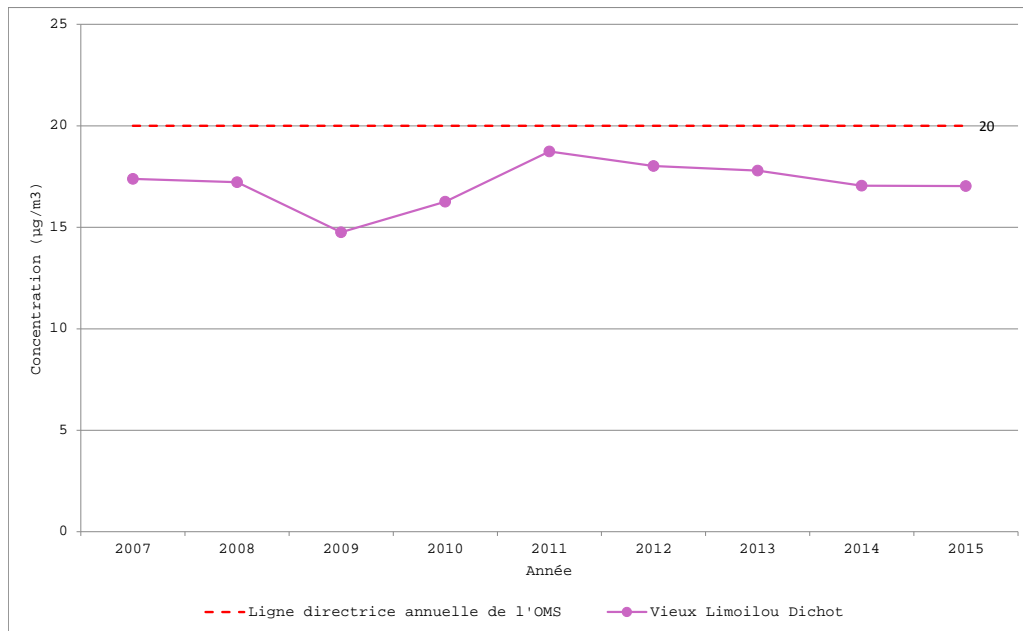


Fig. 20 - Concentrations moyennes annuelles de PM_{10} mesurées au Dichot, 2007 à 2015, région de la Capitale-Nationale, station Vieux-Limoilou

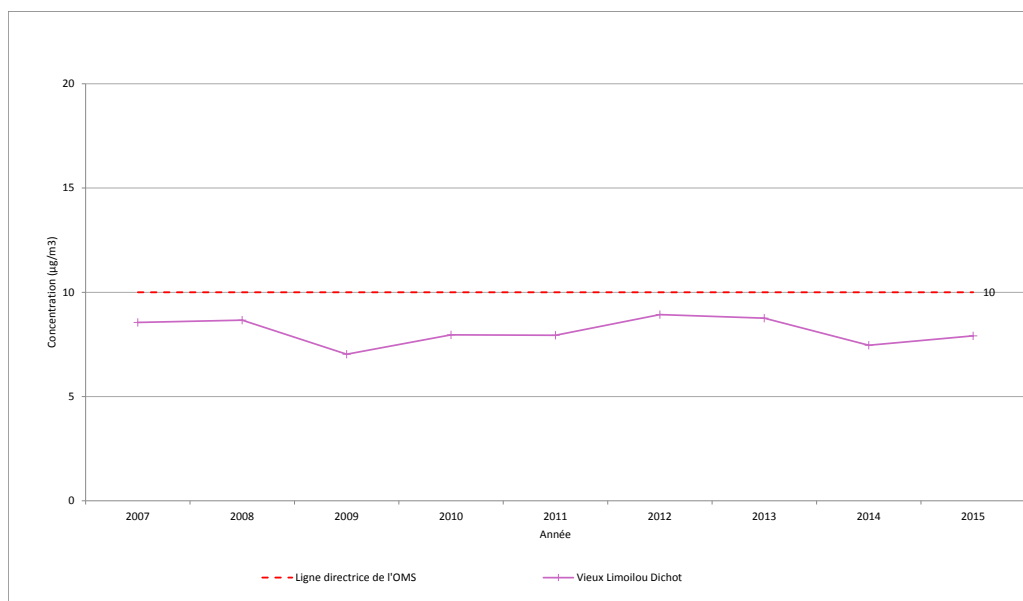


Fig. 21 - Concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ mesurées au dichot, 2007 à 2015, région de la Capitale-Nationale, station Vieux-Limoilou

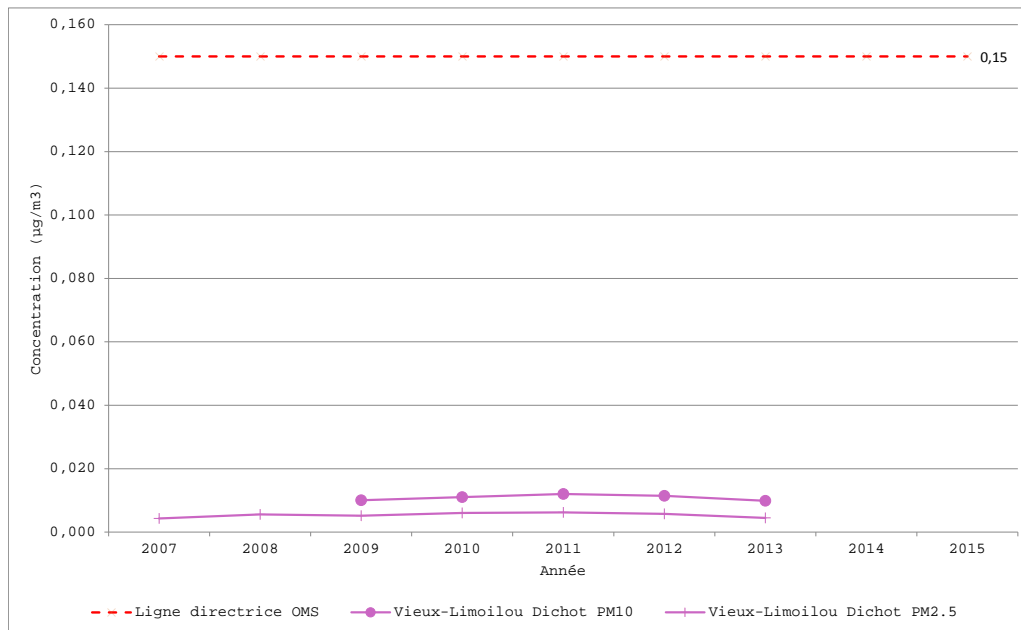


Fig. 22 - Concentrations moyennes annuelles de manganèse dans les PM_{10} et les $PM_{2,5}$ mesurées au Dichot, 2007 à 2015, région de la Capitale-Nationale, station Vieux-Limoilou

Notes : La moyenne n'a pas été calculée dans les PM_{10} en 2007, 2008, 2014 et 2015 et dans les $PM_{2,5}$ en 2014 et 2015 étant donné que la proportion d'échantillons dont la valeur est < LD est > 80 %.

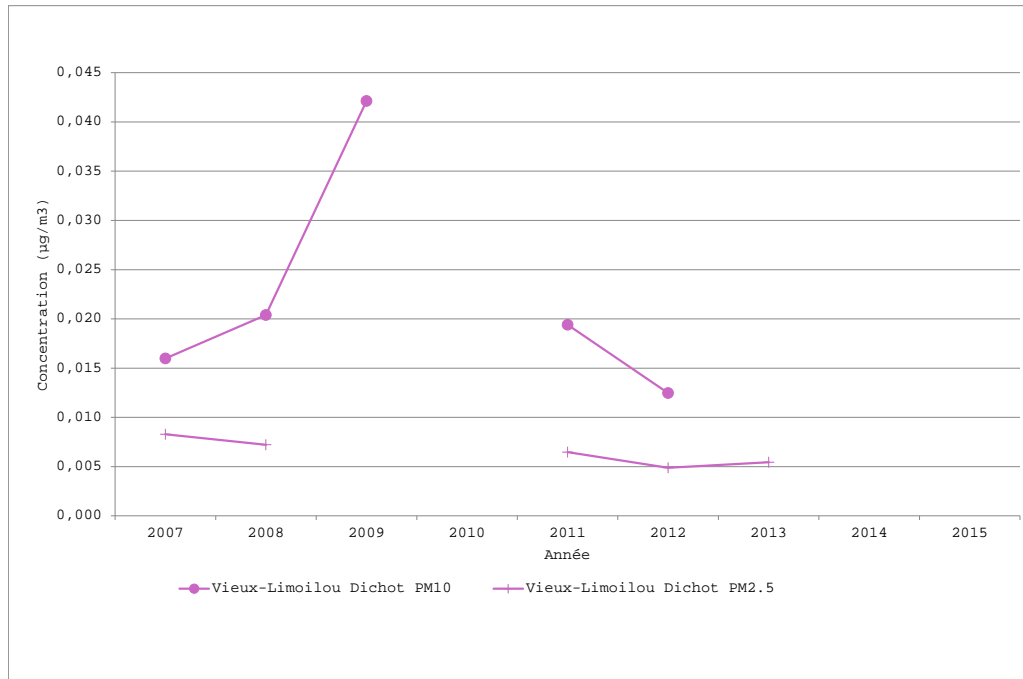


Fig. 23 - Concentrations moyennes annuelles de nickel dans les PM₁₀ et les PM_{2,5} mesurées au Dichot, 2007 à 2015, région de la Capitale-Nationale, station Vieux-Limoilou

Notes : La moyenne n'a pas été calculée dans les PM₁₀ en 2010, 2013, 2014 et 2015 et dans les PM_{2,5} en 2009, 2010, 2014 et 2015 étant donné que la proportion d'échantillons dont la valeur est < LD est > 80 %.

Étant donné que la proportion de résultats au-dessous de la LD est > 80 % pour l'antimoine, le cadmium et le plomb mesurés dans les PM_{2,5} et les PM₁₀ de 2007 à 2015, ces résultats ne sont pas présentés.

Annexe 3 - Généralités sur les valeurs de référence

Il existe différents types de valeurs de référence (p. ex. : normes et lignes directrices, critères) qui sont établies sur divers intervalles de temps.

Les normes sont des outils de gestion. Elles sont généralement établies sur la base des connaissances scientifiques concernant la pollution de l'air et ses impacts sur la santé et peuvent inclure d'autres considérants techniques, économiques, politiques et légaux. Elles ont le plus souvent force légale. Les lignes directrices sont des recommandations qui guident l'action. Elles sont basées sur les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique (WHO, 2000; WHO, 2006).

De façon générale, les valeurs de référence établies sur une courte durée (minutes, heures, jours) sont davantage en lien avec les effets aigus sur la santé et celles sur une longue durée (années) sont en lien avec les effets chroniques.

Au Québec, le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA) fixe les normes québécoises pour l'émission de polluants atmosphériques et pour la qualité de l'air ambiant (Gouvernement du Québec 2018). L'annexe K du RAA présente les normes de qualité de l'atmosphère. Elles ont force légale. Elles ont été déterminées de manière à protéger la santé humaine et à minimiser les nuisances et les effets sur les écosystèmes. L'évaluation du risque qui les soutient est basée sur des considérations scientifiques. Elles visent un risque négligeable sur la santé et l'environnement. Elles peuvent inclure des éléments de gestion du risque tel que l'applicabilité, la faisabilité et des considérations économiques qui peuvent ramener le risque à un niveau acceptable.

Le MELCC publie aussi une liste de critères de qualité de l'air, utilisée dans le cadre d'une évaluation ou de la délivrance d'un acte administratif, élaborés selon la même méthode que les normes (MELCC 2018).

Les principes à la base de l'élaboration des normes et critères de qualité de l'atmosphère du Québec sont expliqués dans un autre document (MDDELCC, 2017).

Des normes canadiennes de qualité de l'air ambiant (NCQAA) ont récemment été établies pour plusieurs contaminants, notamment pour les $PM_{2,5}$, l' O_3 , le SO_2 et le NO_2 (CCME, 2019). Ce sont des concentrations et des objectifs pour la gestion de la qualité de l'air. Elles ont été adoptées par le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) et sont appliquées au Canada en vertu des lois et réglementations provinciales et de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*. Elles sont le moteur du système de gestion de la qualité de l'air. Le Québec n'est pas signataire de l'entente de mise en œuvre des NCQAA sur son territoire à cause des chevauchements possibles avec ses propres mesures de gestion, dont le RAA. Ces normes n'ont donc pas force légale au Québec. Toutefois, le Québec partage les objectifs visés par le CCME et produit un rapport annuel présentant les statistiques de respect des NCQAA pour la province.

L'OMS a émis des lignes directrices relatives à la qualité de l'air pour les particules, le NO₂, l'O₃ et le SO₂ (WHO, 2006). Ces lignes directrices sont basées sur les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique. Elles ont été élaborées pour soutenir les actions en vue d'atteindre une qualité de l'air permettant de protéger la santé des populations. Elles sont présentées comme des cibles à atteindre. L'OMS Europe a également publié des lignes directrices pour certains métaux et composés organiques en 2000 (WHO, 2000).

Ces valeurs de référence (p. ex. : normes, lignes directrices) ne représentent pas nécessairement des niveaux d'exposition sécuritaire pour lesquels aucun effet sur la santé n'est observé. En effet, pour plusieurs des contaminants de l'air comme les PM_{2,5}, l'O₃ et les cancérigènes, aucun seuil d'exposition sécuritaire n'a été établi (WHO, 2006).

Annexe 4 - Principales sources d'exposition aux contaminants atmosphériques

Cette annexe présente des informations sur les principales sources d'émission des contaminants de l'air extérieur. Les informations sont présentées par contaminant.

Les contaminants sont libérés par des sources naturelles (p. ex. : érosion terrestre, feux de forêt) et anthropiques. L'importance relative des différentes sources d'émissions varie pour chaque contaminant, selon le lieu et la saison.

Particules

Les PST et les PM₁₀ proviennent surtout de l'érosion éolienne et de la remise en suspension de matière par le vent et le passage des véhicules. Les particules fines (PM_{2,5}) sont issues de processus de combustion divers, naturels (feux de forêts, etc.) ou anthropiques (transport, industries, chauffage, etc.) et dans une moindre mesure, de la remise en suspension de particules de sols ou de sels de déglacage. En milieu urbain, les particules ultrafines proviennent surtout de la combustion des véhicules moteurs (Solomon, 2012).

Oxydes d'azote

Le dioxyde d'azote est un contaminant principalement rencontré en milieu urbain et est un bon indicateur des émissions des véhicules motorisés (INSPQ, 2012). En effet, le secteur des transports contribuait à 76 % des émissions de NO_x au Québec en 2008. Parmi ces émissions, 52 % proviennent des moteurs diesel des camions, de l'équipement lourd forestier et agricole, du milieu de la construction et des mines, de certains véhicules récréatifs et des équipements industriels fonctionnant au diesel comme les chariots élévateurs. Les voitures à essence contribuent à 11 % des émissions liées au transport et les camions à essence à 10 % (MDDEP, 2011).

Dioxyde de soufre

De 1990 à 2008, 85 % des émissions anthropiques de SO₂ au Québec ont été associées aux activités industrielles, principalement celles des alumineries, de l'extraction de métaux non ferreux (cuivre, zinc), des pâtes et papiers et des raffineries de pétrole. Le transport, surtout maritime, était responsable de l'émission d'environ 12 % du SO₂ au Québec en 2008 (MDDEP, 2011).

Monoxyde de carbone

Le CO est émis naturellement par les incendies de forêts. Le CO d'origine anthropique est un indicateur du mélange complexe de polluants émis, par exemple, par la combustion fossile. Les principales sources au Québec en 2008 étaient les transports (71 %), les industries (19 %) et le chauffage au bois domestique (10 %). Les moteurs à essence (véhicules hors route, voitures et camions) sont responsables de la quasi-totalité des émissions de CO provenant des transports alors que les alumineries et les industries du fer et de l'acier sont les principaux émetteurs industriels (MDDEP, 2011).

Métaux

Antimoine

L'exposition à l'antimoine dans l'air peut se produire pour ceux qui habitent près ou qui travaillent dans les mines et les industries qui utilisent ce métal. Les incinérateurs peuvent être une faible source d'antimoine (ATSDR, 2017). L'antimoine est aussi un indicateur de pollution par le trafic routier puisqu'il est associé aux poussières émises par le freinage des véhicules automobiles (Varrica et coll. 2013).

Arsenic

Environ le tiers de l'arsenic dans l'air provient de sources naturelles comme les volcans et les poussières de sols à hautes concentrations en arsenic transportées par le vent. Les sources anthropiques d'arsenic sont les mines et les fonderies (cuivre ou plomb), l'utilisation de pesticides et la combustion de déchets et de charbon avec arsenic (ATSDR, 2007a). Les sources d'exposition principales pour la population sont la nourriture et l'eau contaminée.

Cadmium

Les principales sources naturelles de cadmium dans l'air sont l'érosion de roches contenant du cadmium, les éruptions volcaniques, les feux de forêt et les aérosols de sels marins. Les sources anthropiques sont la production de métal non ferreux, l'utilisation des combustibles fossiles, l'incinération et la production et l'utilisation de fertilisants phosphatés. Le tabagisme est une source d'exposition importante (ATSDR, 2012a; ATSDR, 2012b; IARC, 2012a).

Cobalt

Les émissions de cobalt de sources naturelles seraient un peu plus importantes que celles de sources anthropiques. Les sources naturelles sont les volcans, les feux de forêt et les aérosols de sol et d'eau de mer. De petites quantités de cobalt peuvent être émises dans l'air par la combustion du charbon pour produire de l'électricité, les incinérateurs, les émissions des véhicules motorisés, les mines et la transformation du cobalt ainsi que la production d'alliages. La nourriture est la source d'exposition principale (ATSDR, 2004).

Manganèse

Le manganèse est présent naturellement dans l'air, le sol, la nourriture et l'eau. Il est un constituant de l'acier et de plusieurs produits de consommation tels que les batteries, les cosmétiques, la peinture et les fertilisants. Les activités industrielles qui produisent du manganèse, les activités minières et la combustion automobile libèrent du manganèse dans l'air. La cigarette est également une source d'exposition pour les fumeurs et les personnes exposées à la fumée secondaire. L'alimentation est la source d'exposition principale (ATSDR, 2012c).

Nickel

Les sources naturelles de nickel sont les volcans et les poussières provenant de sols riches en nickel. Les sources anthropiques sont l'utilisation des combustibles fossiles, les mines et les raffineries de nickel, l'incinération municipale, la production d'acier, la production d'alliages de nickel et la combustion du charbon (ATSDR, 2005; IARC, 2012a). La cigarette est une source d'exposition. La source d'exposition principale pour la population générale est la nourriture. Le MELCC établit un lien entre les activités de transbordement au Port de Québec et la présence de nickel dans l'air extérieur dans ce secteur (Walsh et Brière, 2013).

Plomb

Avant 1990, l'essence au plomb était une source importante d'émission dans l'air. Aujourd'hui, le plomb peut se retrouver dans l'atmosphère par la combustion de déchets contenant du plomb. Les industries de production de fer et d'acier, de production de batteries et les fonderies non ferreuses peuvent en produire. Les personnes qui habitent à proximité d'un centre de déchets dangereux peuvent respirer des particules de sol contenant du plomb. À plus petite échelle, l'inhalation de plomb peut résulter de certains emplois ou loisirs (industries, centre de tir, céramique, vitraux). La peinture au plomb peut être une source d'exposition dans les vieilles maisons, où elle était auparavant utilisée, entre autres lors de rénovations. La cigarette est aussi une source d'exposition au plomb (ATSDR, 2007b).

Composés organiques

Composés organiques volatils

Les COV dans l'air extérieur proviennent de sources naturelles, comme la végétation, et de sources anthropiques (MDDEP, 2011). Ils sont omniprésents dans l'air extérieur et intérieur puisqu'ils entrent dans la composition d'une multitude de produits et matériaux utilisés dans la vie de tous les jours et qu'ils sont relâchés durant leur fabrication ou leur utilisation. Ils sont émis par la combustion pour produire de l'énergie, par les industries de production, de raffinage de métal et de plastique et par les transports (US EPA, 2019c). Au Québec, les principales sources répertoriées en 2008 étaient le transport, principalement avec moteur à essence (37 %), l'utilisation de solvants non industriels (peinture, vernis, lave-glace, antigel, aérosols, produits de nettoyage, etc.) (17 %) et industriels (12 %) et le chauffage au bois (14 %) (MDDEP, 2011).

Dioxines et furanes

Les émissions atmosphériques sont la principale source de contamination de l'environnement en PCDD/F (ATSDR, 1998). Les sources de PCDD/F les plus importantes au Canada sont l'incinération municipale et industrielle, la production industrielle de fer et d'acier, le brûlage à ciel ouvert (*backyard burning*) des déchets domestiques (surtout les plastiques), la combustion du mazout, du diesel, des combustibles agricoles et de l'huile à chauffage, le chauffage au bois (surtout le bois traité), la production d'électricité dans des centrales thermiques et la fumée du tabac (Santé Canada, 2005). Dans l'air, les

PCDD/F sont associées aux particules fines et elles peuvent être transportées sur de grandes distances. La principale source d'exposition aux PCDD/F est les aliments.

Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Les HAP sont formés dans la combustion des combustibles fossiles (charbon, huile, gaz), l'incinération, la fumée de cigarette et la viande cuite au barbecue (ATSDR, 1995). Le chauffage au bois est une source de HAP.

Biphényles polychlorés

Les BPC étaient auparavant utilisés comme liquide de refroidissement dans les huiles hydrauliques et dans les équipements électriques. À cause de leur nocivité et de leur persistance dans l'environnement, ils ne sont plus produits et utilisés commercialement et les matériaux contaminés qui en contiennent font l'objet de contrôles sévères. Leur présence actuelle provient des utilisations passées et de la contamination de l'environnement (ATSDR, 2000). À cause de leur volatilité, les concentrations dans l'air augmentent en été. La grande majorité de l'exposition ne provient pas de l'air extérieur, mais plutôt de l'alimentation (WHO, 2000).

Annexe 5 - Particules : taille et composition chimique

Les particules (ou particules en suspension) sont constituées d'un mélange de solides et de liquides en suspension dans l'air. Elles peuvent contenir des sulfates, des nitrates, des métaux (p. ex. : zinc, cuivre, plomb, cadmium, nickel), de l'eau, du carbone et des particules biologiques comme des bactéries, des pollens ou d'autres allergènes. Les aérosols constitués uniquement d'eau ne sont pas considérés comme des particules (Santé Canada, 2016).

Les particules en suspension sont décrites et classées selon leur mode de formation, leur taille ou les appareils d'échantillonnage et de mesure. Selon leur taille, ou diamètre aérodynamique⁴, les particules sont classées en trois catégories, soit les particules grossières, fines et ultrafines (figure 24) (Slezakova, 2013). Les particules en suspension totales (PST) comprennent toutes les particules de moins de 150 µm de diamètre. Les PM₁₀ ont moins de 10 µm et les PM_{10-2,5} (ou 2,5-10) sont celles comprises entre 2,5 et 10 µm. Les PM_{2,5} font référence aux particules de moins de 2,5 µm. Les PM_{0,1} sont les particules de moins de 0,1 µm de diamètre. Les PST et les PM₁₀ sont les particules grossières. Les PM_{2,5} sont les particules fines et les particules ultrafines correspondent aux PM_{0,1}.

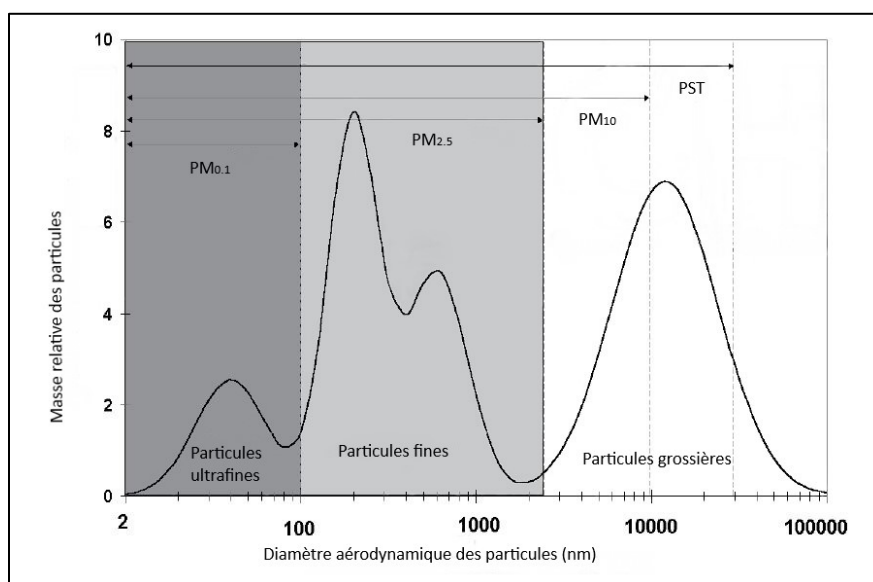


Fig. 24 - Diamètre des différents types de particules dans l'air ambiant

Adapté de Slezakova et coll., 2013.

Les PST et les PM₁₀ sont constituées surtout d'éléments de la croûte terrestre comme la silice, les embruns marins (aérosols provenant des vagues et contenant une forte concentration en sels minéraux), de sels de déglaceage, d'éléments produits par l'usure des véhicules et des pneus et par les divers

⁴ Propriété aérodynamique équivalente à celle d'une particule sphérique d'un diamètre donné.

processus de combustion. Elles comprennent aussi du matériel organique comme les spores et les fibres végétales. Les PST et les PM₁₀ ne persistent en général dans l'air que quelques heures. Elles se déposent relativement près de leur point d'émission, sur les sols et les surfaces bâties (Santé Canada, 2016).

Les polluants secondaires, qui sont formés dans l'atmosphère par réaction chimique de polluants précurseurs, composent la plus grande partie de la masse des *particules fines* (PM_{2,5}). La composition des PM_{2,5} varie selon les saisons. Le sulfate d'ammonium ((NH₄)₂SO₄) et le nitrate d'ammonium (NH₃SO₄) représentent de 32 à 43 % de la masse des PM_{2,5} en été et de 36 à 59 % en hiver (figure 23) (Dabek-Zlotorzynska et coll., 2011). Les PM_{2,5} contiennent aussi de la matière organique, du carbone, des métaux et des métalloïdes, ainsi que des substances organiques comme les HAP. La composition chimique des PM_{2,5} semble assez constante sur le territoire québécois. Par exemple, dans trois des sites de mesure d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) situés dans l'est du pays, soit Saint-Anicet (site rural du sud du Québec), Ottawa et Montréal, la composition des PM_{2,5} est pratiquement identique (figure 25). De plus, l'action de la gravité sur les PM_{2,5} est peu importante et elles peuvent être transportées sur de grandes distances.

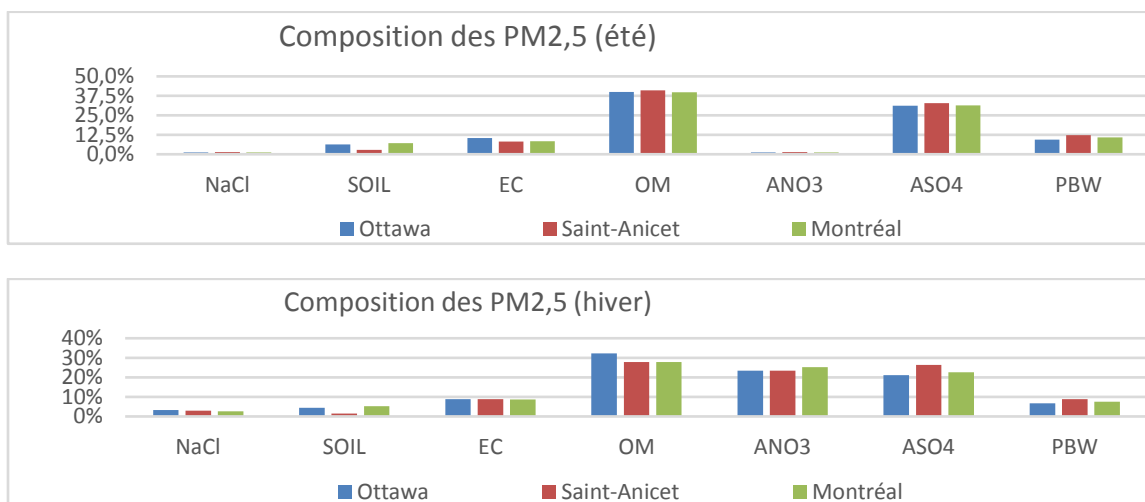


Fig. 25 - Composition des PM_{2,5} au Canada

Note : Adapté d'Environnement et Changement climatique Canada, 2016. EC : carbone élémentaire; OM : matière organique; ANO₃ : nitrate d'ammonium; ASO₄ : sulfate d'ammonium; PBW : eau liée aux particules.

Les *particules ultrafines* (PM_{0,1}) sont formées par la condensation de substances de faible pression de vapeur provenant de la combustion ou de la vaporisation. Elles sont composées de sulfate et nitrate, de métaux, de carbone élémentaire et de composés organiques. Les particules ultrafines peuvent être les plus abondantes dans l'air, mais elles ne constituent qu'une petite fraction de la masse totale des particules. Elles ont une grande réactivité biologique liée à leur petite taille, ce qui leur confère une toxicité importante.

Annexe 6 - Données historiques sur les particules

Cette annexe expose les données historiques régionales disponibles sur les particules : PST, PM₁₀ et PM_{2,5}. Elle présente l'évolution des valeurs mesurées depuis la mise en place de la surveillance de la qualité de l'air et le respect des valeurs de référence.

Les particules en suspension totales

Dans la ville de Québec, les PST ont été mesurées depuis les années 1970. Le MELCC a produit trois publications comprenant des données sur les PST.

La qualité de l'air ambiant à Québec entre 1994 et 2003

Le MELCC présente sur son site Internet les données de la ville de Québec pour les années 1994 à 2003 (MELCC, 2019d). L'évolution des concentrations des PST à cinq stations de surveillance de la qualité de l'air existantes à cette époque soit Saint-Ange, De l'Église, Beauceage, D'Youville, et Des Sables s'y retrouve (figure 26).

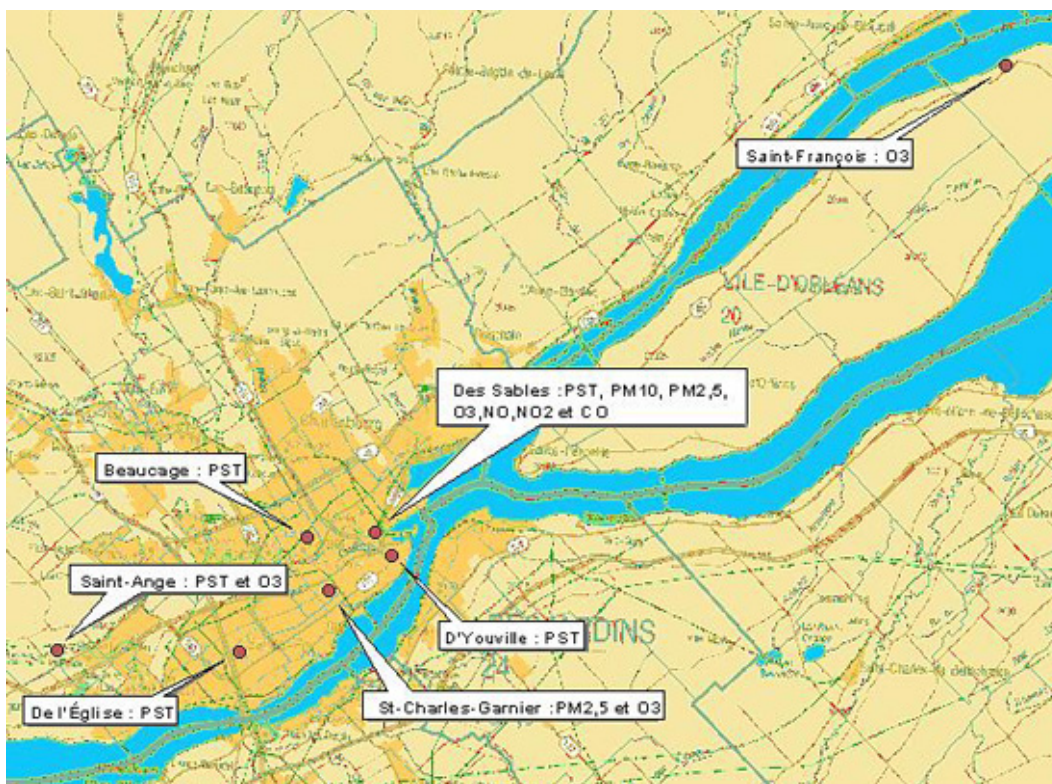


Fig. 26 - Stations de mesures utilisées par le MELCC pour son bilan 1994-2003 (MELCC 2019d)

Au cours de cette période, les concentrations moyennes annuelles de PST ont été stables (figure 27). De fortes différences entre les stations sont notées, les concentrations moyennes les plus faibles (environ $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) étant observées à la station Saint-Ange, et les plus élevées ($40 - 55 \mu\text{g}/\text{m}^3$), aux stations Beaucage et Des Sables. Les différences entre les stations étaient attribuées au niveau d'activité à proximité de ces sites.

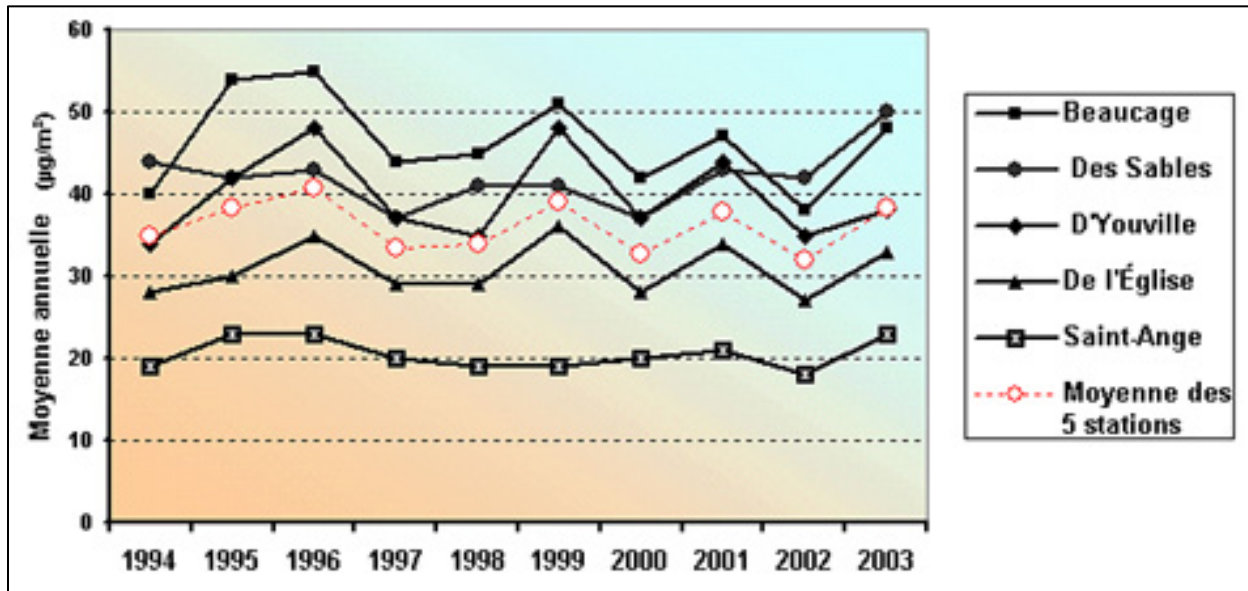


Fig. 27 - Évolution des concentrations moyennes annuelles de PST à cinq stations de la région de la Capitale-Nationale, 1994 à 2003 (MELCC 2019d)

La qualité de l'air à Québec, de 1994 à 2008

Le MELCC a mis à jour ces données en 2010, en présentant un bilan de la qualité de l'air pour les années 1994 à 2008 (Bisson et Busque, 2010). Les concentrations de PST ont été rapportées aux trois stations pour lesquelles ce paramètre était encore mesuré en 2008, soit Des Sables, Beaucage et de l'Église. Les stations de la Basse-Ville de Québec (Des Sables et Beaucage) ont montré, comme précédemment, des concentrations plus élevées de PST (moyennes environ entre 39 et $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$) que celles de la station De l'Église (moyennes environ entre 28 et $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (figure 28).

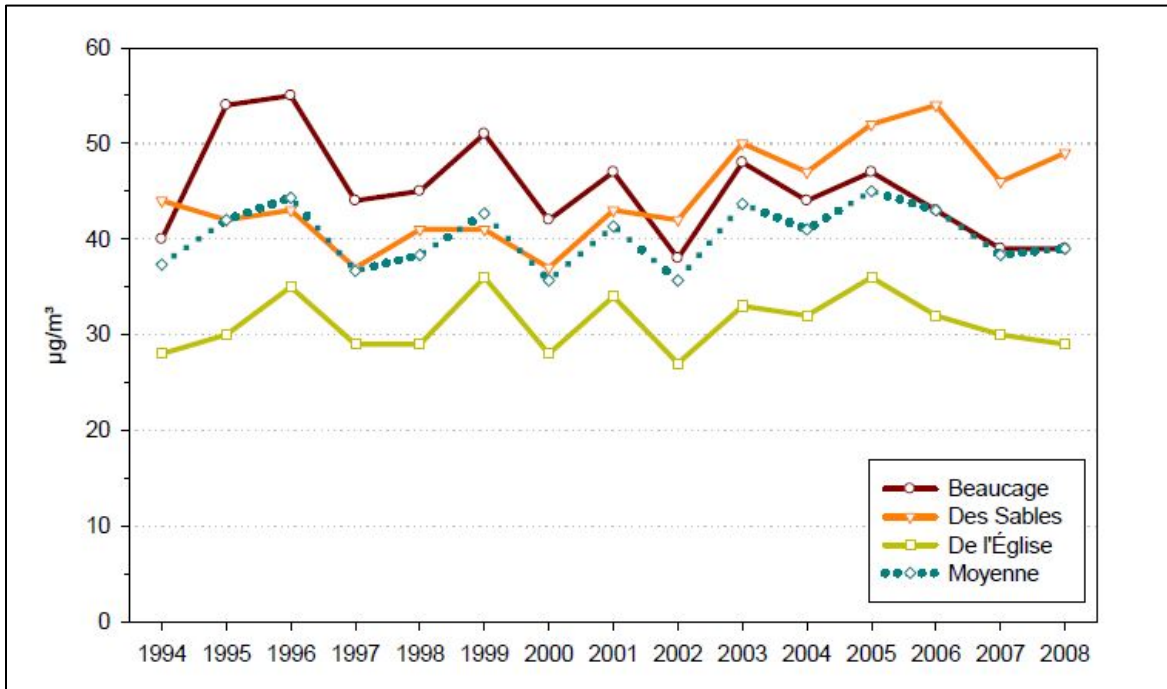


Fig. 28 - Évolution des concentrations moyennes annuelles de PST à trois stations de la région de la Capitale-Nationale, 1994 à 2008 (Bisson et Busque, 2010)

Cette différence a été attribuée aux activités industrielles plus importantes en Basse-Ville par rapport à une station comme De l'Église située en milieu plus résidentiel avec des commerces et des entreprises de services. Ils ont également noté une augmentation des concentrations au cours de cette période à la station Des Sables, qui a été expliquée par la présence de chantiers de construction qui ont eu cours surtout à partir de 2003, notamment pour l'autoroute Dufferin-Montmorency, la restauration des berges de la rivière Saint-Charles et la construction de bassins de rétention. De manière générale, les concentrations de PST ont été jugées similaires à celles observées ailleurs au Québec à des stations situées dans des milieux urbains comparables.

Deux normes régissaient les concentrations de PST dans l'air sous l'ancien Règlement sur la qualité de l'atmosphère (RQA)(remplacé en 2011 par le RAA), soit une norme annuelle de 70 µg/m³, qui a été respectée aux trois stations, et une norme quotidienne de 150 µg/m³. Cette dernière a toujours été respectée de 1994 à 2008 à la station De l'Église, mais elle a été dépassée à sept occasions à la station Beaucage et à dix occasions à la station Des Sables. Notons que les dépassements à la station Des Sables ont été observés dans les dernières années de la période, soit deux fois en 2005, une fois en 2006 et trois fois en 2008.

Portrait de la qualité de l'air de la région de la Capitale Nationale

Le MELCC a présenté en 2016 l'ensemble des données de PST à Québec depuis le début des mesures en 1975, ce qui permet de constater l'amélioration dans les valeurs de PST mesurées dans la région

(Foucreault et coll., 2016a). Des concentrations moyennes jusqu'à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Saint-Roch (station 03003) étaient observées dans les années 1970, ce qui représente plus du double des concentrations moyennes observées aujourd'hui (figure 29).

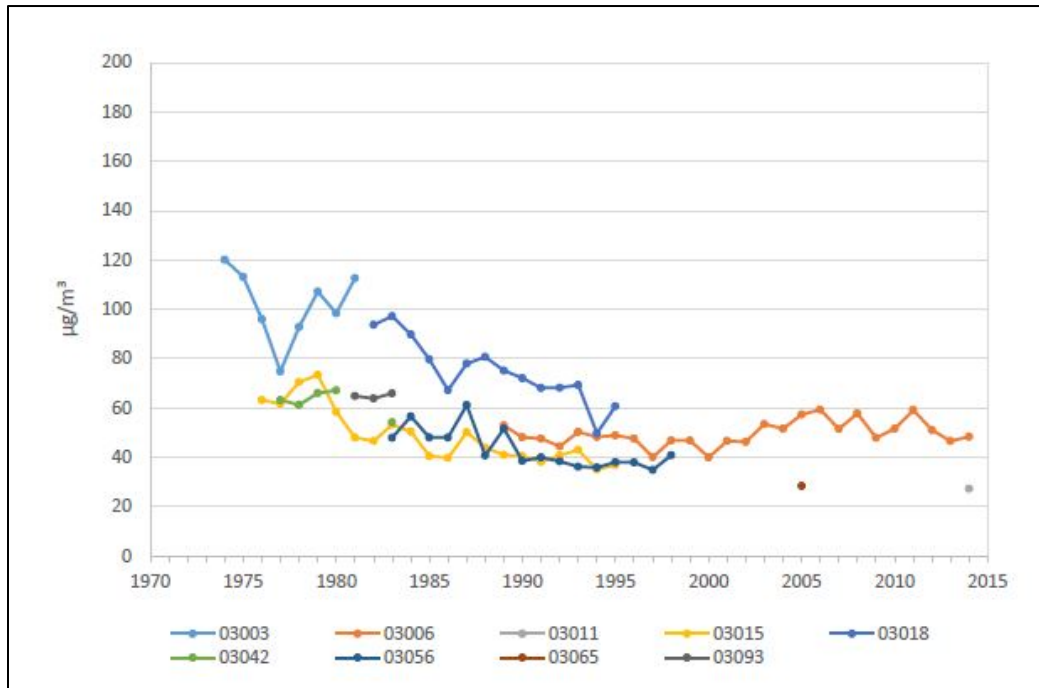


Fig. 29 - Évolution des concentrations moyennes annuelles de PST à certaines stations de la ville de Québec, 1975 à 2015

Légende : 03003 Saint-Roch; 03006 Vieux-Limoilou; 03011 Bibliothèque Monique-Corriveau; 03015 Henri-Bourassa; 03018 Charest; 03042 École-Montmorency; 03056 Cartier-Brébeuf; 03065 Jardin-Mérici; 03093 Vitré.

PM₁₀ et PM_{2,5} : mesures séquentielles

La figure 30 présente l'évolution des concentrations moyennes annuelles des PM₁₀ selon les analyses des Hi Vol québécois et du Partisol d'ÉCCC (Dichot) de 1995 à 2016.

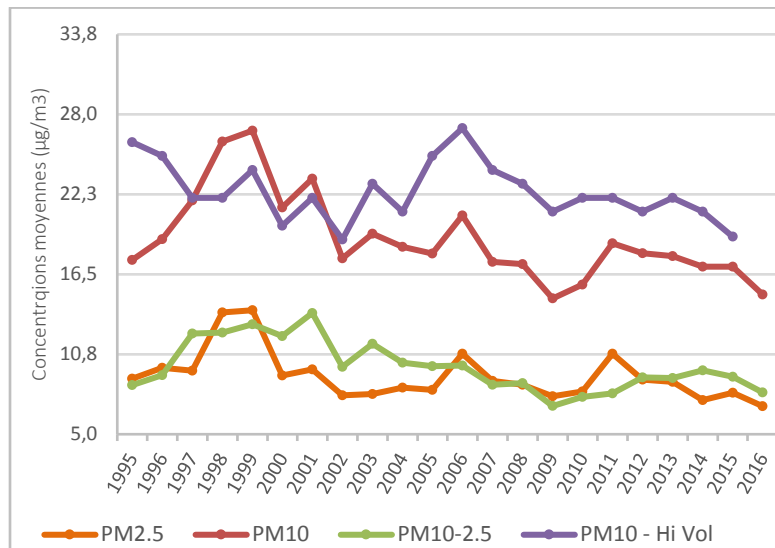


Fig. 30 - Évolution des concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5}, de PM_{10-2,5} et de PM₁₀ à la station Vieux-Limoilou (Dichot et Hi Vol)

Note : Les PM_{2,5} (orange) et PM_{10-2,5} (vert) ont été échantillonnées avec un appareil Partisol™ (Dichot); la somme de ces deux fractions équivaut aux PM₁₀ (rouge). Les concentrations moyennes mesurées avec un échantillonneur à grand débit à tête sélective (Hi Vol) sont aussi présentées (mauve).

PM_{2,5} : mesures en continu

Tel qu'exposé plus haut (méthodologie et annexe 3), des normes canadiennes de qualité de l'air ambiant (NCQAA) ont récemment été établies pour plusieurs contaminants, notamment pour les PM_{2,5} (CCME, 2019).

Une norme pour les concentrations moyennes annuelles de 10 µg/m³ et une norme pour les concentrations maximales sur 24 heures (98^e centiles des distributions) de 28 µg/m³ ont été adoptées. Ces deux valeurs sont des moyennes de données de trois années consécutives. La méthode de calcul et les exigences de complétude des séries de données sont décrites dans une publication du CCME (CCME, 2012).

Des données de PM_{2,5} de la période 2013-2015 ont été publiées par le MELCC (MDDELCC, 2018). Il présente la concentration moyenne annuelle selon la forme statistique de la NCQAA (figure 31). Quatre

stations étaient en opération dans la région pour ces années, soit Deschambault, École Les Primevères, St-Charles Garnier et Vieux-Limoilou. La concentration moyenne annuelle de PM_{2,5} selon la forme statistique de la NCQAA pour les années 2013 à 2015 a été respectivement de 7,1 µg/m³, 8,2 µg/m³, 9,3 µg/m³ et 10,0 µg/m³ (tableau 22).

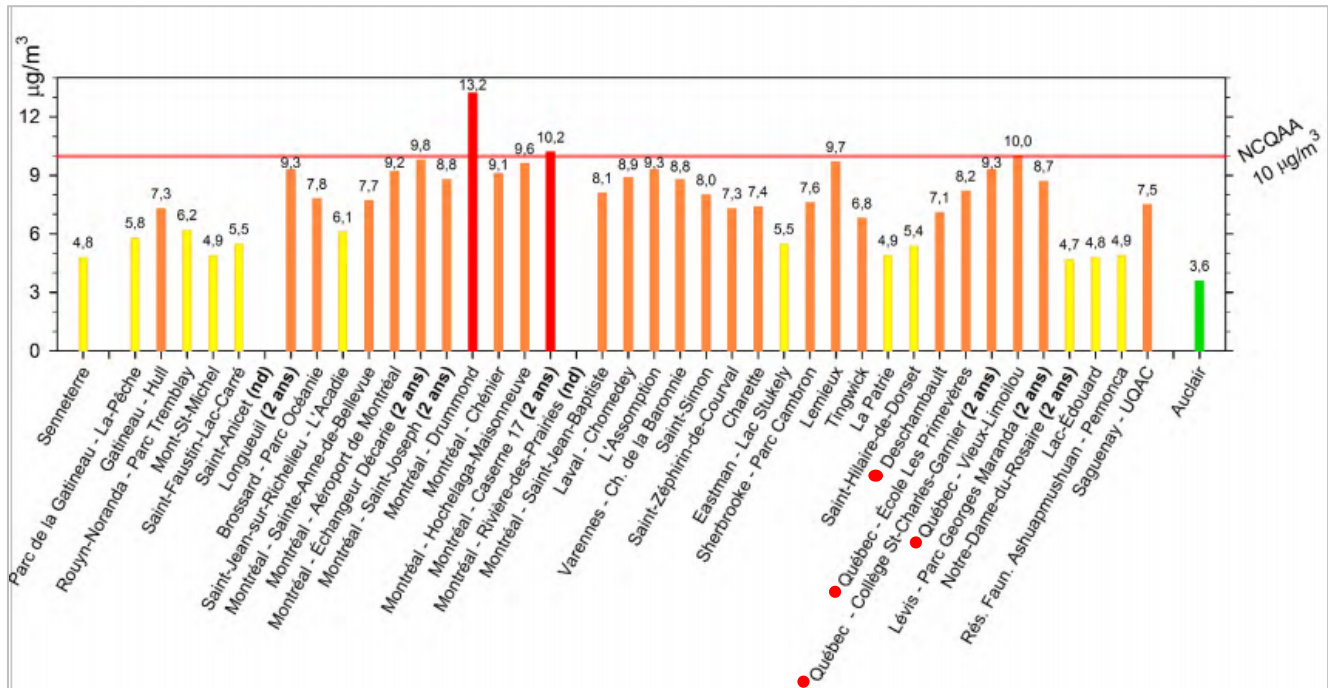


Fig. 31 - Concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} selon la forme statistique de la NCQAA, 2013 à 2015, province de Québec (MDEELCC, 2018)

Note : (Deux ans) indique que la moyenne a été calculée à partir des données de deux années au lieu de trois; (nd) indique que la station ne satisfait pas aux critères de complétude pour la période 2013-2015; les différentes couleurs correspondent aux niveaux de gestion suggérés par le CCME; Ligne rouge: norme pour les concentrations moyennes annuelles de 10 µg/m³; les points rouges correspondent aux stations analysées dans ce rapport.

Tableau 22
Concentrations moyennes annuelles et concentrations maximales sur 24 heures (98^e centiles des distributions) de PM_{2,5} selon la forme statistique de la NCQAA, 2013 à 2015, région de la Capitale-Nationale, stations Deschambault, École Les Primevères, St-Charles Garnier et Vieux-Limoilou et norme NCQAA

Station	Concentrations moyennes annuelles (µg/m ³)	Concentrations maximales 24 heures (98 ^e centiles) (µg/m ³)
Deschambault	7,1	18
École Les Primevères	8,2	24
St-Charles Garnier	9,3	23
Vieux-Limoilou	10,0	26
Norme NCQAA	10	28

La différence dans les concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} entre la station Vieux-Limoilou et celle de St-Charles Garnier est de 0,7 µg/m³ (8 %). Elle est de 1,8 µg/m³ (22 %) entre la station Vieux-Limoilou et celle de l'École Les Primevères.

La concentration moyenne annuelle 2013-2015 de la station rurale Deschambault est de 7,1 µg/m³. Elle indique le niveau de base des concentrations (concentrations de fond) auquel s'attendre sur le territoire de la ville s'il n'y avait aucune activité humaine locale génératrice de particules. L'OMS avance que la concentration de fond serait de 3 à 5 µg/m³ aux États-Unis et en Europe (WHO, 2006). En fonction de ces données et des concentrations moyennes annuelles observées aux stations urbaines de la ville, les activités anthropiques contribuent à environ 1 à 5 µg/m³ des concentrations moyennes de particules pour la ville.

La figure 32 présente les concentrations maximales mesurées sur 24 heures selon la forme statistique de la NCQAA pour les années 2013 à 2015. Les concentrations maximales suivent relativement le même ordre entre les stations que les concentrations moyennes. Les valeurs pour les quatre stations discutées précédemment, soit Deschambault, École Les Primevères, St-Charles Garnier et Vieux-Limoilou sont respectivement de 18 µg/m³, 24 µg/m³, 23 µg/m³ et 26 µg/m³ (tableau 22).

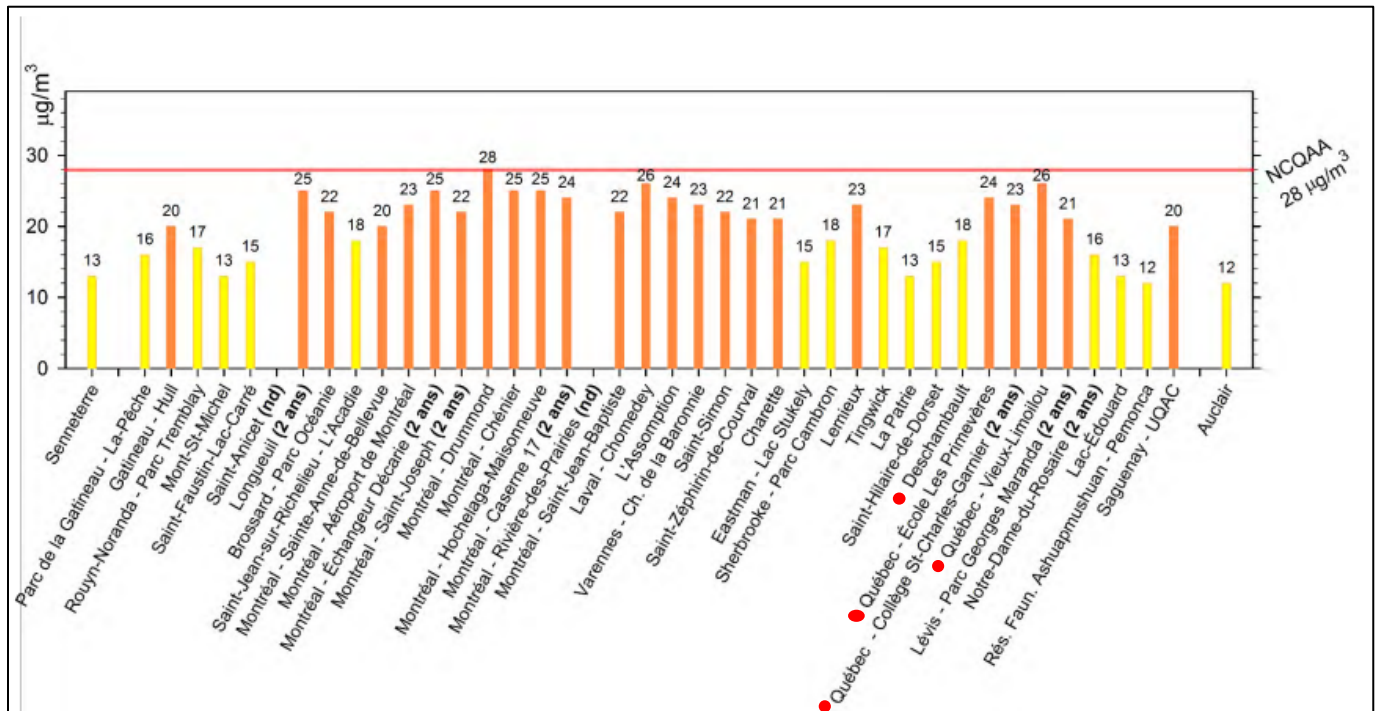


Fig. 32 - Concentrations maximales sur 24 heures de PM_{2,5} selon la forme statistique de la NCQAA (moyenne des 98^e centiles des distributions), 2013 à 2015, province de Québec (MDDELCC, 2018)

Notes : (Deux ans) indique que la moyenne a été calculée à partir des données de deux années au lieu de trois; (nd) indique que la station ne satisfait pas aux critères de complétude minimale pour la période 2013-2015; les différentes couleurs correspondent aux niveaux de gestion suggérés par le CCME; ligne rouge : norme pour les concentrations maximales sur 24 heures (98^e centiles des distributions) de 28 µg/m³; les points rouges correspondent aux stations analysées dans ce rapport.

Dans le cas des deux mesures du NCQAA, soit la moyenne annuelle et le maximum 24 heures (98^e centile), les normes sont respectées aux quatre stations de la région pour la période 2013-2015 (tableau 22).

Directions de santé publique

Février 2019

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

Québec

