

Bilan de la qualité de l'air au Québec

2019

Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée par la Direction de la qualité de l'air et du climat du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP).

Renseignements

Téléphone : 418 521-3830
1 800 561-1616 (sans frais)

Formulaire : www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/reenseignements.aps

Internet : www.environnement.gouv.qc.ca

Référence à citer

FOUCREULT, M.-A., et A. LABERGE, 2023. Bilan de la qualité de l'air au Québec - 2019. Québec, ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, Direction de la qualité de l'air et du climat, 55 p. + 34 annexes [En ligne], www.environnement.gouv.qc.ca/air/bilan/qualite-air-quebec-2019

Dépôt légal – 2023
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-550-94522-2 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays
© Gouvernement du Québec, 2023

Équipe de réalisation

Rédaction	Marc-André Foucreault ¹ , B. Sc. biochimie Antony Laberge ¹ , chimiste, M. Sc., MBA
Collaboration	Daniel Busque ¹ , biologiste, M. Sc. Fabrice Godefroy ² , chef de section Sonia Melançon ² , chimiste, Ph. D. Catherine Savard ¹ , physicienne, M. Sc. Manon Therrien ¹ , chimiste, M. Sc. Sébastien Lamarre ³ , chimiste, Ph. D.
Révision scientifique	Frédéric Bouffard ¹ , M. Sc. Marie-Pier Brault ¹ , biologiste, M. E. I. Fanny Eyboulet ¹ , biologiste, Ph. D.
Cartographie	Simon Magnan ⁴ , M. Sc.

¹ Direction de la qualité de l'air et du climat, MELCCFP.

² Division du contrôle des rejets et du suivi environnemental du Service de l'environnement, Ville de Montréal.

³ Direction des inventaires et de la gestion des halocarbures, MELCCFP.

⁴ Direction de la qualité des milieux aquatiques, MELCCFP.

Résumé

Le Bilan de la qualité de l'air au Québec 2019 fait état des concentrations des 10 contaminants les plus couramment mesurés au Québec à 66 stations de mesure situées en milieu urbain, rural et forestier, soit le carbone noir (BC), le dioxyde d'azote (NO₂), le dioxyde de soufre (SO₂), le monoxyde de carbone (CO), l'ozone troposphérique (O₃), les particules fines (PM_{2,5}), les particules respirables (PM₁₀), les particules en suspension totales (PST), les particules ultrafines (PM_{0,1}) et le sulfure d'hydrogène (H₂S).

Depuis les 46 dernières années (de 1974 à 2019), la qualité de l'air est en constante amélioration. Le nombre moyen de jours de smog a légèrement diminué en 2019 par rapport à 2018; la comparaison des concentrations des contaminants avec les normes en vigueur confirme que la qualité de l'air est généralement bonne. D'ailleurs, les concentrations sont semblables à celles observées ailleurs au Canada (Gouvernement du Canada, 2021).

Les concentrations moyennes de BC ont varié de 0,36 µg/m³ à la station Québec – Collège Saint-Charles-Garnier, à 0,40 µg/m³ à la station Québec – École Les Primevères et à 0,65 µg/m³ à la station Québec – Henri IV. En général, le BC provenant de la combustion de biomasse domine l'hiver, tandis que l'été, les concentrations de BC sont plus fortement influencées par la combustion de combustible fossile due au transport.

Les concentrations moyennes de SO₂ ont varié de 0,1 ppb à la station Gatineau – Hull à 5,5 ppb à la station Saguenay – Parc Powell. Les données mesurées aux stations situées près de sources de SO₂ connues (Saguenay, Témiscaming, Rouyn-Noranda) sont nettement plus élevées que celles des autres stations du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec. Les concentrations de SO₂ sont significativement en baisse à toutes les stations du réseau mesurant ce contaminant. Les normes quotidiennes et annuelles sont respectées à l'ensemble des stations en 2019. Le nombre de dépassements de la norme sur 4 minutes a, quant à lui, diminué de plus de 85 % depuis 2012.

Les concentrations moyennes de NO₂ ont varié de 2,6 ppb à la station Saint-Anicet à 13,0 ppb à la station Montréal – Échangeur Décarie. Les concentrations de NO₂ varient en fonction de l'heure et de la journée de la semaine, et ce, proportionnellement à la densité de la circulation automobile. Ainsi, deux maximums sont observés aux heures de pointe (matin et fin d'après-midi) du lundi au vendredi. Une baisse des concentrations de NO₂ est aussi constatée le samedi et le dimanche. L'analyse de tendance des concentrations de NO₂ au Québec indique que les concentrations moyennes sont en forte baisse à toutes les stations. Toutes les normes du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA) concernant le NO₂ sont respectées depuis l'entrée en vigueur du Règlement en juin 2011.

Les concentrations moyennes de CO ont varié de 0,15 ppm à la station Saint-Anicet à 0,41 ppm à la station Québec – Henri IV. Hormis les concentrations mesurées aux stations Québec – Henri IV et Montréal – Échangeur Décarie, qui sont légèrement plus élevées, celles enregistrées aux stations urbaines (Gatineau, Montréal, Laval et Québec) en 2019 sont du même ordre de grandeur. Les concentrations de CO ont chuté au cours des 40 dernières années au Québec, particulièrement aux stations directement influencées par le secteur du transport routier. Toutes les normes du RAA concernant le CO sont respectées depuis l'entrée en vigueur du Règlement en juin 2011.

Les concentrations moyennes d'O₃ ont varié de 20,7 à 32,8 ppb. Les plus faibles concentrations sont observées à la station Montréal – Échangeur Décarie, située à l'intersection de deux autoroutes majeures, tandis que les concentrations les plus élevées sont observées aux stations

situées en milieu rural ou forestier, éloignées des grands centres urbains, comme les stations Saint-Hilaire-de-Dorset et Tingwick. Les concentrations d'O₃ varient grandement en fonction de la période de la journée et de l'année. Les concentrations moyennes les plus élevées sont généralement enregistrées en fin d'après-midi en mai. L'analyse de tendance des concentrations d'O₃ indique que les concentrations d'O₃ augmentent en milieu urbain, mais aucune tendance significative n'est observée aux stations rurales et forestières. Aucun dépassement des normes de qualité de l'atmosphère de l'ozone n'a été observé en 2019 à l'ensemble des stations de suivi, une première au Québec.

Les concentrations moyennes de PM_{2,5} ont varié de 3,3 µg/m³ à la station Radisson à 9,3 µg/m³ à la station Montréal – Échangeur Décarie. Les stations rurales et forestières ont généralement enregistré des concentrations moyennes moins élevées (entre 3,3 et 6,7 µg/m³) que les stations urbaines (entre 5,6 et 9,3 µg/m³). Les PM_{2,5} mesurées aux stations urbaines proviennent d'un mélange de différentes sources d'émission (chauffage au bois, industrie, transport et autres) dont la proportion de l'apport varie d'une station à l'autre. Les stations ayant les concentrations parmi les plus élevées au Québec sont influencées par ces différentes sources de particules : la station de mesure de la qualité de l'air Montréal – Échangeur Décarie, dont la moyenne des concentrations est la plus élevée en 2019, est située à l'intersection de deux autoroutes majeures; la station Témiscaming est située à proximité d'une industrie; tandis que la station Québec – École Les Primevères se trouve dans un secteur où le chauffage au bois est très présent. L'analyse de tendance est limitée par les courtes séries chronologiques de données de PM_{2,5}, car ce suivi a débuté à la fin des années 1990, dans quelques villes seulement. Par contre, de façon générale, les tendances calculées sont significativement à la baisse, et ce, pour chacune des stations. La majorité des dépassements de la norme sur les particules fines sont survenus pendant les quatre mois les plus froids de l'année, si l'on exclut les dépassements à la station Témiscaming et ceux causés par les feux de forêt.

Les concentrations moyennes de PM₁₀ ont varié de 6,4 µg/m³ à la station Bécancour à 18,8 µg/m³ à la station Montréal – Anjou. Les concentrations sont significativement en baisse aux stations situées en milieu urbain, tandis qu'aucune tendance significative n'est observée aux stations rurales et forestières.

Les concentrations moyennes de PST ont varié de 4,9 µg/m³ à la station Radisson à 60,9 µg/m³ à la station Montréal – Anjou. Les concentrations de PST mesurées aux stations rurales et forestières sont généralement plus faibles et plus constantes que celles mesurées aux stations urbaines. Les concentrations de PST sont généralement en baisse aux stations urbaines, rurales et forestières. En 2019, 12 dépassements ont été observés au Québec, tous à des stations urbaines situées près d'installations industrielles.

Les concentrations moyennes de PM_{0,1} ont varié de 5 800 part./cm³ à la station Québec – Collège Saint-Charles-Garnier à 17 700 part./cm³ à la station Québec – Henri IV. Les concentrations mesurées en bordure de l'autoroute Henri IV sont nettement plus variables et élevées, une conséquence du trafic routier.

Les concentrations moyennes de H₂S ont varié de 0,21 ppb à la station Trois-Rivières – École MEES à 0,46 ppb à la station Trois-Rivières – Cap-de-la-Madeleine. La norme annuelle a été respectée en 2019 aux deux stations de mesure du H₂S. Cependant, 1 304 dépassements de la norme sur 4 minutes ont été enregistrés aux 2 stations, une nette diminution par rapport aux 3 158 dépassements enregistrés en 2018. Les concentrations de H₂S sont nettement à la baisse au Québec depuis 20 ans.

Table des matières

1. Introduction.....	1
2. Méthodologie.....	1
2.1. Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec.....	1
2.1.1. Fermeture de la station Forestville – Route 365.....	1
2.1.2. Ouverture d'une station de mesure à Drummondville.....	1
2.1.3. Suivi des particules ultrafines.....	1
2.1.4. Poursuite du changement des analyseurs de particules fines.....	2
2.2. Réseau de surveillance de la qualité de l'air sur l'île de Montréal.....	2
2.3. Présentation des méthodes d'analyse statistique et des données.....	5
2.3.1. Comparaison aux normes d'air ambiant.....	6
3. Résultats.....	7
3.1. Carbone noir.....	7
3.1.1. Le suivi au Québec.....	7
3.1.2. Conformité aux normes.....	12
3.1.3. Tendence des concentrations de carbone noire.....	12
3.2. Dioxyde d'azote.....	13
3.2.1. Le suivi au Québec.....	13
3.2.2. Conformité aux normes du dioxyde d'azote.....	18
3.2.3. Tendence des concentrations de dioxyde d'azote.....	19
3.3. Dioxyde de soufre.....	20
3.3.1. Le suivi au Québec.....	20
3.3.2. Conformité aux normes du dioxyde de soufre.....	21
3.3.3. Tendence des concentrations de dioxyde de soufre.....	22
3.4. Monoxyde de carbone.....	24
3.4.1. Le suivi au Québec.....	24
3.4.2. Conformité aux normes du monoxyde de carbone.....	25
3.4.3. Tendence des concentrations de monoxyde de carbone.....	25
3.5. Ozone.....	26
3.5.1. Le suivi au Québec.....	26
3.5.2. Conformité aux normes de l'ozone.....	30
3.5.3. Tendence des concentrations d'ozone.....	31
3.6. Particules fines.....	33
3.6.1. Le suivi au Québec.....	33
3.6.2. Conformité à la norme des particules fines.....	35
3.6.3. Tendence des concentrations de particules fines.....	37
3.7. Particules respirables.....	39

3.7.1. Le suivi au Québec	39
3.7.2. Conformité aux normes	40
3.7.3. Tendance des concentrations de particules respirables	40
3.8. Particules en suspension totales	42
3.8.1. Le suivi au Québec	42
3.8.2. Conformité à la norme des particules en suspension totales.....	44
3.8.3. Tendance des concentrations de particules en suspension totales	46
3.9. Particules ultrafines	47
3.9.1. Le suivi au Québec	47
3.9.2. Conformité aux normes	49
3.9.3. Tendance des concentrations des particules ultrafines	49
3.10. Sulfure d'hydrogène.....	50
3.10.1. Le suivi au Québec.....	50
3.10.2. Conformité aux normes du sulfure d'hydrogène	51
3.10.3. Tendance des concentrations de sulfure d'hydrogène.....	51
4. Indicateurs de qualité de l'air.....	53
4.1. Indice de la qualité de l'air (IQA).....	53
4.2. Jours de smog	53
4.3. Normes canadiennes de qualité de l'air ambiant.....	53
5. Conclusion.....	55
6. Références bibliographiques	56
Annexe A1. Répartition des stations du Réseau de surveillance de la qualité de l'air au Québec, par régions administratives – 2019.....	61
Annexe A2. Statistiques annuelles du carbone noir – 2019*	64
Annexe A3. Statistiques annuelles de dioxyde d'azote – 2019*	65
Annexe A4. Statistiques annuelles de monoxyde d'azote – 2019*	66
Annexe A5. Statistiques annuelles de dioxyde de soufre – 2019*	67
Annexe A6. Statistiques annuelles de monoxyde de carbone – 2019*	68
Annexe A7. Statistiques annuelles d'ozone – 2019*	69
Annexe A8. Statistiques annuelles des particules fines – 2019*	71
Annexe A9. Statistiques annuelles des particules respirables – 2019*	73
Annexe A10. Statistiques annuelles des particules en suspension totales – 2019*	74
Annexe A11. Statistiques annuelles des particules ultrafines – 2019*	75
Annexe A12. Statistiques annuelles du sulfure d'hydrogène – 2019*	76
Annexe B1. Tendance de l'ozone (milieu urbain).....	77
Annexe B2. Tendance de l'ozone (milieu rural et forestier).....	79
Annexe B3. Tendance du dioxyde d'azote (milieu urbain).....	81

Annexe B4.	Tendances des particules fines aux stations rurales mesurées par TEOM.....	83
Annexe B5.	Tendances des particules fines aux stations rurales mesurées par BAM	84
Annexe B6.	Tendances des particules fines aux stations urbaines mesurées par TEOM	85
Annexe B7.	Tendances des particules fines aux stations urbaines mesurées par BAM.....	87
Annexe B8.	Tendance monoxyde de carbone (milieu urbain)	89
Annexe B9.	Tendance dioxyde de soufre (milieu industriel)	90
Annexe B10.	Tendance dioxyde de soufre (milieu urbain)	91
Annexe B11.	Tendance particules en suspension totales (milieu urbain)	92
Annexe B12.	Tendance particules en suspension totales (milieu rural et forestier)	93
Annexe C1.	Date de changement des analyseurs de particules fines des appareils de type BAM pour des appareils de type T640	94

Liste des tableaux

Tableau 3.1 Concentrations horaires, quotidiennes et annuelles de dioxyde d'azote les plus élevées au Québec en 2019	18
Tableau 3.2 Concentrations quotidiennes et annuelles de dioxyde de soufre les plus élevées au Québec en 2019.....	21
Tableau 3.3 Stations dont les normes de 400 ppb et 500 ppb sur 4 minutes pour le dioxyde de soufre ont été dépassées en 2019.....	22
Tableau 3.4 Concentrations horaires et huit (8) heures de monoxyde de carbone les plus élevées au Québec en 2019.....	25
Tableau 3.5 Types d'appareils de mesure des particules fines en continu utilisés au Québec....	33
Tableau 3.6 Stations dont la norme de 30 µg/m ³ sur 24 heures pour les particules fines a été dépassée en 2019.....	36
Tableau 3.7 Stations dont la norme de 120 µg/m ³ sur 24 heures pour les particules en suspension totales a été dépassée en 2019.....	45
Tableau 3.8 Nombre de dépassements et valeurs maximales annuels des concentrations de sulfure d'hydrogène sur quatre minutes entre 2016 et 2019	51

Liste des figures

Figure 2.1 - Localisation des stations de surveillance de la qualité de l'air au Québec en 2019.....	3
Figure 2.2 - Légende d'un diagramme en boîte	5
Figure 2.3 - Exemple d'analyse de tendance	6
Figure 3.1 Concentrations annuelles de carbone noir aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019	8
Figure 3.2 Concentrations moyennes mensuelles de carbone noir provenant de la combustion de biomasse (BC _{bb}) et de la combustion de combustible fossile (BC _{ff}) aux trois stations de la Ville de Québec (03021 – Québec - École les Primevères, 03028 – Québec – Collège St-Charles-Garnier, 03052 – Québec – Henri-IV) en 2019.	9
Figure 3.3 Concentrations moyennes horaires de BC _{bb} en 2019 durant l'hiver (janvier, février et décembre), le printemps (mars, avril et mai), l'été (juin, juillet et août) et l'automne (septembre, octobre et novembre).....	10
Figure 3.4 Concentrations moyennes horaires de BC _{ff} en 2019 durant l'hiver (janvier, février et décembre), le printemps (mars, avril et mai), l'été (juin, juillet et août) et l'automne (septembre, octobre et novembre).....	11
Figure 3.5 Concentrations annuelles de dioxyde d'azote aux stations de mesure de la qualité de l'air au Québec en 2019.....	14
Figure 3.6 Vues aériennes des stations Québec – Vieux-Limoilou (à gauche; 2020-07) et Montréal – Échangeur Décarie (à droite; 2019-07) (Google Earth).....	15
Figure 3.7 Pourcentage de monoxyde d'azote et de dioxyde d'azote dans les oxydes d'azote totaux en 2019	17
Figure 3.8 Concentrations moyennes de dioxyde d'azote et monoxyde de carbone provenant du transport en fonction de l'heure à la station Québec – Henri IV en 2019.....	18
Figure 3.9 Tendances des moyennes mensuelles de dioxyde d'azote à six stations urbaines (à gauche) et à la station rurale de Saint-Jean-sur-Richelieu – L'Acadie (à droite) pour la période de 2000 à 2019 (20 ans).....	19
Figure 3.10 Concentrations annuelles de dioxyde de soufre aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019.....	20
Figure 3.11 Nombre de dépassements de la norme de 400 ppb et 500 ppb sur 4 minutes pour le dioxyde de soufre au Québec, de 2012 à 2019.....	22
Figure 3.12 Tendances des moyennes mensuelles de dioxyde de soufre à quatre stations industrielles (a) et à quatre stations urbaines (b) pour la période de 2000 à 2019 (20 ans)	23
Figure 3.13 Concentrations annuelles de monoxyde de carbone aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019.....	24
Figure 3.14 Tendances des moyennes mensuelles de monoxyde de carbone à la station Montréal – Échangeur Décarie (à gauche) et à quatre stations urbaines (à droite) pour la période de 2000 à 2019 (20 ans).....	25
Figure 3.15 Concentrations annuelles d'ozone aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019	27
Figure 3.16 Concentrations moyennes horaires d'oxydes d'azote et d'ozone les jours de semaine et la fin de semaine à la station Québec – Henri IV en 2019.....	28
Figure 3.17 Concentrations moyennes horaires d'ozone à toutes les stations rurales et forestières et à toutes les stations urbaines : a) à l'hiver (janvier, février et décembre); b) au	

	printemps (mars à mai); c) à l'été (juin à août) et; d) à l'automne (septembre à novembre) pour l'année 2019	29
Figure 3.18	Concentrations mensuelles d'ozone des stations urbaines et des stations rurales et forestières en 2019. Les lignes vertes et bleues représentent les moyennes mensuelles.	30
Figure 3.19	Nombre de dépassements de la norme de 82 ppb sur 1 heure et de la norme de 64 ppb sur une moyenne mobile de 8 heures pour l'ozone au Québec, de 2012 à 2019	31
Figure 3.20	Tendance des moyennes mensuelles d'ozone aux stations urbaines (a) et aux stations rurales et forestières (b) pour la période de 2000 à 2019 (20 ans).	32
Figure 3.21	Concentrations annuelles de particules fines aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019.....	34
Figure 3.22	Nombre de dépassements de la norme de 30 µg/m ³ sur 24 heures pour les PM _{2,5} au Québec, de 2012 à 2019	35
Figure 3.23	Nombre de dépassements mensuels de la norme de 30 µg/m ³ sur 24 heures pour les particules fines en 2019.	37
Figure 3.24	Tendance des moyennes mensuelles de particules fines mesurées avec des appareils BAM 1020 (en bleu) et avec des appareils API-T640 (en vert) pour la période de 2008 à 2019 (12 ans)	38
Figure 3.25	Concentrations annuelles de particules respirables aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019	40
Figure 3.26	Tendance des moyennes mensuelles des concentrations de particules respirables à cinq stations urbaines pour la période de 2000 à 2019 (figure à gauche) et à la station rurale Saint-Jean-sur-Richelieu – L'Acadie pour la période de 2000 à 2014 (figure à droite)	41
Figure 3.27	Tendance des moyennes saisonnières des concentrations de particules respirables à cinq stations urbaines pour la période de 2000 à 2019	41
Figure 3.28	Concentrations annuelles de particules en suspension totales aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019	43
Figure 3.29	Concentrations mensuelles moyennes de particules en suspension totales aux stations de mesure de la qualité de l'air rurales et forestières ou urbaines en 2019	44
Figure 3.30	Nombre de dépassements de la norme sur les particules en suspension totales au Québec, de 2012 à 2019	45
Figure 3.31	Tendance des moyennes mensuelles de particules en suspension totales à quatre stations urbaines (à gauche) et à quatre stations rurales et forestières (à droite) pour la période de 2000 à 2019 (20 ans)	46
Figure 3.32	Concentrations annuelles de particules ultrafines aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019.....	48
Figure 3.33	Concentrations moyennes horaires des particules ultrafines en 2019	49
Figure 3.34	Concentrations annuelles de sulfure d'hydrogène aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019.....	50
Figure 3.35	Tendance des moyennes mensuelles de sulfure d'hydrogène à la station Trois-Rivières – Cap-de-la-Madeleine pour la période de 2000 à 2019 (20 ans).....	52

Glossaire

BAM	analyseur de particules fines de marque Met One BAM 1020 utilisant l'absorption de rayonnement bêta comme outil d'analyse
BC	carbone noir
BC _{bb}	carbone noir provenant de la combustion de biomasse, comme le chauffage au bois ou les feux de forêt
BC _{ff}	carbone noir provenant de la combustion de carburant fossile, comme le transport routier
CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement
CIRC	Centre international de recherche sur le cancer
CMM	Communauté métropolitaine de Montréal
CO	monoxyde de carbone
COV	composés organiques volatils
DICHOT	échantillonneur de particules d'un diamètre entre 2,5 et 10 µm ainsi qu'égal ou inférieur à 2,5 µm
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
H ₂ S	sulfure d'hydrogène
GRIMM	analyseur de particules fines de marque GRIMM 180 et 365 utilisant l'optique comme outil d'analyse
IQA	indice de la qualité de l'air du Québec
MELCCFP	ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
µg/m ³	microgramme par mètre cube
µm	micromètre
NCQAA	normes canadiennes de qualité de l'air ambiant
NH ₄ ⁺	ammonium
NO	monoxyde d'azote
NO _x	oxydes d'azote
NO ₂	dioxyde d'azote
NO ₃ ⁻	nitrate
nm	nanomètre
O ₃	ozone
PM _{0,1}	particules ultrafines ou particules de diamètre aérodynamique égal ou inférieur à 100 nm
PM _{2,5}	particules fines ou particules de diamètre aérodynamique égal ou inférieur à 2,5 µm
PM ₁₀	particules respirables ou particules de diamètre aérodynamique égal ou inférieur à 10 µm

ppb	partie par milliard
ppm	partie par million
PST	particules en suspension totales
RSQA	Réseau de surveillance de la qualité de l'air de la Ville de Montréal
RSQAQ	Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec
RAA	Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère
SGQA	Système de gestion de la qualité de l'air
SHARP	analyseur de particules fines de marque Thermo SHARP 5030 utilisant l'optique et l'absorption de rayonnement bêta comme outil d'analyse
SO ₂	dioxyde de soufre
SO ₄ ²⁻	sulfates
Station urbaine	station de mesure de la qualité de l'air située dans un milieu urbanisé à densité de population relativement forte
Station rurale	station de mesure de la qualité de l'air dont l'environnement immédiat est majoritairement occupé par des champs ou des activités agricoles et qui est située dans un milieu non urbain à densité de population faible
Station forestière	station de mesure de la qualité de l'air dont l'environnement immédiat est majoritairement occupé par la forêt et qui est située dans un milieu non urbain à densité de population très faible
T640	analyseur de particules fines de marque Teledyne API T640 utilisant l'optique comme outil d'analyse
TEOM-SES	analyseur de particules fines de marque Rupprecht and Patashnick TEOM-SES utilisant la gravimétrie comme outil d'analyse
TEOM-FDMS	analyseur de particules fines de marque Thermo TEOM-FDMS utilisant la gravimétrie comme outil d'analyse
UV	ultraviolet

1. Introduction

Depuis le début des années 1970, le Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec (RSQAQ) permet au ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) d'assurer un suivi de la qualité de l'air ambiant au Québec. Plusieurs contaminants y ont été mesurés et analysés, que ce soit lors d'activités régulières ou pour des projets spéciaux visant à faire état de situations particulières. Le bilan de la qualité de l'air au Québec en 2019 vise à répondre aux objectifs suivants :

- Établir un portrait des concentrations des principaux contaminants analysés dans l'ensemble du Québec;
- Évaluer les tendances historiques de la qualité de l'air au Québec;
- Comparer les concentrations mesurées aux normes de qualité de l'atmosphère.

2. Méthodologie

Les contaminants analysés dans cette étude sont le carbone noir (BC), le dioxyde d'azote (NO₂), le dioxyde de soufre (SO₂), le monoxyde de carbone (CO), l'ozone troposphérique (O₃), les particules fines (PM_{2,5}), les particules respirables (PM₁₀), les particules en suspension totales (PST), les particules ultrafines (PM_{0,1}) et le sulfure d'hydrogène (H₂S). Il s'agit des 10 contaminants les plus couramment analysés au Québec en raison, entre autres, de leur impact sur la santé humaine et sur l'environnement.

2.1. Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec

En 2019, le RSQAQ est composé de 66 stations, dont 54 exploitées par le MELCCFP et 12 par la Ville de Montréal. La localisation des 66 stations est présentée à la figure 2.1, et l'identification des stations, leurs coordonnées géographiques et les contaminants analysés à chacune des stations se trouvent à l'annexe A1; les stations sont classées par régions administratives.

Plusieurs changements ont été réalisés dans le RSQAQ au cours de l'année 2019 :

2.1.1. Fermeture de la station Forestville – Route 365

La station Forestville – Route 365, mesurant uniquement les PST, a été fermée afin d'être déplacée vers un centre plus densément peuplé et ainsi d'éviter une redondance d'information avec d'autres stations régionales.

2.1.2. Ouverture d'une station de mesure à Drummondville

La municipalité de Drummondville a été sélectionnée pour accueillir une nouvelle station, afin de bonifier le suivi de la qualité de l'air en milieu urbain dans le Centre-du-Québec. Les données seront accessibles lorsque l'installation de la station sera terminée.

2.1.3. Suivi des particules ultrafines

L'année 2019 marque le début du suivi des particules ultrafines, particules ayant un diamètre inférieur ou égal à 0,1 micromètre (PM_{0,1}). Il s'agit d'un contaminant d'intérêt en raison des impacts potentiels sur la santé qui lui sont associés. Étant donné leur très petite taille, les PM_{0,1} peuvent pénétrer profondément dans le système respiratoire.

2.1.4. Poursuite du changement des analyseurs de particules fines

Le remplacement progressif des appareils de mesure en continu des PM_{2,5} Met One BAM 1020 par des Teledyne API T640 se poursuit en 2019. Ceux-ci offrent une meilleure sensibilité en plus de fournir une plus grande reproductibilité de leurs résultats que les modèles précédents.

2.2. Réseau de surveillance de la qualité de l'air sur l'île de Montréal

En 1981, le ministère de l'Environnement du Québec a confié la gestion de la qualité de l'air sur le territoire de l'île de Montréal à la Communauté urbaine de Montréal (Communauté métropolitaine de Montréal depuis 2001). L'exploitation du réseau de surveillance de la qualité de l'air a été déléguée à la Ville de Montréal sous la forme d'un protocole. Ainsi, les données des stations de surveillance de la qualité de l'air de Montréal (Ville de Montréal, 2019a) font partie de ce bilan afin qu'un portrait de l'ensemble du Québec puisse être présenté. La Ville de Montréal publie chaque année son propre bilan, qui est accessible sur son site Web (Ville de Montréal, 2019b).

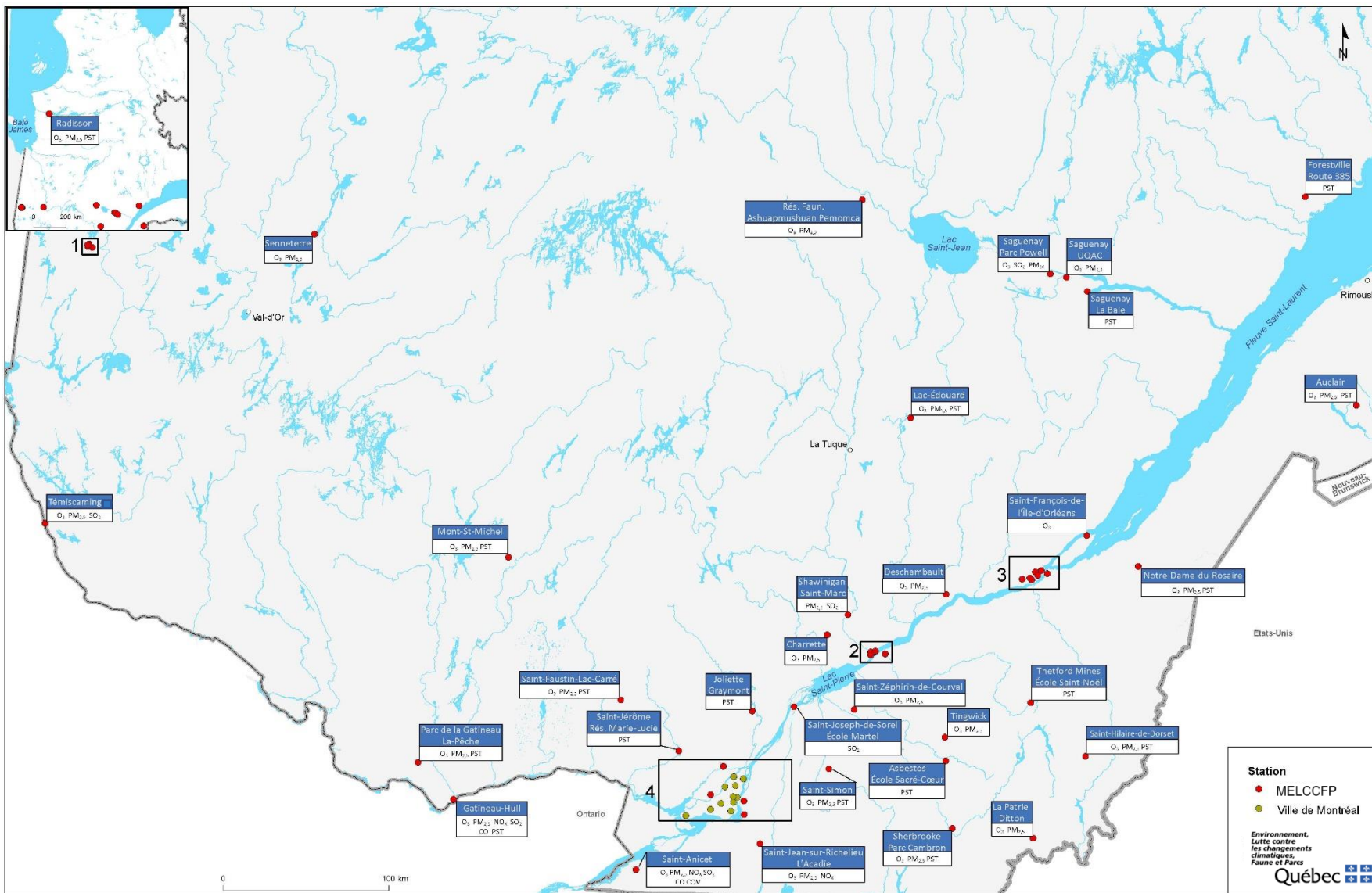


Figure 2.1 Localisation des stations de surveillance de la qualité de l'air au Québec en 2019

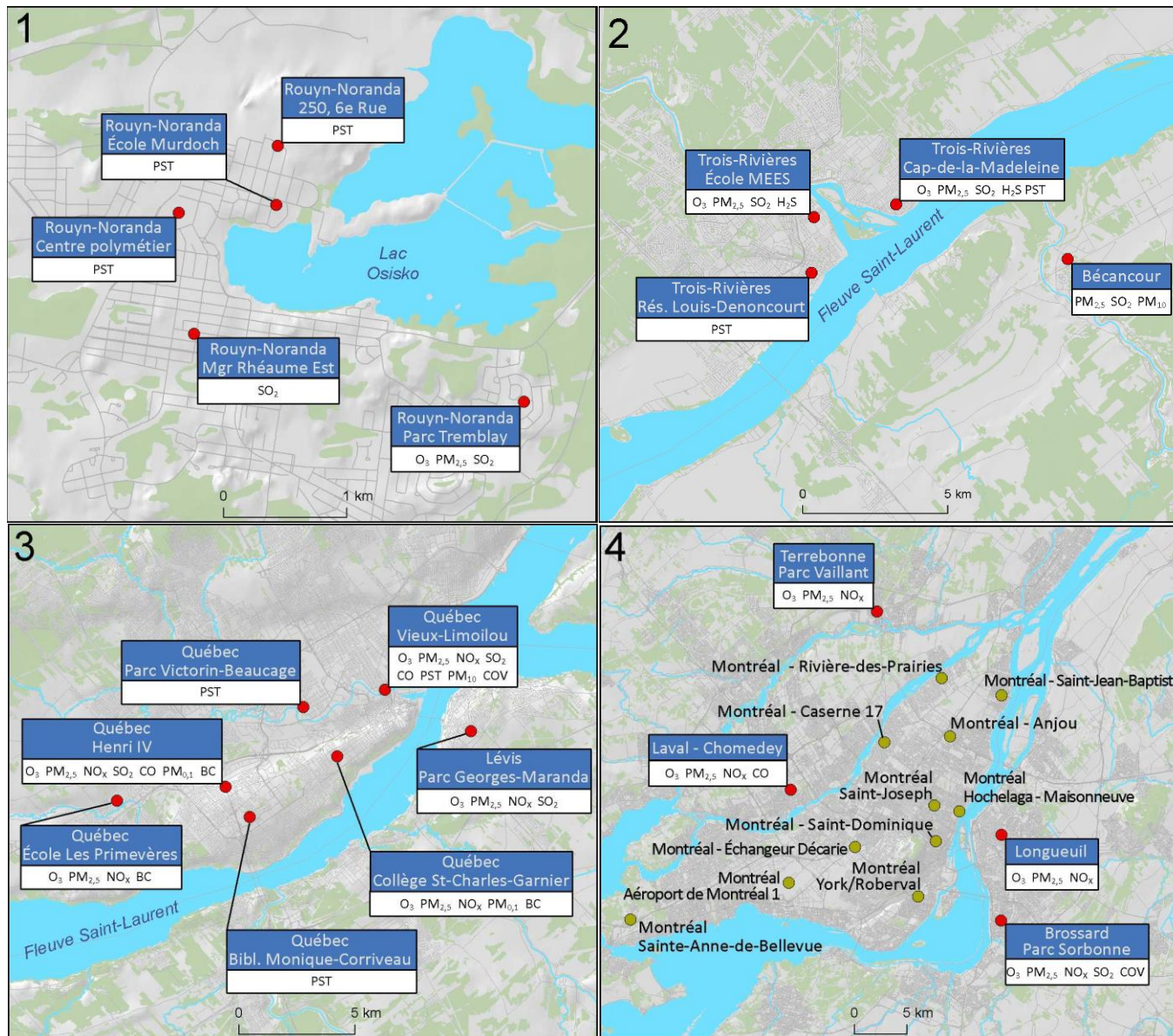


Figure 2.1 Localisation des stations de surveillance de la qualité de l'air au Québec en 2019 (suite)

2.3. Présentation des méthodes d'analyse statistique et des données

Les données ayant servi à la production du présent bilan sont des données horaires provenant d'appareils de mesure en continu, à l'exception des données sur les particules en suspension totales (PST) et les particules respirables (PM₁₀), qui sont des mesures quotidiennes, effectuées généralement tous les six jours. Les statistiques annuelles des contaminants sont présentées sous la forme de diagrammes en boîte (*box plot*). Ce type de diagramme est détaillé à la figure 2.2.

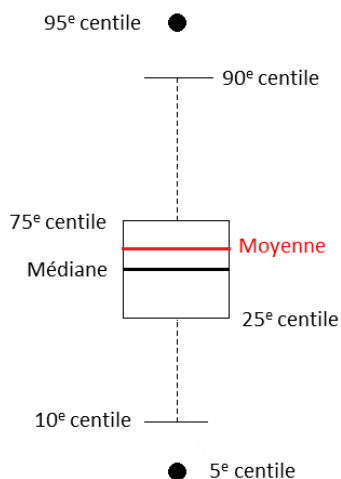


Figure 2.2 Légende d'un diagramme en boîte

En plus de présenter certains centiles, la médiane et la moyenne, les boîtes vertes indiquent que les stations sont situées en milieu forestier ou rural et les bleues représentent celles situées en milieu urbain.

De plus, les astérisques (*) présents à côté du nom des stations dans les figures indiquent que le critère minimal de 75 % de données valides pour considérer une année de données comme étant complète n'est pas respecté. Il convient donc d'être prudent dans l'interprétation des concentrations mesurées à ces stations, car il est possible que la moyenne ne soit pas représentative. Enfin, les stations qui n'ont pas un minimum de 50 % de données valides par année ne sont pas présentées dans ce bilan.

Une analyse de tendance a aussi été réalisée pour l'ensemble des contaminants, à l'exception du carbone noir et des particules fines (figure 2.3). Les tendances sont évaluées à l'aide de la méthode de Theil-Sen (Sen, 1968), une méthode non paramétrique basée sur la pente médiane. Cette dernière étant moins sensible aux valeurs aberrantes que les méthodes de régression traditionnelles, elle permet une évaluation plus fiable de la tendance (MELCC, 2019a). Les analyses de tendance Theil-Sen ont été réalisées avec le logiciel R et le progiciel (*package*) Openair (Carslaw et Ropkins, 2012). Les tendances sont présentées sous le même format pour l'ensemble du bilan. Ainsi, comme le montre la figure 2.3, la statistique servant à la tendance (moyenne mensuelle) est représentée avec les points et la ligne bleue. La ligne rouge pleine représente la tendance Theil-Sen et les lignes rouges pointillées délimitent l'intervalle de confiance à 95 % de la tendance. La pente de la tendance et celles des limites de l'intervalle de confiance de 95 % sont affichées en haut du graphique, suivies du code de valeur p « p-value » (***) = $p < 0,001$; ** = $p < 0,01$; * = $p < 0,05$; + = $p < 0,1$).

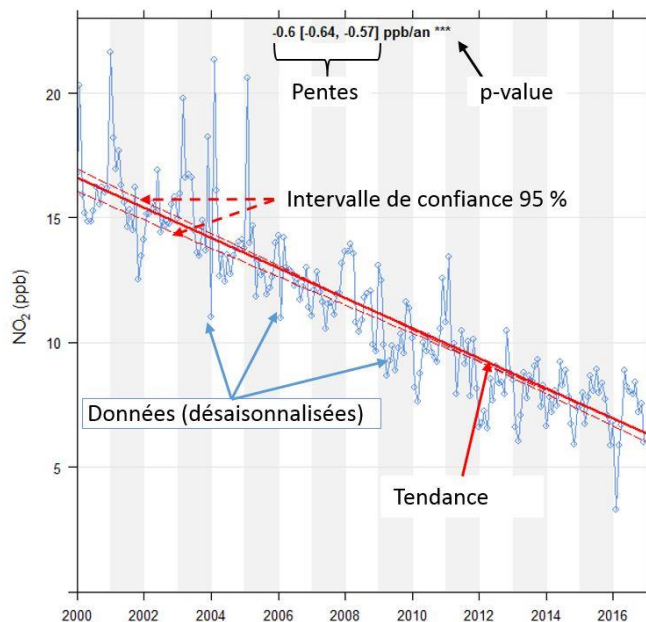


Figure 2.3 Exemple d'analyse de tendance

Pour l'analyse de tendance, les données ont été préalablement désaisonnalisées (Cleveland et collab., 1990). La désaisonnalisation vise à éliminer les fluctuations infra-annuelles, c'est-à-dire mensuelles ou trimestrielles, qui se répètent d'année en année, afin que l'analyse de tendance indique, sans distorsion, la direction que prennent les concentrations dans le temps. Les tendances individuelles des contaminants peuvent être consultées aux annexes B1 à B12.

Finalement, l'analyse des données de carbone noir s'est faite selon la méthode développée par Sandradewi et collab. (2008) et Zotter et collab. (2017), comme présenté par Healy et collab. (2017). L'analyse des données a été réalisée avec les paramètres prescrits par Zotter et collab. (2017) pour les milieux influencés par le chauffage au bois (λ : 470 et 950 nm; α : 0,9 et 1,68). Il est important de préciser que cette méthode de quantification des sources de carbone noir possède un degré d'incertitude pouvant atteindre 25 % (Zotter et collab., 2017) et que les paramètres de la méthode (α) ne sont probablement pas optimaux pour les conditions observées à Québec.

2.3.1. Comparaison avec les normes d'air ambiant

Les concentrations des principaux contaminants ont été comparées aux normes de qualité de l'atmosphère prescrites dans le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA).

Une norme de qualité de l'atmosphère est la concentration limite dans l'air ambiant pour un contaminant intégrée dans le RAA. La norme peut être établie à un niveau de risque négligeable ou à un niveau de risque acceptable après considération de facteurs technologiques et socioéconomiques.

Bien que la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM) dispose de ses propres normes de qualité de l'air⁵, les stations de mesure de la qualité de l'air situées sur l'île de Montréal ont été comparées à titre indicatif aux mêmes seuils que celles situées ailleurs au Québec. Les normes de qualité de l'atmosphère sont prescrites dans le RAA en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, or les concentrations des contaminants gazeux sont habituellement présentées en ppb ou en ppm. Ainsi, dans le cadre de ce bilan, les normes ont été converties en ppb ou en ppm pour faciliter leur comparaison.

⁵ <https://montreal.ca/sujets/qualite-de-lair>.

3. Résultats

3.1. Carbone noir

Le carbone noir (BC) est un constituant important des particules fines, composé principalement de carbone élémentaire, qui est produit lors de la combustion incomplète de matières organiques, comme l'essence, le diesel, le bois ou le charbon. Les effets sur la santé humaine du BC sont semblables à ceux des particules fines (voir section 3.6). Son aspect poreux et rugueux favorise d'ailleurs l'adsorption de certaines impuretés à sa surface, comme des composés organiques volatils (COV) et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), qui contribuent à sa toxicité (USEPA, 2011).

Le BC influence aussi le climat. D'une part, il absorbe très efficacement le rayonnement solaire à cause de sa couleur noire, ce qui réchauffe localement la température de l'air et diminue l'albédo de la neige et de la glace lorsqu'il s'y dépose. D'autre part, les particules de BC peuvent servir de noyau de nucléation dans la formation de nuages, qui réfléchissent ensuite une partie du rayonnement solaire (NASA Earth Observatory, 2010). Globalement, le forçage radiatif du BC est positif, ce qui signifie qu'il absorbe plus d'énergie provenant du rayonnement solaire qu'il n'en réfléchit, contribuant ainsi au réchauffement de la température ambiante (Schimel et collab., 2002).

Le suivi en continu des concentrations de BC a été effectué à trois stations de la Ville de Québec en 2019 à l'aide d'analyseurs mesurant l'absorption de lumière des aérosols à des longueurs d'onde spécifiques (*Magee Scientific Aethalometer @ Model AE33*). Ce type de suivi du carbone noir permet de distinguer s'il provient de la combustion de carburant fossile, comme utilisé par le transport routier (*black carbon fossil fuel*; BC_{ff}), ou de la combustion de biomasse, comme le chauffage au bois ou les feux de forêt (*black carbon biomass burning*; BC_{bb}). Les longueurs d'onde plus longues, dans l'infra-rouge, sont utilisées pour quantifier les concentrations de carbone noir (carbone élémentaire), alors que les plus courtes, dans l'ultraviolet, fournissent une information sur les composés organiques qui se sont adsorbés aux particules de BC, communément appelées carbone brun. Ce dernier provient de la combustion incomplète de la matière organique, comme c'est le cas avec le chauffage au bois, mais aussi lors de feux de forêt.

3.1.1. Le suivi au Québec

La figure 3.1 illustre les concentrations de carbone noir total (BC_{ff} + BC_{bb}) aux stations de suivi en 2019; les statistiques détaillées sont présentées à l'annexe A2.

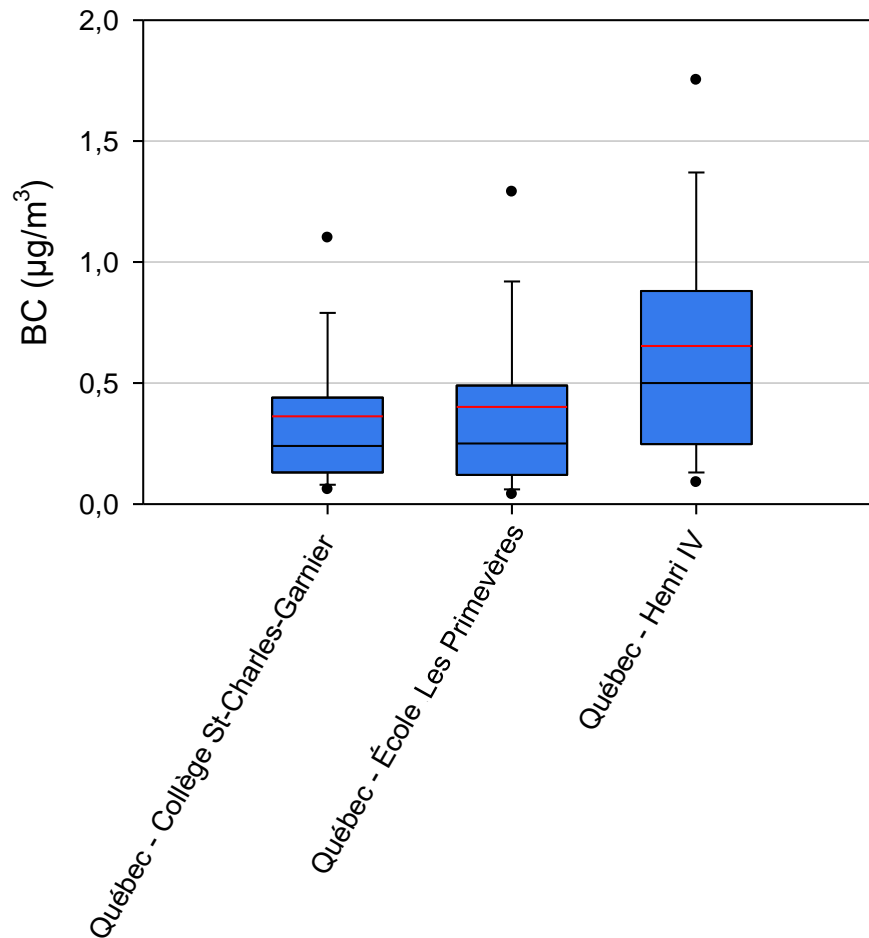


Figure 3.1 Concentrations annuelles de carbone noir aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019

Les concentrations les plus élevées et les plus variables ont été mesurées à la station Québec – Henri IV, située en bordure d'une autoroute, et atteignent $0,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, suivies de celles de la station Québec – École Les Primevères, à $0,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, puis de celles de la station Québec – Collège Saint-Charles-Garnier, à $0,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La figure 3.2 illustre les concentrations moyennes mensuelles de BC_{bb} et de BC_{fr} aux trois stations de la Ville de Québec en 2019. À noter que le suivi du BC a débuté le 20 février 2019 à la station Québec – Henri IV.

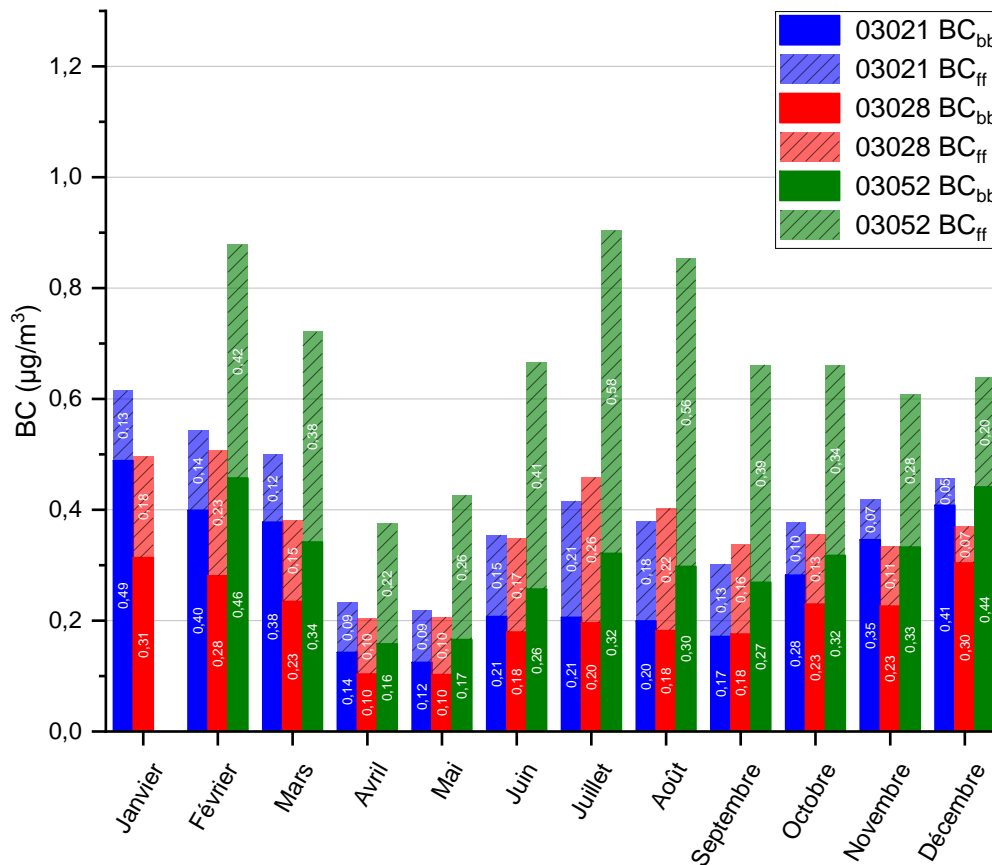


Figure 3.2 Concentrations moyennes mensuelles de carbone noir provenant de la combustion de biomasse (BC_{bb}) et de la combustion de combustible fossile (BC_{ff}) aux trois stations de la Ville de Québec (03021 – Québec – École Les Primevères, 03028 – Québec – Collège Saint-Charles-Garnier, 03052 – Québec – Henri-IV) en 2019

Les concentrations de BC sont généralement plus élevées à la station Québec – Henri IV, tant en ce qui a trait au BC_{bb} qu'en ce qui a trait au BC_{ff}. Les concentrations sont plus élevées l'hiver et l'été, tandis que les concentrations les plus faibles sont enregistrées au printemps. En hiver, le carbone noir provenant de la combustion de biomasse domine, tandis que l'été, les concentrations de carbone noir sont plus fortement influencées par la combustion de combustible fossile provenant du transport. La combustion de biomasse est aussi bien présente en été, probablement en partie attribuable aux feux de plaisance à ciel ouvert, vu l'absence de chauffage au bois.

3.1.1.1. Carbone noir provenant de la combustion de biomasse

La figure 3.3 illustre les concentrations moyennes horaires de carbone noir provenant de la combustion de biomasse.

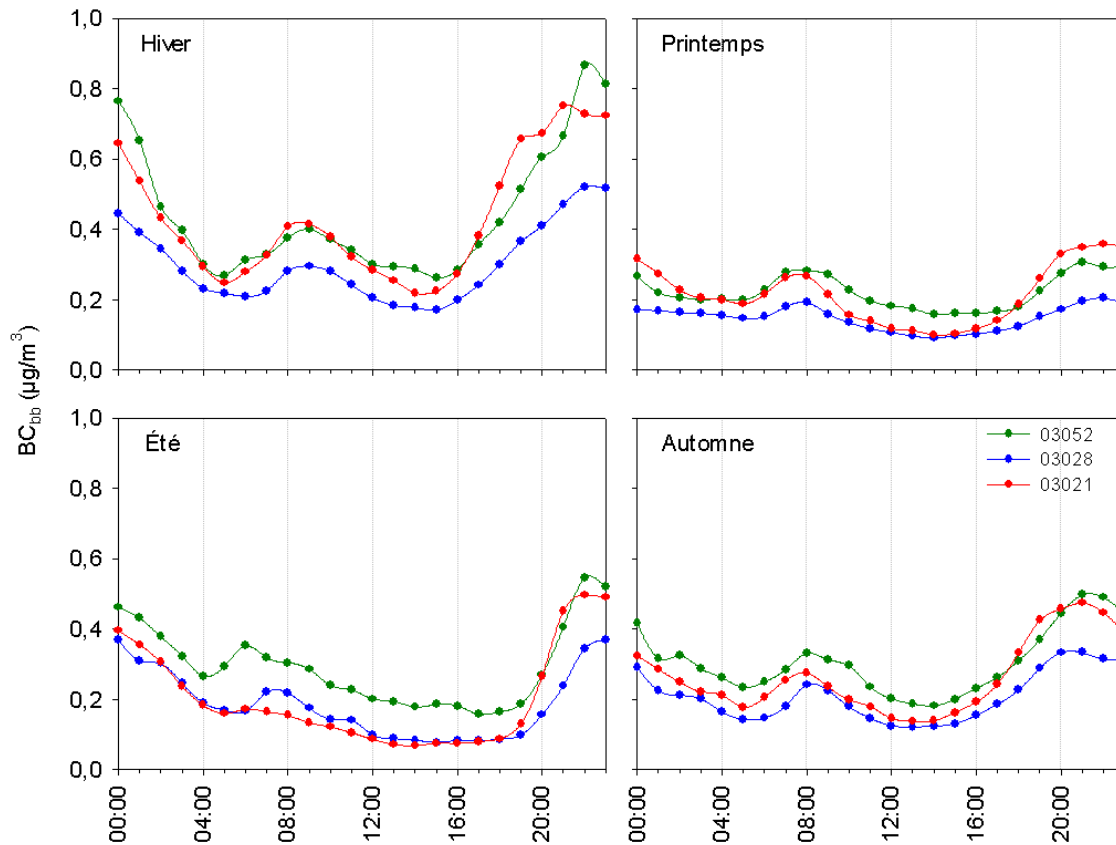


Figure 3.3 Concentrations moyennes horaires de BC_{bb} en 2019 durant l'hiver (janvier, février et décembre), le printemps (mars, avril et mai), l'été (juin, juillet et août) et l'automne (septembre, octobre et novembre)

Les concentrations moyennes horaires de BC_{bb} sont plus élevées et plus variables en hiver et en été qu'au printemps et en automne. Comme observé à la figure 3.3, les concentrations de BC_{bb} sont généralement plus élevées à la station Québec – Henri IV, sauf l'hiver, où elles sont comparables à celles de la station Québec – École Les Primevères.

En hiver, une augmentation importante des concentrations est observée en début de soirée jusque dans la nuit, et une deuxième augmentation moins importante est observée en matinée. La présence de carbone noir dans l'air à ces stations l'hiver est attribuable au chauffage au bois (Busque, 2022).

En été, les concentrations augmentent en fin de soirée et perdurent durant la nuit aux trois stations. Comme mentionné précédemment, en l'absence de chauffage au bois en été, cette hausse est en partie attribuable aux feux de plaisance à ciel ouvert, qui sont généralement allumés après le coucher du soleil. La pointe de BC_{bb} observée le matin aux stations 03052 et 03028 semble être un artéfact de la méthode de calcul, puisqu'elle est fortement corrélée avec les concentrations de BC_{ff} (voir figure 3.4).

Les niveaux de BC_{bb} sont nettement plus élevés que ceux enregistrés en Ontario (Healy et collab., 2017).

3.1.1.2. Carbone noir provenant de la combustion de combustible fossile

La figure suivante illustre les concentrations moyennes horaires de carbone noir provenant de la combustion de combustible fossile.

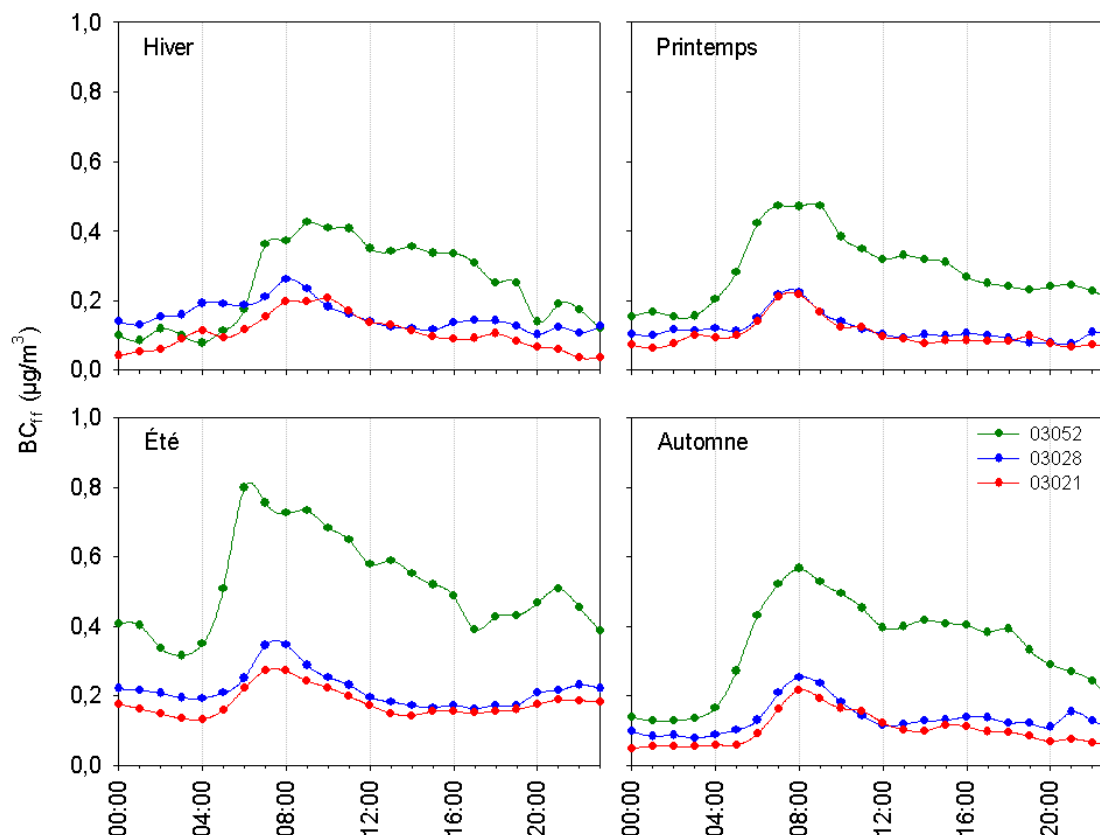


Figure 3.4 Concentrations moyennes horaires de BC_{ff} en 2019 durant l'hiver (janvier, février et décembre), le printemps (mars, avril et mai), l'été (juin, juillet et août) et l'automne (septembre, octobre et novembre)

Les concentrations de BC_{ff} sont beaucoup plus élevées à toutes les saisons à la station Québec – Henri IV, une conséquence du positionnement de la station à six mètres de l'autoroute. Ces niveaux de BC_{ff} sont toutefois nettement moins élevés que ceux enregistrés en bordure de l'autoroute 401 à Toronto (Healy et collab., 2017), à cause d'une densité de circulation plus faible aux abords de l'autoroute Henri IV. Les concentrations aux deux autres stations à Québec sont comparables, ce qui indique que la densité de circulation automobile à proximité de ces deux stations est semblable.

Les concentrations de BC_{ff} sont généralement plus élevées l'été qu'à toute autre saison, entre autres parce que la circulation automobile y est plus importante, selon les débits de circulation mesurés par le ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD, 2022). L'augmentation matinale des concentrations est aussi plus importante l'été, et la diminution qui s'ensuit perdure jusqu'à plus tard en soirée. Selon Evans (SOCAAR, 2019), la composition de l'essence des voitures utilisée en été a aussi une influence sur les concentrations de BC plus élevées observées.

3.1.2. Conformité aux normes

Le RAA ne contient aucune norme de qualité de l'atmosphère pour le carbone noir. Comme il s'agit d'un constituant des particules fines, leur norme quotidienne de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ peut s'appliquer par extension. Aucun dépassement de cette norme par les concentrations de BC uniquement n'a été enregistré au Québec en 2019.

3.1.3. Tendances des concentrations de carbone noir

Le suivi du BC n'ayant débuté qu'à la fin de 2018, la quantité de données de BC est actuellement insuffisante pour permettre une analyse de tendance pertinente.

3.2. Dioxyde d'azote

Le dioxyde d'azote (NO₂) est un gaz irritant généré par tous les processus de combustion. À température élevée, l'azote et l'oxygène présents dans l'air se combinent pour former du NO, ce dernier étant partiellement oxydé en NO₂ dans l'atmosphère. Ces deux substances, le NO₂ et le NO, sont les principaux composés de la famille des NO_x. Le NO₂ est l'un des constituants du smog et l'un des principaux contaminants précurseurs d'O₃. Par la suite, le NO₂ réagit avec l'eau présente dans l'atmosphère pour former des nitrates (NO₃⁻) sous forme liquide ou solide. Les NO₃⁻ contribuent fortement à l'acidification des précipitations.

Le NO₂ peut irriter les poumons, provoquer une inflammation des voies respiratoires, de la toux et une diminution de la capacité pulmonaire, en plus de diminuer la résistance des voies respiratoires aux infections. Les personnes asthmatiques sont les plus sensibles au NO₂ (USEPA, 2019a). Au Québec en 2019, les NO_x étaient principalement émis par le secteur du transport (68,6 %), le secteur industriel (21,0 %) et celui de la combustion non industrielle⁶ (5,3 %) (MELCCFP, 2023). Le NO₂ est donc un bon indicateur des émissions des véhicules, et c'est la raison pour laquelle la majorité des stations où il est mesuré sont situées en milieu urbain.

3.2.1. Le suivi au Québec

Les concentrations de NO₂ qui ont été mesurées à 21 stations de suivi de la qualité de l'air au Québec en 2019 sont présentées à la figure 3.5. Les statistiques détaillées pour le NO₂ se trouvent à l'annexe A3 et celles pour le NO, à l'annexe A4. Les concentrations moyennes annuelles de NO₂ ont varié de 2,6 ppb à la station Saint-Anicet à 13,0 ppb à la station Montréal – Échangeur Décarie. De façon générale, les concentrations de NO₂ mesurées au Québec sont comparables à celles mesurées ailleurs au Canada, à l'exception des Maritimes, où elles sont généralement plus faibles (Gouvernement du Canada, 2019a).

Les concentrations de NO₂ mesurées aux stations de suivi dépendent en bonne partie de la densité de circulation à proximité de celles-ci. Ainsi, au Québec, les concentrations de NO₂ les plus élevées sont observées à la station Montréal – Échangeur Décarie, située à proximité d'autoroutes très achalandées. À l'opposé, les stations Saint-Anicet et Saint-Jean-sur-Richelieu – L'Acadie, qui se trouvent en milieu rural, ont enregistré les concentrations les plus faibles.

⁶ Ce secteur comprend les émissions de contaminants générées par les sources de combustion résidentielles, commerciales et institutionnelles, excepté le chauffage au bois résidentiel.

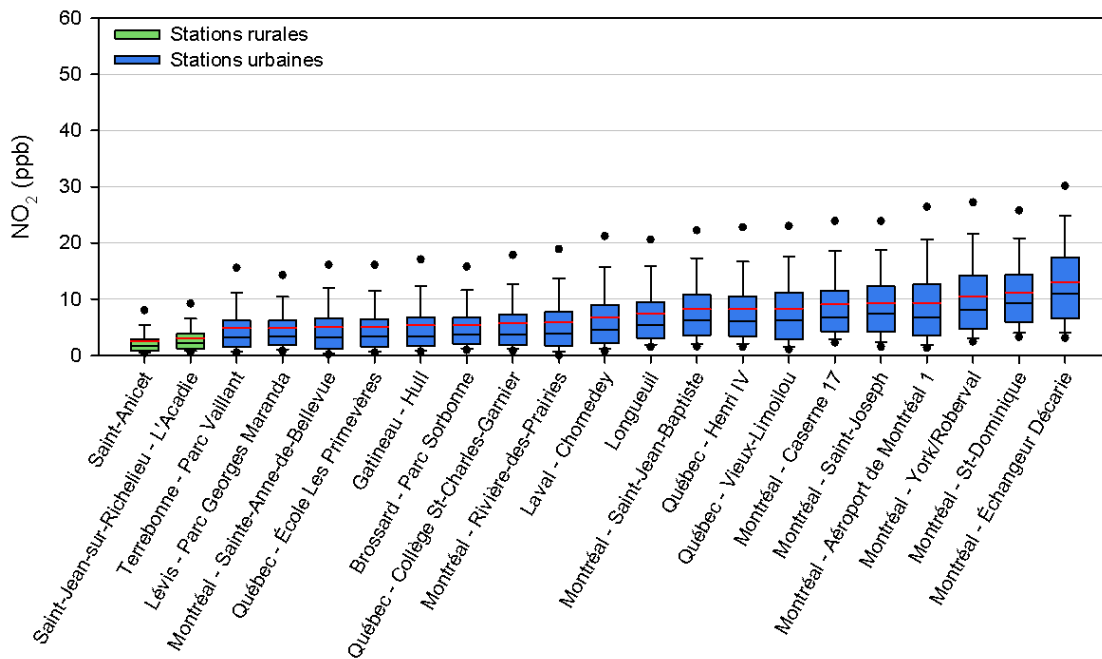


Figure 3.5 Concentrations annuelles de dioxyde d'azote aux stations de mesure de la qualité de l'air au Québec en 2019

Il est surprenant de constater que la station Québec – Henri IV n'enregistre pas les concentrations de NO_2 parmi les plus élevées au Québec en 2019, bien qu'elle soit positionnée en bordure d'une des autoroutes les plus congestionnées au Canada (CAA, 2017). Les NO_x sont impliqués dans différentes réactions photochimiques complexes au cours desquelles le NO_2 est formé par l'oxydation du NO provenant du transport. Ainsi, la réaction d'oxydation du NO en NO_2 n'a probablement pas le temps de se produire complètement avant la prise de mesure à la station Québec – Henri IV, qui se trouve à seulement six mètres de l'autoroute. La station Québec – Henri IV, bien que directement positionnée aux abords d'une autoroute majeure, est située dans un secteur à moins forte densité de circulation qu'une station comme Montréal – Échangeur Décarie, située dans un secteur à plus forte densité de circulation, ce qui pourrait expliquer les concentrations plus élevées de NO_2 qui y sont mesurées (voir figure 3.6).

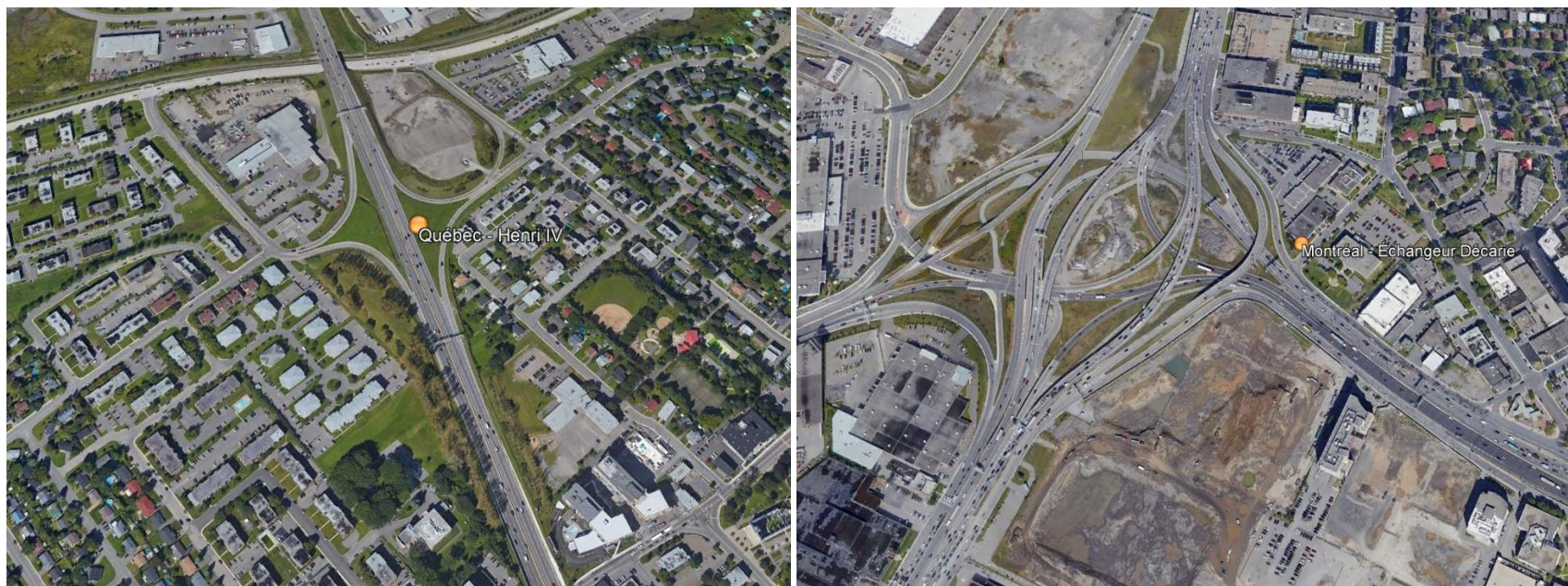


Figure 3.6 Vues aériennes des stations Québec – Henri IV (à gauche; 2020-07) et Montréal – Échangeur Décarie (à droite; 2019-07) (Google Earth)

La figure 3.7 illustre le pourcentage de NO et de NO₂ dans les NO_x totaux aux stations de mesure en 2019. La proportion de NO par rapport au NO₂ est beaucoup plus élevée à la station Québec – Henri IV qu'aux autres stations de mesure, ce qui démontre habituellement une plus grande proximité avec une source de transport.

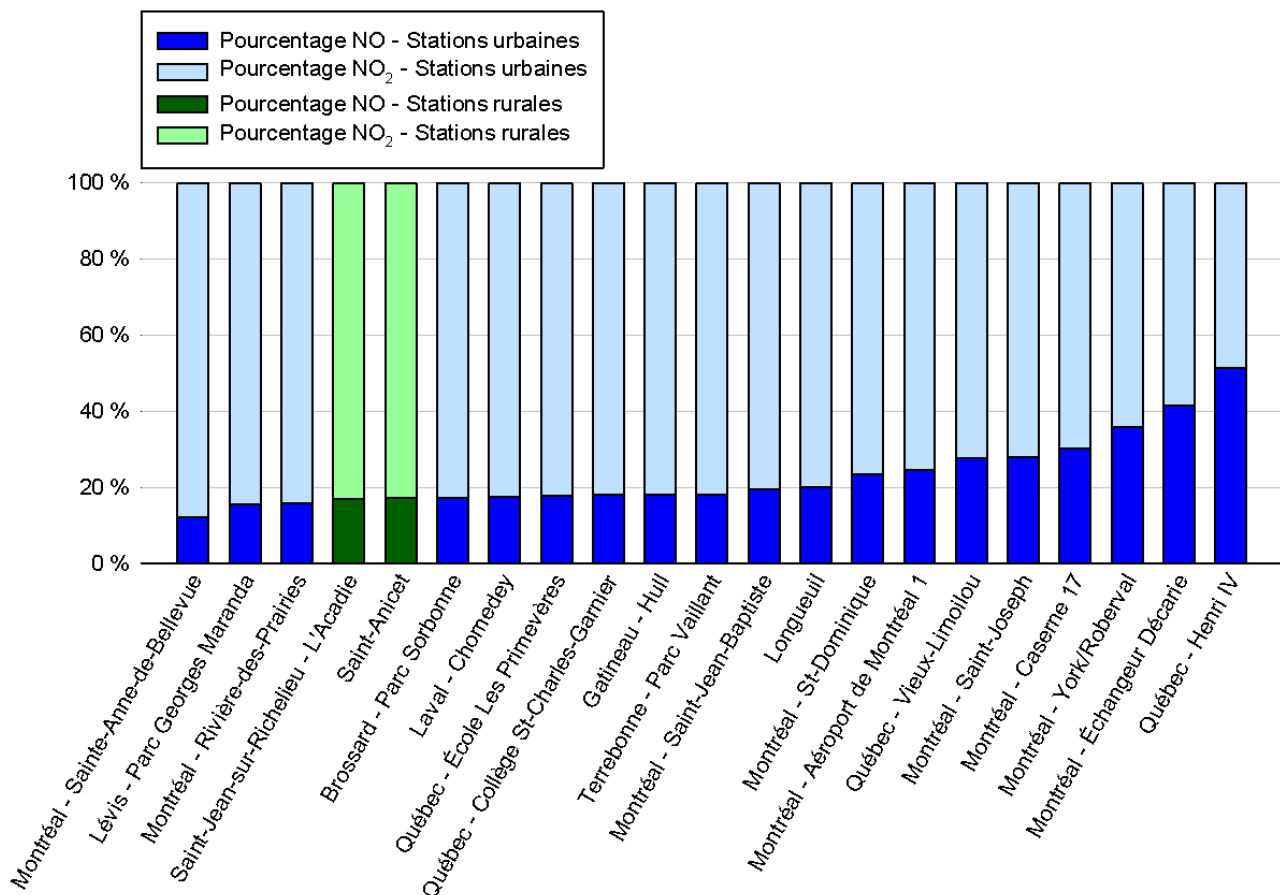


Figure 3.7 Pourcentage de monoxyde d'azote et de dioxyde d'azote dans les oxydes d'azote totaux en 2019

Les concentrations de NO₂ varient en fonction de l'heure, et ce, proportionnellement à la densité de la circulation, tout comme celles du CO, un autre contaminant associé au transport (voir section 3.4). La figure 3.8 illustre les concentrations horaires de ces deux contaminants à la station Québec – Henri IV en 2019. Deux maximums sont observés aux heures de pointe, un en matinée et un en soirée. À noter que les concentrations diminuent plus rapidement après le maximum matinal parce que le NO₂, et dans une moindre mesure le CO, participent au processus de création de l'O₃ en présence de rayonnement UV, ce qui n'est pas possible après le coucher du soleil.

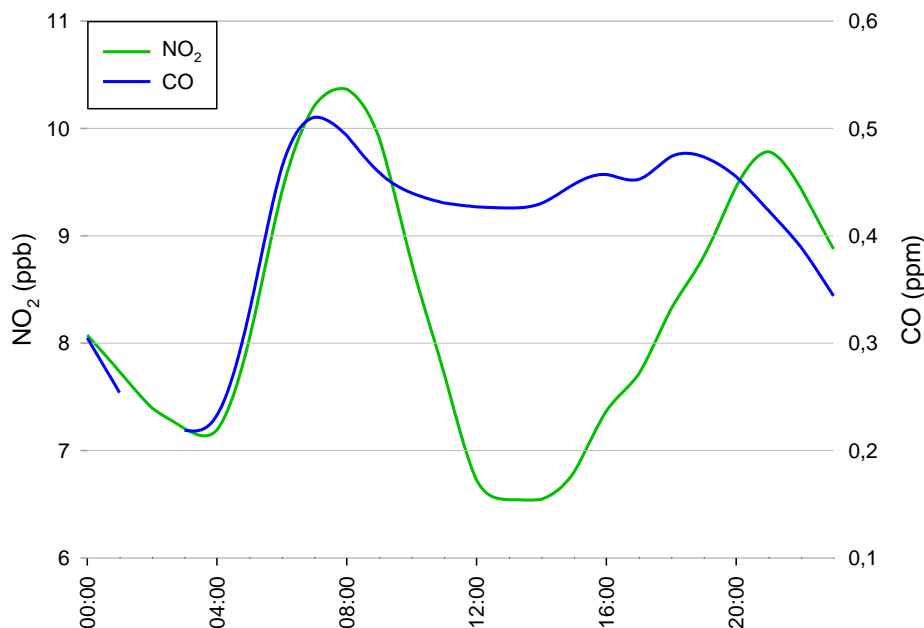


Figure 3.8 Concentrations moyennes de dioxyde d'azote et de monoxyde de carbone provenant du transport en fonction de l'heure à la station Québec – Henri IV en 2019

3.2.2. Conformité aux normes du dioxyde d'azote

Trois normes de qualité de l'atmosphère pour le NO₂ sont prescrites dans le RAA :

- une première, applicable sur une période de 1 heure, est fixée à 220 ppb (414 µg/m³);
- une deuxième, à 110 ppb (207 µg/m³), pour une période de 24 heures;
- une troisième, à 55 ppb (103 µg/m³), pour une période de 1 an.

La CMM dispose de ses propres normes de qualité de l'air⁷.

Depuis l'entrée en vigueur du RAA, aucun dépassement des normes de NO₂ n'a été observé au Québec. En 2019, les concentrations de NO₂ les plus élevées et conséquemment les plus près des normes ont été enregistrées aux stations 06028 – Montréal – Échangeur Décarie et 06066 – Montréal – Aéroport de Montréal 1 (tableau 3.1).

Tableau 3.1 Concentrations horaires, quotidiennes et annuelles de dioxyde d'azote les plus élevées au Québec en 2019

Période (norme)	Station	Concentration	% de la norme	Date et heure
1 h (220 ppb)	06066 – Montréal – Aéroport de Montréal 1	116,8 ppb	53,1 %	2019-03-11 07:00
24 h (110 ppb)	06028 – Montréal – Échangeur Décarie	40,1 ppb	36,5 %	2019-03-01
1 an (55 ppb)	06028 – Montréal – Échangeur Décarie	13,0 ppb	23,6 %	

⁷ <https://montreal.ca/sujets/qualite-de-lair>.

3.2.3. Tendence des concentrations de dioxyde d'azote

L'analyse de tendance Theil-Sen (ligne rouge sur la figure 3.9) des concentrations de NO₂ au Québec indique que les concentrations sont significativement en baisse aux stations urbaines (6 stations) et rurale (Saint-Jean-sur-Richelieu – L'Acadie) ($p < 0,001$) au cours des 20 dernières années (de 2000 à 2019). Cette diminution des concentrations de NO₂ est directement associée aux améliorations des véhicules, notamment les nouveaux systèmes antipollution, et à l'amélioration de l'efficacité énergétique (MDDEP, 2011). Par contre, l'analyse de tendance lisse, qui est plus sensible aux changements de tendance (ligne bleue sur la figure 3.9), montre qu'au cours des cinq dernières années, les concentrations ne diminuent pas, et ce, autant aux stations urbaines qu'à la station rurale.

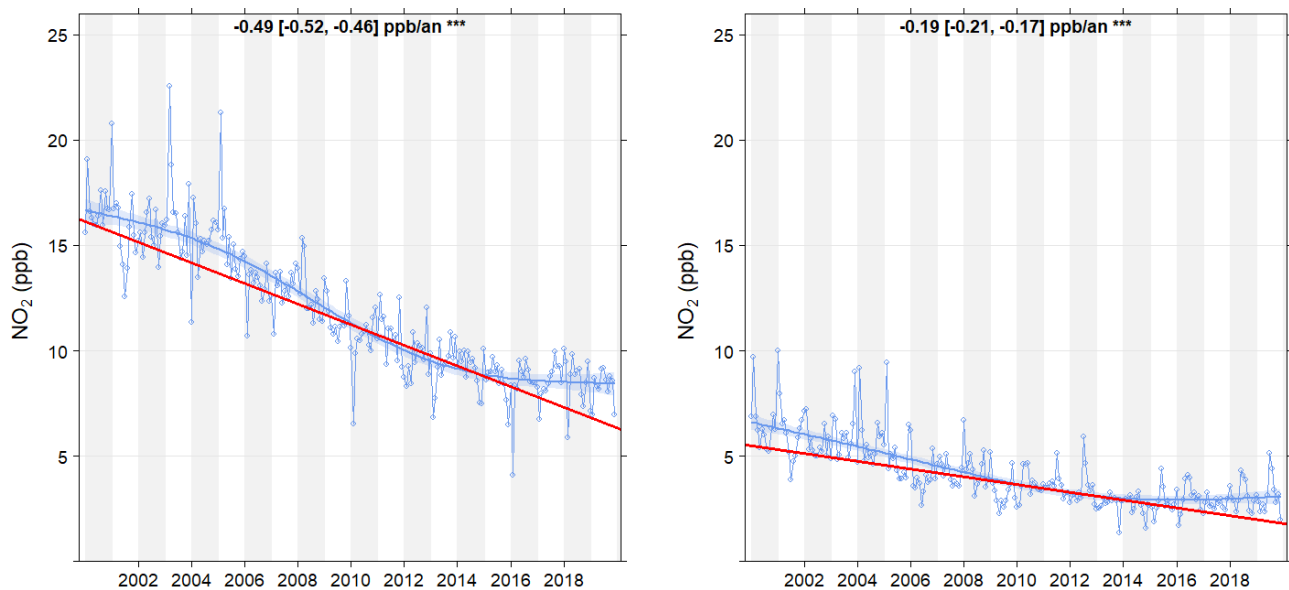


Figure 3.9 Tendence des moyennes mensuelles de dioxyde d'azote à 6 stations urbaines (à gauche) et à la station rurale de Saint-Jean-sur-Richelieu – L'Acadie (à droite) pour la période de 2000 à 2019 (20 ans)

3.3. Dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre (SO₂) est un gaz incolore dont l'odeur est âcre et piquante. Au Québec en 2019, le SO₂ provenait presque exclusivement des industries (94,9 %) et dans une moindre mesure de la combustion non industrielle⁸ (2,3 %) ainsi que des transports (1,7 %) (MELCCFP, 2023).

Le SO₂ est un gaz irritant qui agit en synergie avec d'autres polluants et qui affecte principalement le système respiratoire. Les asthmatiques sont particulièrement sensibles au SO₂ (USEPA, 2022b).

Le SO₂ est émis directement dans l'air ambiant, il n'est donc pas le résultat de transformations complexes comme l'O₃ ou les PM_{2,5} secondaires. Ainsi, les concentrations mesurées sont dépendantes de la quantité de SO₂ émise par une source d'émission et de la distance de la station par rapport à celle-ci. Donc, contrairement aux PM_{2,5} et à l'O₃, les concentrations de SO₂ dans l'air ambiant sont généralement très faibles sans la présence d'une source à proximité. Dans l'atmosphère, le SO₂ s'oxyde en sulfate (SO₄²⁻) en présence d'eau. Les sulfates contribuent à l'acidification des précipitations, de même qu'à la formation de PM_{2,5} secondaires.

3.3.1. Le suivi au Québec

Les concentrations de SO₂ mesurées aux 19 stations de mesure de la qualité de l'air du Québec en 2019 sont aussi présentées à la figure 3.10, et les statistiques détaillées se trouvent à l'annexe A5. À noter que l'axe de la partie droite de la figure présente des valeurs plus élevées que l'axe de la partie gauche.

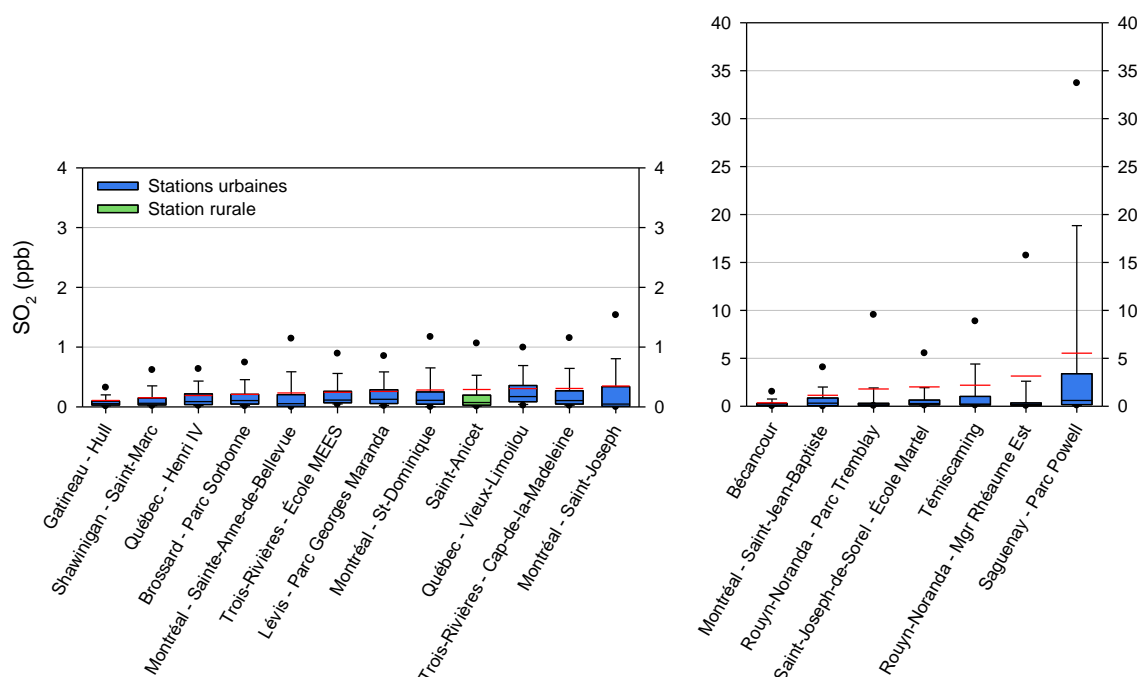


Figure 3.10 Concentrations annuelles de dioxyde de soufre aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019

Les concentrations moyennes de SO₂ ont varié de 0,1 ppb à la station Gatineau – Hull à 5,5 ppb à la station Saguenay – Parc Powell. Les concentrations mesurées aux stations situées près de sources industrielles de SO₂ connues (Saguenay, Témiscaming, Rouyn-Noranda) sont plus élevées que celles des autres stations du réseau.

⁸ Ce secteur comprend les émissions de contaminants générées par les sources de combustion résidentielles, commerciales et institutionnelles, excepté le chauffage au bois résidentiel.

D'ailleurs, si l'on exclut les stations directement influencées par des sources industrielles, les concentrations de SO₂ mesurées au Québec sont comparables à celles mesurées ailleurs au Canada (Gouvernement du Canada, 2019b).

3.3.2. Conformité aux normes du dioxyde de soufre

Trois normes de qualité de l'atmosphère sont prescrites dans le RAA pour le SO₂ :

- une première, applicable sur une période de 4 minutes, est fixée à 400 ppb (1 050 µg/m³); celle-ci peut être excédée jusqu'à 0,5 % du temps sur une base annuelle, sans dépasser 500 ppb (1 350 µg/m³);
- une deuxième, à 110 ppb (288 µg/m³), pour une période de 24 heures;
- une troisième, à 20 ppb (52 µg/m³), pour une période de 1 an.

La CMM dispose de ses propres normes de qualité de l'air⁹.

Pour l'ensemble des stations au Québec en 2019, seule la norme sur quatre minutes a été dépassée aux stations Saint-Joseph-de-Sorel – École Martel, Rouyn-Noranda – Parc Tremblay, Rouyn-Noranda – Mgr Rhéaume Est et Témiscaming.

3.3.2.1. Normes quotidienne et annuelle

Depuis 2012, soit la première année complète depuis l'entrée en vigueur du RAA, seulement trois dépassements de la norme quotidienne ont été enregistrés au Québec et il n'y a eu aucun dépassement de la norme annuelle. Le dernier dépassement de la norme quotidienne a été mesuré à la station 06678 – Saint-Joseph-de-Sorel – École Martel le 2 avril 2013, tandis que le dernier dépassement du seuil annuel de 20 ppb a été observé en 2004 à la station 08401 – Témiscaming.

En 2019, les concentrations quotidiennes et annuelles de SO₂ les plus élevées et conséquemment les plus près des normes ont été enregistrées aux stations 06678 – Saint-Joseph-de-Sorel – École Martel et 02016 – Saguenay – Parc Powell (tableau 3.2).

Tableau 3.2 Concentrations quotidiennes et annuelles de dioxyde de soufre les plus élevées au Québec en 2019

Période (norme)	Station	Concentration	% de la norme	Date
24 h (110 ppb)	06678 – Saint-Joseph-de-Sorel – École Martel	75,0 ppb	68,2 %	2019-02-09
1 an (20 ppb)	02016 – Saguenay – Parc Powell	5,5 ppb	27,5 %	s. o.

3.3.2.2. Norme sur quatre minutes

Entre 2012 et 2019, le nombre de dépassements de la norme sur 4 minutes a considérablement diminué, passant de 449 à 67 (figure 3.11) pour le seuil de 400 ppb et de 250 à 35 pour le seuil de 500 ppb.

⁹ <https://montreal.ca/sujets/qualite-de-lair>.

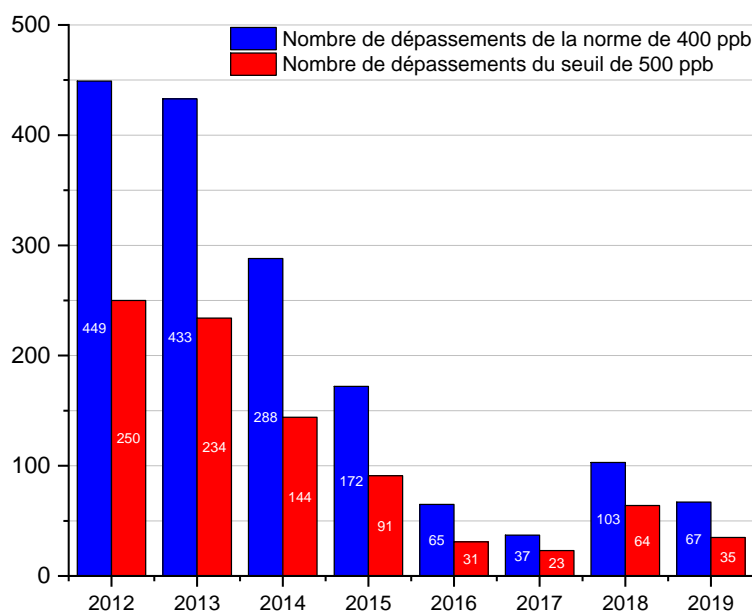


Figure 3.11 Nombre de dépassements de la norme de 400 ppb et du seuil de 500 ppb sur 4 minutes pour le dioxyde de soufre au Québec, de 2012 à 2019

Pour l'année 2012, il a été impossible de vérifier la conformité de la norme aux stations de la Ville de Montréal, car les données de la norme sur quatre minutes n'étaient pas disponibles. Par contre, pour la période de 2013 à 2019, aucun dépassement n'a été observé aux stations de la Ville de Montréal.

En 2019, les 67 dépassements de la norme sur 4 minutes ont été enregistrés à seulement 4 stations (tableau 3.3). Ces stations sont situées dans les villes de Saint-Joseph-de-Sorel, de Rouyn-Noranda et de Témiscaming, à proximité d'émetteurs importants de SO₂. De plus, la topographie à proximité de la station Témiscaming est caractérisée par une vallée étroite qui limite la dispersion des contaminants, canalisant ainsi les émissions industrielles vers la station de mesure.

Tableau 3.3 Stations dont les normes de 400 ppb et de 500 ppb sur 4 minutes pour le dioxyde de soufre ont été dépassées en 2019

Station	Nombre de dépassements (400 ppb)	Nombre de dépassements (500 ppb)
06678 – Saint-Joseph-de-Sorel – École Martel	7	4
08042 – Rouyn-Noranda – Parc Tremblay	3	2
08044 – Rouyn-Noranda – Mgr Rhéaume Est	30	9
08401 – Témiscaming	27	20

3.3.2.3. Tendence des concentrations de dioxyde de soufre

Au Québec, le secteur industriel et celui de la combustion de carburant fossile sont responsables de la quasi-totalité des émissions de SO₂; la mesure du SO₂ se concentre donc à proximité de ces deux sources. L'analyse de tendance des concentrations mensuelles de SO₂ aux stations de suivi montre que les concentrations sont significativement à la baisse ($p < 0,001$) au cours des 20 dernières années (de 2000 à 2019), autant pour les stations situées à proximité des industries (4 stations) que pour celles situées en milieu urbain (4 stations)

(figure 3.12). Ces baisses de concentrations de SO₂ sont attribuables aux efforts d'assainissement de l'ensemble du secteur industriel, des actions coordonnées par le MELCCFP, ainsi qu'à la diminution des concentrations de soufre dans les carburants (Gouvernement du Canada, 2019c).

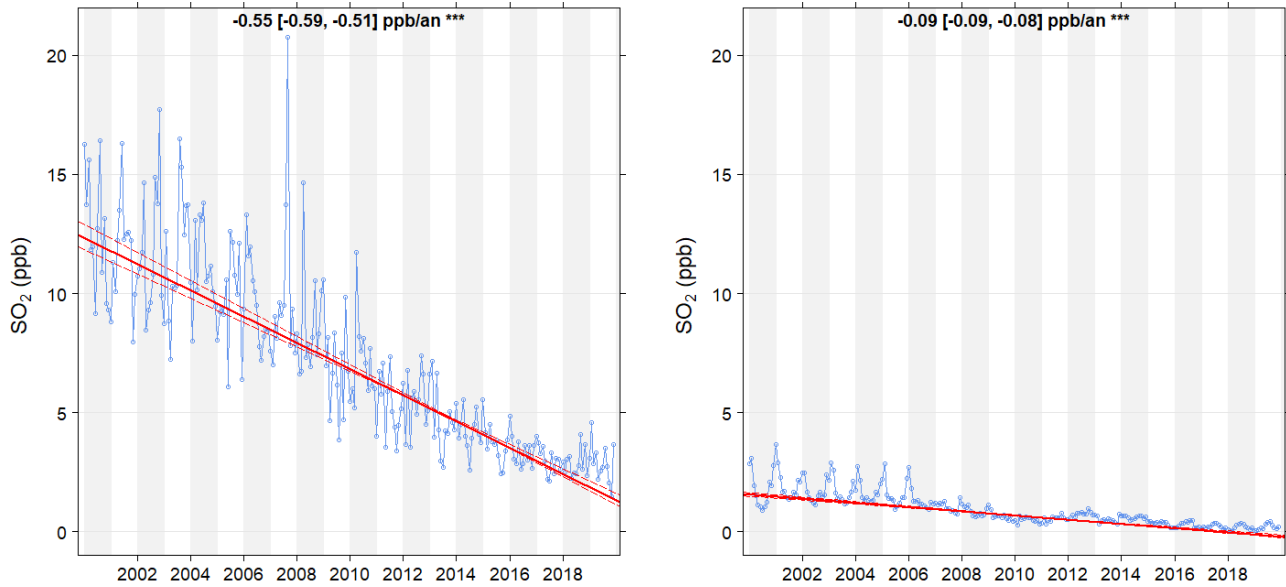


Figure 3.12 Tendence des moyennes mensuelles de dioxyde de soufre à 4 stations industrielles (a) et à 4 stations urbaines (b) pour la période de 2000 à 2019 (20 ans)

3.4. Monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore et inodore produit par la combustion incomplète de toute matière organique, y compris les carburants fossiles, les déchets et le bois. Une fois dans l'atmosphère, il se transforme en dioxyde de carbone (CO₂), un important gaz à effet de serre contribuant aux changements climatiques. En ville, les concentrations maximales de CO sont observées à proximité des grands axes routiers aux heures de pointe de circulation automobile.

En 2019, le CO était majoritairement émis par le secteur du transport (50,4 %), mais aussi par les industries (33,0 %) et le chauffage au bois (11,8 %) (MELCCFP, 2023).

Le CO est un polluant toxique qui pénètre rapidement dans le sang, où il réduit l'apport d'oxygène aux organes et aux tissus. Les fumeurs et les personnes souffrant de maladies cardiovasculaires sont les plus affectés par le CO. Les symptômes d'intoxication se traduisent par des étourdissements, des maux de tête, de la somnolence, des troubles de la vision et des troubles moteurs (USEPA, 2019c). Par contre, il est important de mentionner que ces effets se produisent à des concentrations beaucoup plus élevées que celles rencontrées dans l'air ambiant au Québec.

3.4.1. Le suivi au Québec

Les concentrations de CO mesurées aux 10 stations de mesure de la qualité de l'air du Québec en 2019 sont présentées à la figure 3.13 et les statistiques détaillées se trouvent à l'annexe A6. Les concentrations moyennes de CO ont varié de 0,15 ppm à la station Saint-Anicet à 0,41 ppm à la station Québec – Henri IV. Les concentrations de CO mesurées aux stations urbaines (Gatineau, Montréal, Laval et Québec) en 2019 sont toutes du même ordre de grandeur et plus élevées que celles mesurées à la station rurale Québec – Saint-Anicet. La proximité d'autoroutes majeures explique que les concentrations mesurées aux stations Montréal – Échangeur Décarie et Québec – Henri IV soient plus élevées.

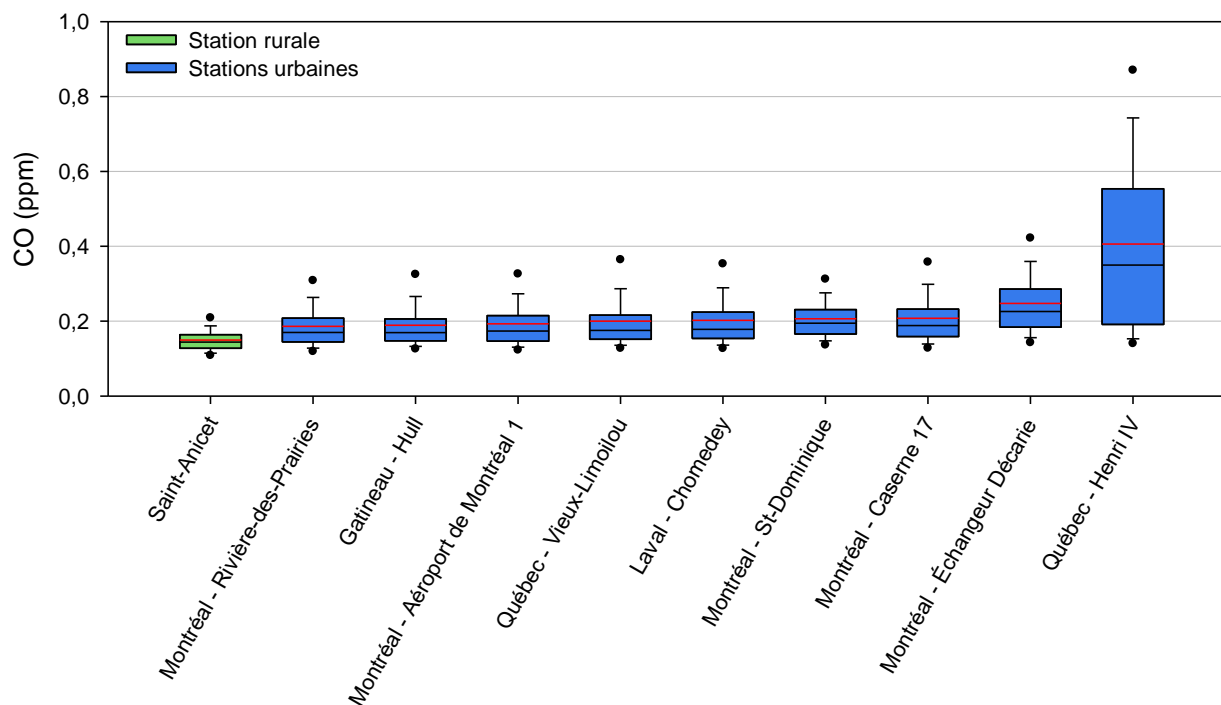


Figure 3.13 Concentrations annuelles de monoxyde de carbone aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019

3.4.2. Conformité aux normes du monoxyde de carbone

Deux normes de qualité de l'atmosphère pour le CO sont prescrites dans le RAA :

- une première, applicables sur une période de 1 heure, est fixée à 30 ppm (34 000 µg/m³);
- une deuxième, à 11 ppm (12 700 µg/m³), pour une période de 8 heures.

La CMM dispose de ses propres normes de qualité de l'air¹⁰.

Depuis l'entrée en vigueur du RAA, aucun dépassement des normes de CO n'a été observé au Québec. En 2019, les concentrations de CO les plus élevées et conséquemment les plus près des normes ont été enregistrées à la station 03052 – Québec – Henri IV (tableau 3.4).

Tableau 3.4 Concentrations horaires et sur huit heures de monoxyde de carbone les plus élevées au Québec en 2019

Période (norme)	Station	Concentration	% de la norme	Date et heure
1 h (30 ppm)	03052 – Québec – Henri IV	1,9 ppm	6,3 %	2019-02-23 21:00
8 h (11 ppm)	03052 – Québec – Henri IV	1,35 ppm	12,3 %	2019-02-24 00:00

3.4.3. Tendence des concentrations de monoxyde de carbone

Les concentrations de CO ont diminué significativement ($p < 0,001$) au cours des dernières années au Québec. Comme pour le NO₂, cette diminution est attribuable au perfectionnement des moteurs et des systèmes antipollution des véhicules (MDDEP, 2011). La station Montréal – Échangeur Décarie, qui est située à l'intersection de deux autoroutes majeures, montre particulièrement bien cette diminution des concentrations de CO (figure 3.14). D'ailleurs, les concentrations diminuent un peu plus rapidement à cette station qu'aux autres stations urbaines (quatre stations).

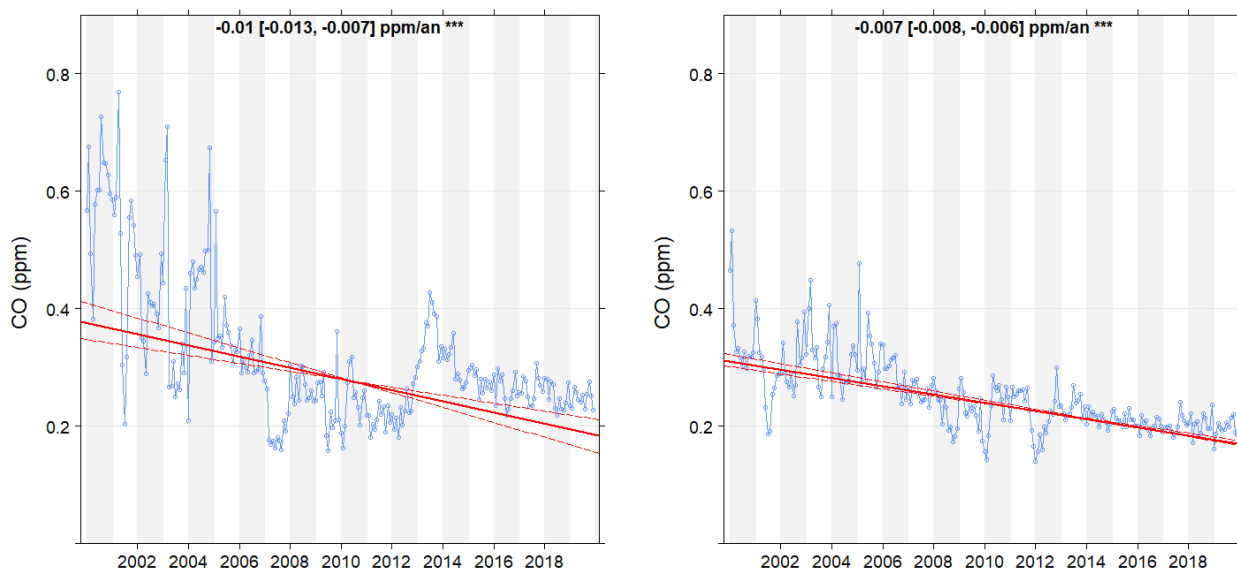


Figure 3.14 Tendence des moyennes mensuelles de monoxyde de carbone à la station Montréal – Échangeur Décarie (à gauche) et à 4 stations urbaines (à droite) pour la période de 2000 à 2019 (20 ans)

¹⁰ <https://montreal.ca/sujets/qualite-de-lair>.

3.5. Ozone

L'ozone (O_3) est un gaz formé de trois atomes d'oxygène. Relativement instable, il réagit chimiquement avec les autres composantes de l'atmosphère. À l'état naturel, il se trouve à différentes altitudes de l'atmosphère. À très haute altitude (stratosphère), il nous protège des rayons nocifs du soleil en absorbant une bonne partie du rayonnement ultraviolet (UV). Près du sol (troposphère), c'est un polluant qui est nuisible à la santé et à l'environnement. Il est une des principales composantes du smog.

L' O_3 n'est pas émis directement dans l'atmosphère, il résulte plutôt de réactions photochimiques de contaminants précurseurs : les oxydes d'azote (NO_x), le monoxyde de carbone (CO) et les composés organiques volatils (COV). Ces contaminants sont produits en grande quantité par des activités humaines comme le transport, les industries ou le chauffage. Étant donné que l' O_3 peut voyager sur de longues distances et que la vallée du fleuve Saint-Laurent est un corridor naturel qui draine les masses d'air depuis le centre du continent, les niveaux d' O_3 au Québec sont en partie imputables aux contaminants émis aux États-Unis et en Ontario, dans la région des Grands Lacs (Gouvernement du Canada, 2016). Les émissions provenant des villes québécoises contribuent aussi à l'augmentation des concentrations d' O_3 observées au Québec. Il existe aussi des sources naturelles d' O_3 , comme les transferts de masses d'air entre la stratosphère et la troposphère. Les feux de forêt émettent également de grandes quantités de contaminants précurseurs qui peuvent faire augmenter le niveau d' O_3 à des centaines de kilomètres en aval de ces incendies. Enfin, dans une moindre mesure, les éclairs sont responsables de la production d'une faible quantité d' O_3 .

L' O_3 est un oxydant qui peut occasionner des irritations du nez et de la gorge. À la suite de courtes périodes d'exposition, il peut provoquer des difficultés respiratoires comme de l'essoufflement, une douleur lors de profondes respirations et de la toux causée notamment par la constriction des bronches. L'exposition à l' O_3 peut causer ou aggraver plusieurs maladies respiratoires telles que l'asthme, l'emphysème ou des bronchites chroniques. De plus, il peut causer des dommages à la végétation et nuire au rendement des cultures (USEPA, 2019d).

3.5.1. Le suivi au Québec

Les concentrations d' O_3 mesurées aux 45 stations de suivi de la qualité de l'air du Québec en 2019 sont présentées à la figure 3.15 et les statistiques détaillées se trouvent à l'annexe A7. Les concentrations moyennes annuelles d' O_3 ont varié de 20,7 ppb à la station Montréal – Échangeur Décarie à 32,8 ppb à la station Saint-Hilaire-de-Dorset. De façon générale, les concentrations d' O_3 mesurées au Québec sont relativement comparables à celles mesurées ailleurs au Canada, bien que supérieures à celles mesurées en Colombie-Britannique et inférieures à celles mesurées dans le sud de l'Ontario (Gouvernement du Canada, 2019d).

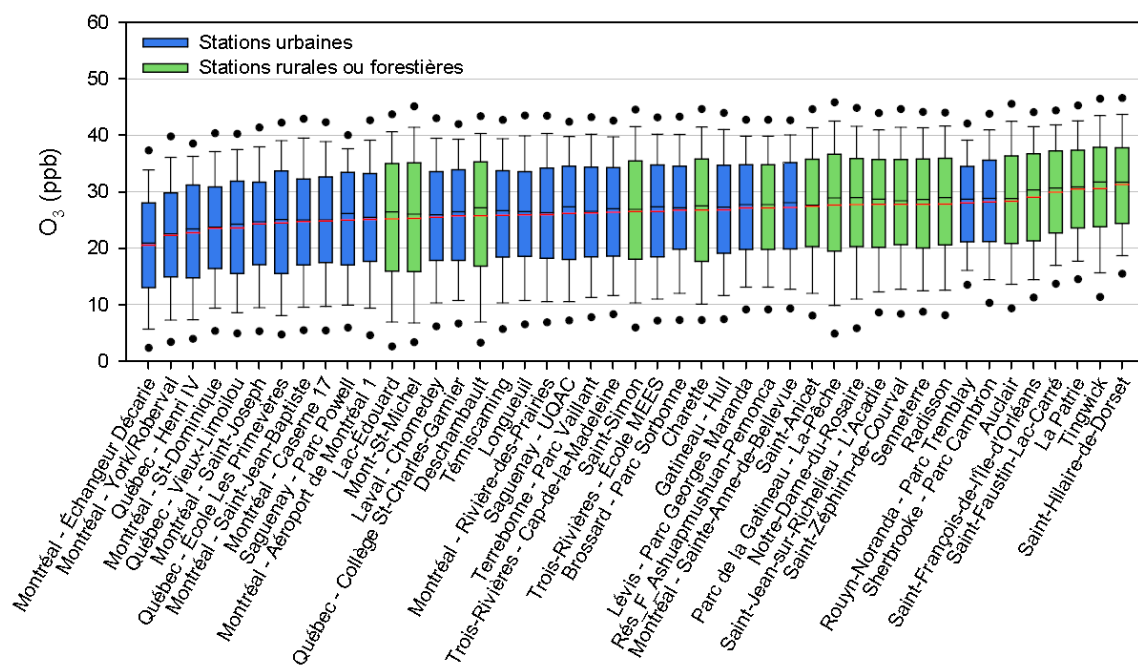


Figure 3.15 Concentrations annuelles d'ozone aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019

Comme mentionné précédemment, l'O₃ est un contaminant secondaire qui résulte d'une transformation photochimique complexe entre différents contaminants précurseurs, notamment les NO_x. Les NO_x sont un mélange de monoxyde d'azote (NO) et de dioxyde d'azote (NO₂), dont le transport est la principale source d'émission (MDDEP, 2011). En présence de rayonnement UV, le NO₂ est réduit par l'oxygène et forme de l'O₃. Le NO, quant à lui, titre rapidement l'O₃, diminuant temporairement la concentration d'O₃ dans l'air ambiant. Le résultat net est qu'à proximité d'une zone de grande circulation automobile, les concentrations d'O₃ diminuent (INSPQ, 2012; Couture, 2008).

Ce phénomène est observable à la figure 3.16, qui présente à la fois les concentrations moyennes horaires d'O₃ et de NO_x à la station 03052 – Québec – Henri IV les jours de semaine et de fin de semaine. Durant les jours de semaine, la plus grande densité de circulation automobile se traduit par une augmentation des concentrations de NO_x à partir de 5 h du matin. Cet apport en NO_x fait diminuer les concentrations d'O₃. À partir de 8 h, ce sont les concentrations d'O₃ qui augmentent sous l'effet combiné du rayonnement UV qui commence à se faire sentir un peu après le lever du soleil et de la diminution des émissions de NO_x due à la fin de l'heure de pointe du matin. Par la suite, les concentrations d'O₃ augmentent en fonction du rayonnement UV pour atteindre leur apogée en fin d'après-midi. La fin de semaine, la circulation automobile est généralement moins importante, donc les concentrations de NO_x sont aussi moins élevées, ce qui entraîne une diminution des concentrations d'O₃ en matinée moins importante que les jours de semaine.

De plus, les concentrations d'O₃ sont généralement plus élevées loin des sources de NO, comme dans les milieux ruraux situés à des dizaines, voire des centaines de kilomètres en aval des points d'émission de ces précurseurs (Künzli et collab., 2010). Ainsi, en 2019, la concentration moyenne d'O₃ la plus faible est observée à la station Montréal – Échangeur Décarie, située à l'intersection de deux autoroutes majeures, alors que les stations en aval de Montréal et de Québec affichent des concentrations moyennes plus élevées, comme aux stations Saint-Simon, Saint-Zéphirin ou Saint-François-de-l'Île-d'Orléans. Enfin, les concentrations moyennes d'O₃ sont les plus élevées à

la station Saint-Hilaire-de-Dorset, positionnée au sommet d'une colline des Appalaches à une altitude de 511 m, où elle est davantage influencée par de plus grandes concentrations d'O₃ (Chevalier et collab.,2007).

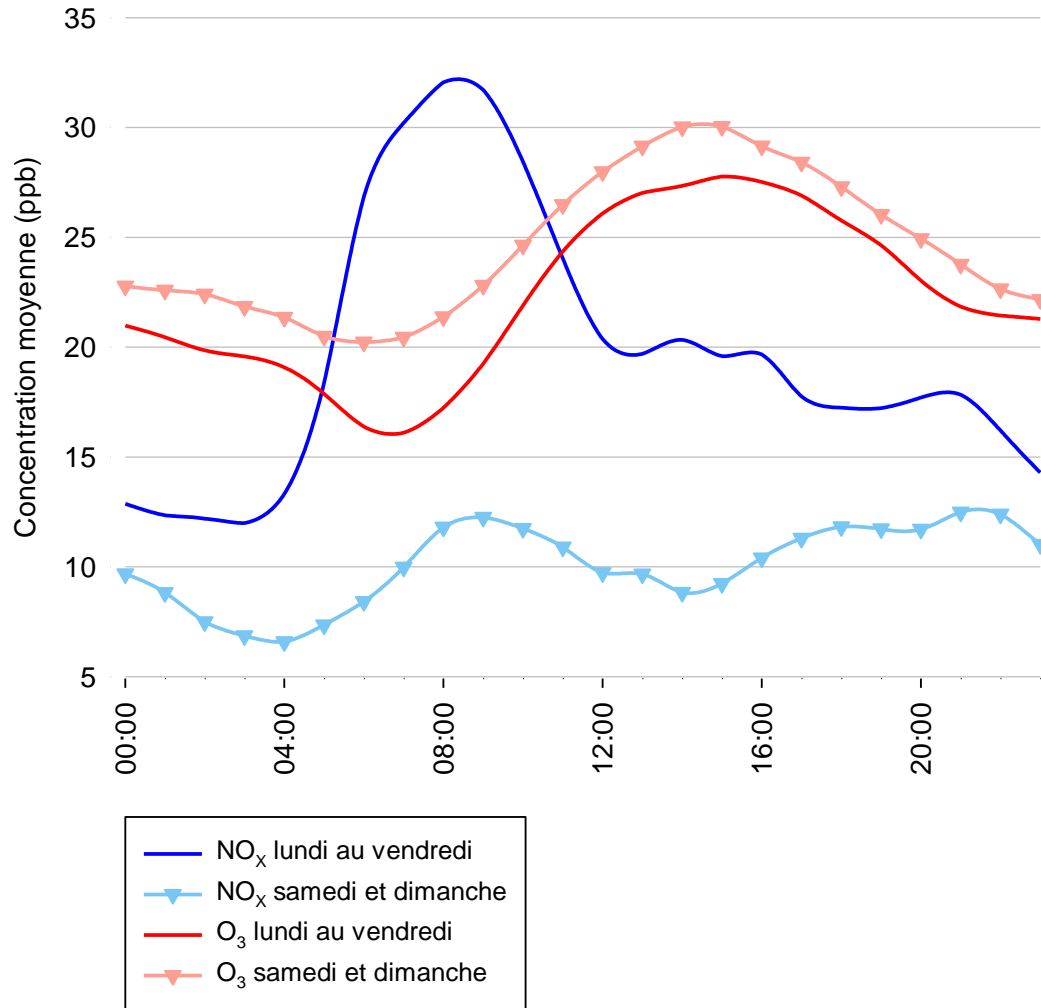


Figure 3.16 Concentrations moyennes horaires d'oxydes d'azote et d'ozone les jours de semaine et la fin de semaine à la station Québec – Henri IV en 2019

Les concentrations moyennes horaires d'O₃ à toutes les stations urbaines et à toutes les stations rurales et forestières en 2019 au cours de l'hiver (figure 3.17-a), du printemps (figure 3.17-b), de l'été (figure 3.17-c) et de l'automne (figure 3.17-d) sont généralement à leur minimum au lever du soleil, atteignent leur maximum au milieu de l'après-midi, puis diminuent en fin de journée. Les variations sont de plus grande amplitude en été. Les concentrations sont généralement plus élevées aux stations rurales et forestières, sauf en été, où elles sont plus élevées aux stations urbaines.

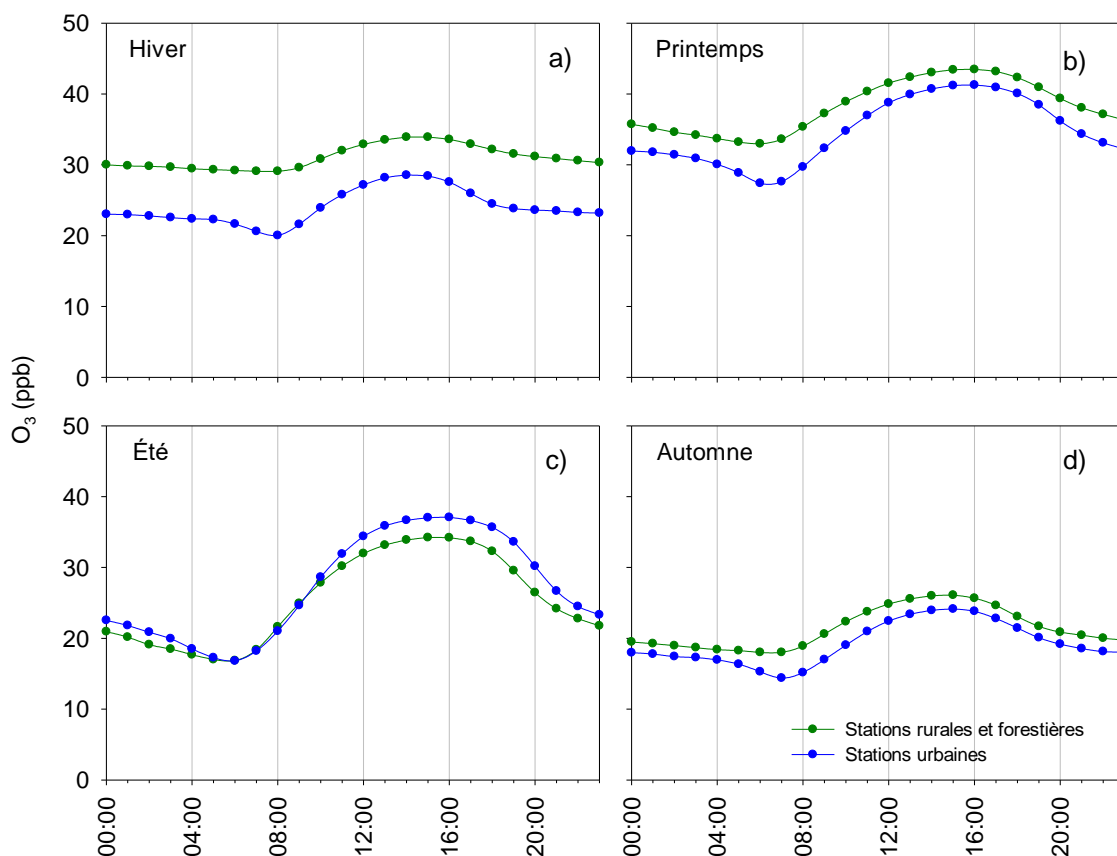


Figure 3.17 Concentrations moyennes horaires d'ozone à toutes les stations rurales et forestières et à toutes les stations urbaines : a) à l'hiver (janvier, février et décembre); b) au printemps (mars, avril et mai); c) à l'été (juin, juillet et août); et d) à l'automne (septembre, octobre et novembre) pour l'année 2019

La figure 3.18 illustre les concentrations mensuelles d'ozone de toutes les stations urbaines et de toutes les stations rurales ou forestières du Québec en 2019. Les concentrations mensuelles d'ozone des stations urbaines et des stations rurales et forestières suivent un profil semblable. Le maximum des concentrations moyennes d'O₃ n'est pas mesuré en été, au moment où le rayonnement UV est à son maximum, mais plutôt à la fin de l'hiver et au printemps. Il n'y a pas de consensus scientifique sur les sources de l'O₃ printanier (Monks, 2000), il pourrait s'agir d'échanges entre la stratosphère et la troposphère ou d'augmentation des réactions photochimiques favorisées par un air plus frais et sec en hiver et au printemps. Cette augmentation des concentrations d'O₃ au printemps est observée un peu partout dans l'hémisphère Nord. Ainsi, au Québec en 2019, les concentrations moyennes mensuelles les plus élevées ont été observées en mars et variaient de 35,1 ppb en milieu urbain à 41,4 ppb en milieu rural et forestier. Les concentrations moyennes mensuelles les plus basses ont été observées au mois d'octobre en milieu urbain (16,6 ppb) et au mois de septembre en milieu rural et forestier (18,3 ppb).

Aux stations rurales et forestières, les concentrations sont beaucoup moins variables vers la fin de l'automne et au début de l'hiver, ce qui coïncide avec un rayonnement UV moins important. Par ailleurs, les concentrations les plus variables sont observées aux stations urbaines durant l'été, période de l'année où il y a habituellement le plus de transport routier, selon les débits journaliers moyens annuels publiés sur le site du ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD,

2022), et où le rayonnement UV est le plus élevé, favorisant ainsi la formation d'O₃ par la réduction du NO₂ provenant du transport.

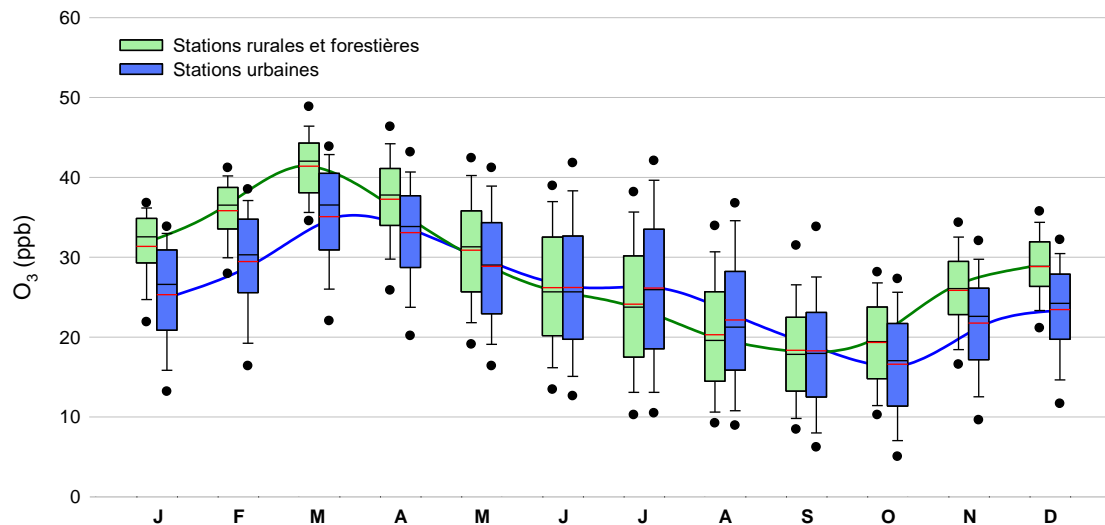


Figure 3.18 Concentrations mensuelles d'ozone des stations urbaines et des stations rurales et forestières en 2019. Les lignes vertes et bleues représentent les moyennes mensuelles.

3.5.2. Conformité aux normes de l'ozone

Deux normes de qualité de l'atmosphère pour l'ozone sont prescrites dans le RAA :

- une première, applicable sur une période de 1 heure, est fixée à 82 ppb (160 µg/m³);
- une deuxième, à 64 ppb (125 µg/m³), pour une période de huit 8 heures.

Pour l'ensemble des stations du Québec, aucun dépassement de ces deux normes n'a été observé en 2019. C'est la première fois depuis l'entrée en vigueur du RAA en 2012 qu'il n'y a aucun dépassement des normes liées à l'ozone (figure 3.19). Deux facteurs principaux expliquent cette variation interannuelle, soit la variation des émissions des polluants précurseurs d'O₃ et surtout les conditions météorologiques, dont la température.

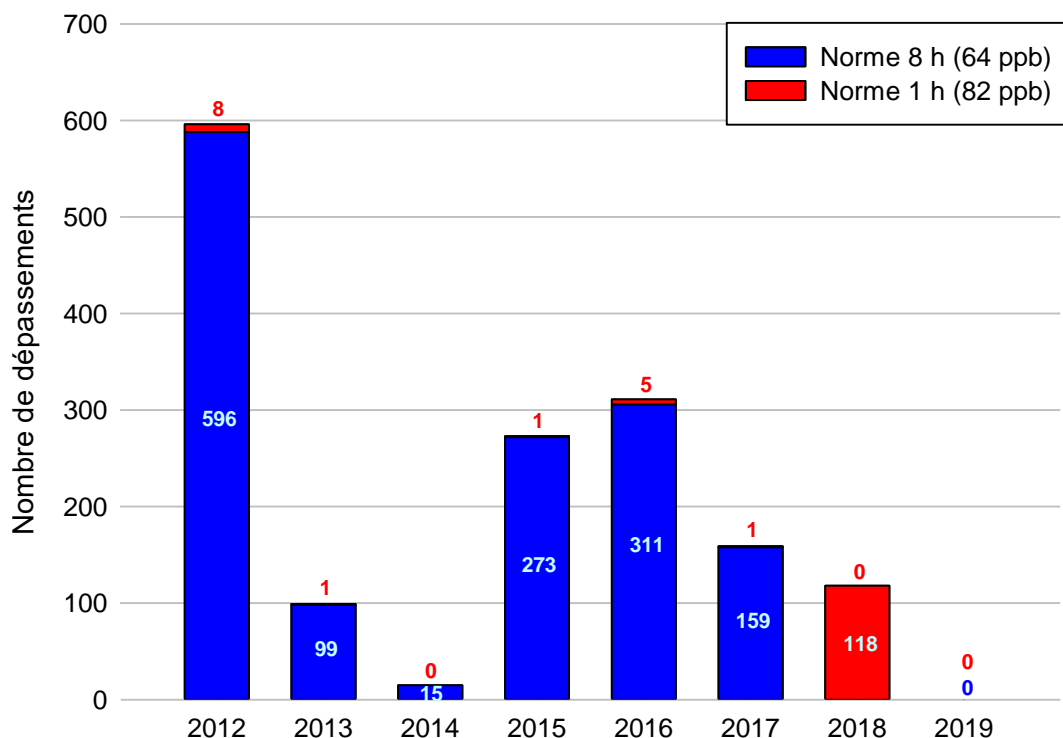


Figure 3.19 Nombre de dépassements de la norme de 82 ppb sur 1 heure et de la norme de 64 ppb sur une moyenne mobile de 8 heures pour l'ozone au Québec, de 2012 à 2019

3.5.3. Tendence des concentrations d'ozone

De façon générale, l'analyse de tendance des concentrations d'O₃ au Québec indique, comme pour le reste de l'Amérique du Nord (Cooper et collab., 2014), qu'elles augmentent surtout en milieu urbain. Les concentrations d'ozone aux stations en milieu rural et forestier affichent des tendances très légèrement à la hausse. La figure 3.20 montre qu'au cours des 20 dernières années, les concentrations moyennes d'O₃ ont augmenté significativement ($p < 0,001$), mais qu'elles augmentent presque 4 fois plus rapidement aux stations urbaines qu'aux stations rurales et forestières. Comme mentionné précédemment, la présence de NO_x contribue à la diminution des concentrations d'O₃. Ainsi, la diminution constante des émissions de NO_x liée au secteur du transport (MDDEP, 2011) explique en bonne partie la tendance à la hausse des concentrations d'O₃, spécialement aux stations urbaines.

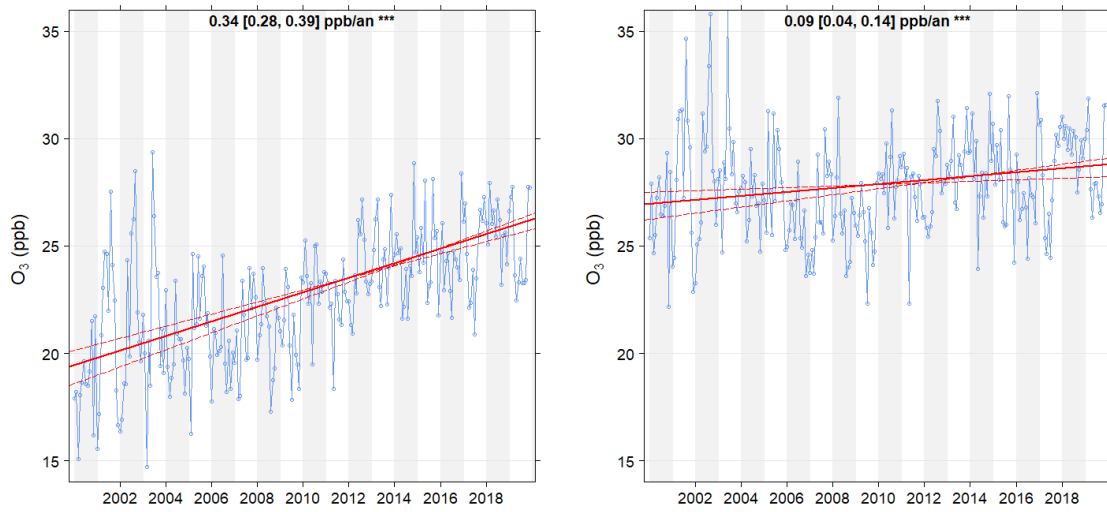


Figure 3.20 Tendence des moyennes mensuelles d’ozone aux stations urbaines (a) et aux stations rurales et forestières (b) pour la période de 2000 à 2019 (20 ans)

3.6. Particules fines

Les particules fines (PM_{2,5}) désignent les aérosols en suspension dans l'air sous forme solide ou liquide dont le diamètre aérodynamique est inférieur ou égal à 2,5 micromètres (µm). Leur composition dépend de leur provenance, de la saison et des conditions atmosphériques. Les particules sont composées entre autres de sulfates (SO₄²⁻), de nitrates (NO₃⁻), d'ammonium (NH₄⁺), de chlorure de sodium (NaCl), de carbone (élémentaire et organique), de matières minérales et d'eau. Les particules dites primaires sont émises directement dans l'atmosphère, tandis que les particules secondaires sont le résultat d'une série de réactions chimiques et physiques où interviennent différents gaz précurseurs, tels que les oxydes de soufre et d'azote, les composés organiques volatils, l'ammoniac et la vapeur d'eau.

Au Québec en 2019, les PM_{2,5} ont principalement été émises par la mise en suspension de poussières (48,6 %), le chauffage au bois (20,2 %), l'agriculture (9,9 %), l'industrie (7,4 %) et les transports (5,3 %) (MELCCFP, 2023). Tout comme l'O₃, les PM_{2,5} peuvent voyager sur de très longues distances. D'ailleurs, les feux de forêt, même lorsqu'ils sévissent à des milliers de kilomètres, sont une source significative de PM_{2,5}. Au Québec, les PM_{2,5} constituent la principale composante du smog (MELCC, 2019b).

En raison de leur petite taille, les PM_{2,5} pénètrent profondément dans le système respiratoire et peuvent entrer dans la circulation sanguine. Elles peuvent occasionner des effets importants au niveau des systèmes respiratoire et cardiovasculaire, jusqu'à entraîner parfois des décès prématurés. Les particules sont aussi considérées comme des cancérigènes reconnus pour l'humain (OMS, 2022). De courtes expositions peuvent provoquer de la toux, des irritations et de l'inflammation au niveau des bronches, en plus d'augmenter la vulnérabilité aux infections respiratoires. Les enfants, les personnes âgées ainsi que les personnes souffrant d'asthme, de pneumonie, de bronchite, d'emphysème ou d'autres maladies respiratoires chroniques sont particulièrement sensibles aux effets des PM_{2,5} (USEPA, 2022e). Pour les PM_{2,5}, il n'y a pas de seuil de concentration en dessous duquel elles n'ont aucun effet sur la santé.

3.6.1. Le suivi au Québec

Débutant en 1997, les premières mesures en continu de PM_{2,5} étaient effectuées à l'aide d'appareils TEOM-SES (*tapered element oscillating microbalance – sample equilibrium system*). Il est désormais connu que ces appareils sous-estimaient les concentrations de PM_{2,5} par temps froid. Différents appareils de nouvelle génération ont graduellement été déployés sur le réseau pour corriger cette lacune (tableau 3.5).

Tableau 3.5 Types d'appareils de mesure des particules fines en continu utilisés au Québec

Type d'appareil	Technologie	Utilisateur	Années d'utilisation
API T640	Optique	MELCCFP	2017 à 2019
BAM 1020	Absorption de rayonnement bêta	MELCCFP	2001 à 2019
GRIMM 180 et 365	Optique	Montréal	2007 à 2019
SHARP 5030	Optique + absorption de rayonnement bêta	Montréal	2013 à 2019
TEOM-FDMS	Gravimétrie	Montréal	2004 à 2015
TEOM-SES	Gravimétrie	Tous	1997 à 2009

Depuis la fin de l'année 2017, les appareils de mesure en continu des PM_{2,5} de modèles BAM 1020 sont progressivement remplacés par les modèles API T640. Ces derniers offrent une meilleure sensibilité ainsi qu'une plus grande reproductibilité des résultats que les modèles précédents. Les dates des changements des modèles à chaque station sont disponibles à l'annexe C1. Ainsi, en 2019, les appareils BAM 1020 ou API T640 sont utilisés à toutes les stations du Québec, sauf à celles de l'île de Montréal, où ce sont principalement les appareils SHARP 5030 et GRIMM 180 qui sont utilisés.

Les concentrations de PM_{2,5} mesurées à 47 stations de mesure de la qualité de l'air du Québec en 2019 sont présentées à la figure 3.21 et les statistiques détaillées se trouvent à l'annexe 8. Les concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} ont varié de 3,3 µg/m³ à la station Radisson, située dans le Nord-du-Québec, à 9,3 µg/m³ à la station Montréal – Échangeur Décarie. De façon générale, les concentrations de PM_{2,5} mesurées au Québec sont comparables à celles mesurées ailleurs au Canada (Gouvernement du Canada, 2019e).

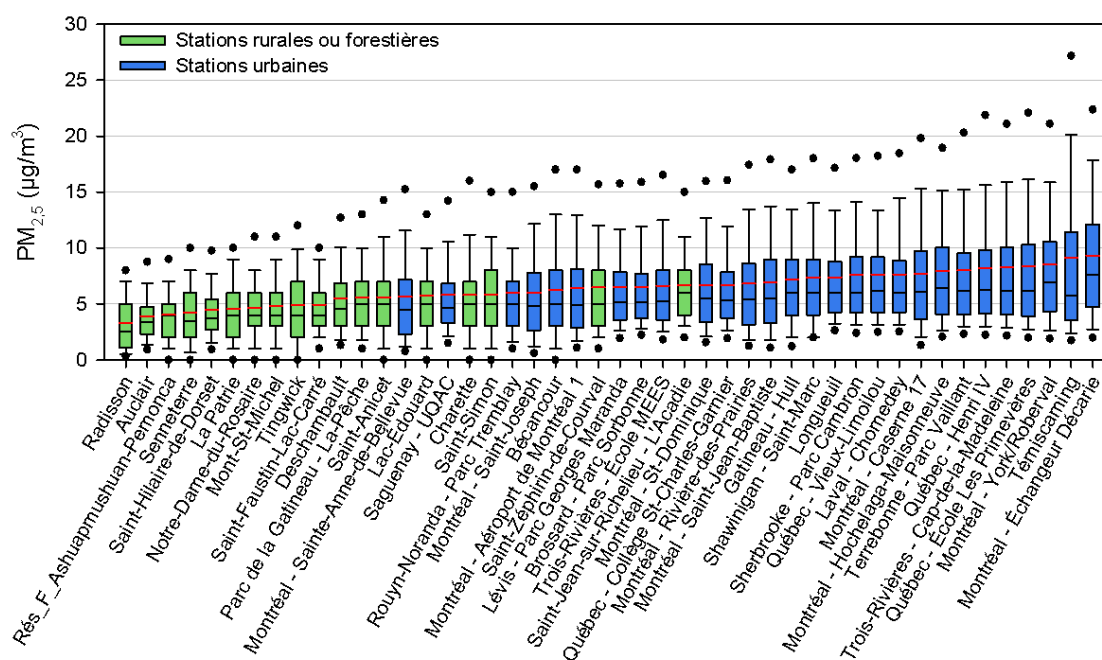


Figure 3.21 Concentrations annuelles de particules fines aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019

Comme le montre la figure précédente, les stations non urbaines, et spécialement la station Radisson, seule station située en zone nordique, enregistrent généralement des concentrations moyennes moins élevées (de 3,3 à 6,7 µg/m³) que les stations urbaines (de 5,6 à 9,3 µg/m³). Ces concentrations sont légèrement inférieures à celles mesurées en 2018 (Foucreault et Laberge, 2021). Les PM_{2,5} mesurées aux stations urbaines proviennent d'un mélange de sources d'émission (chauffage au bois, industrie, transport, etc.) dont la proportion varie d'une station à l'autre. D'ailleurs, différentes sources de particules influencent les concentrations des stations affichant les concentrations de PM_{2,5} parmi les plus élevées au Québec : les stations de Montréal – Échangeur Décarie et de Montréal – York/Roberval sont situées à proximité d'autoroutes majeures; la station Témiscaming est située à proximité d'une installation industrielle; tandis que la station Québec – École Les Primevères se trouve dans un secteur où l'influence du chauffage au bois est très présente (MELCC, 2019c; Foucreault, 2016).

3.6.2. Conformité à la norme des particules fines

La norme de qualité de l'atmosphère pour les particules fines prescrite dans le RAA est de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une période de 24 heures.

La CMM dispose de ses propres normes de qualité de l'air¹¹.

Pour l'ensemble des stations mesurant les $\text{PM}_{2,5}$ au Québec, 21 dépassements de cette norme ont été observés en 2019. Il s'agit du nombre de dépassements annuel le moins élevé depuis l'entrée en vigueur du RAA (figure 3.22).

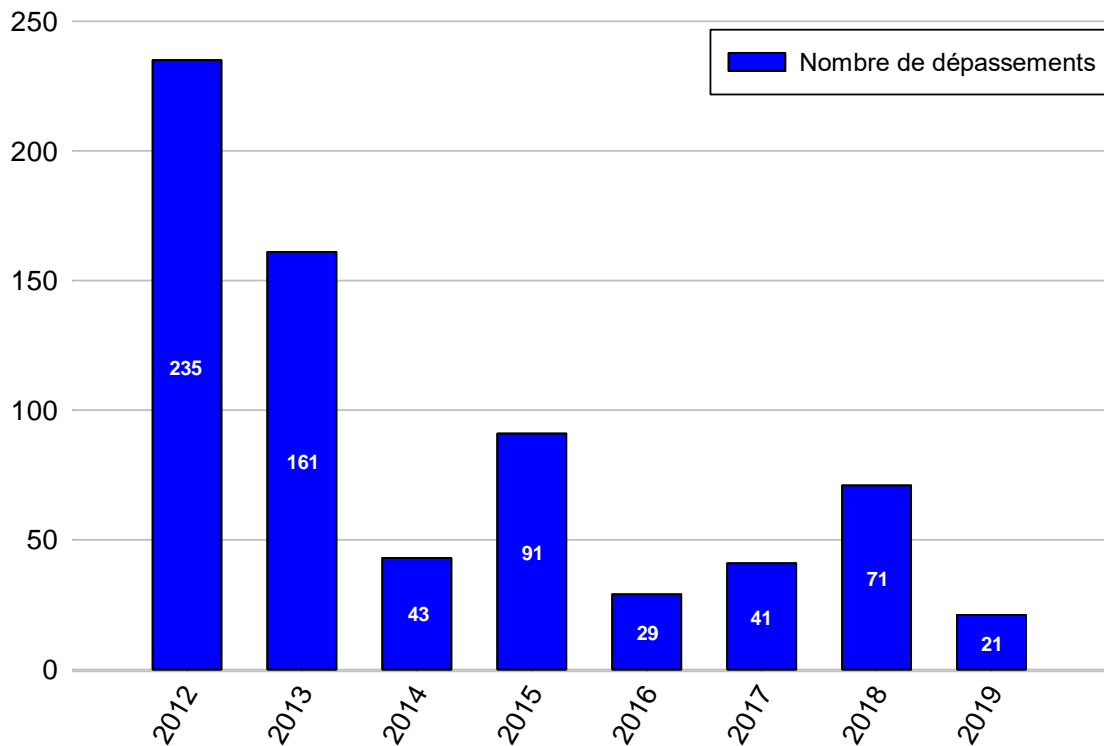


Figure 3.22 Nombre de dépassements de la norme de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 heures pour les $\text{PM}_{2,5}$ au Québec, de 2012 à 2019

Pour la grande majorité des stations de suivi des $\text{PM}_{2,5}$, soit 35 sur 47, aucun dépassement n'a été observé en 2019 (tableau 3.6).

¹¹ <https://montreal.ca/sujets/qualite-de-lair>.

Tableau 3.6 Stations dont la norme de 30 µg/m³ sur 24 heures pour les particules fines a été dépassée en 2019

Station	Nombre de dépassements
03006 – Québec – Vieux-Limoilou	3
03021 – Québec – École Les Primevères	3
03028 – Québec – Collège Saint-Charles-Garnier	2
03052 – Québec – Henri IV	4
03730 – Saint-Hilaire-de-Dorset	1
04048 – Trois-Rivières – Cap-de-la-Madeleine	1
04130 – Shawinigan – Saint-Marc	1
04711 – Saint-Zéphirin-de-Courval	1
04730 – Tingwick	1
04740 – Charette	1
06300 – Terrebonne – Parc Vaillant	1
08401 – Témiscaming	2

La distribution du nombre de dépassements mensuels montre que la quasi-totalité des dépassements est survenue pendant trois des quatre mois les plus froids de l'année (figure 3.23). Deux phénomènes contribuent à l'augmentation des concentrations et du nombre de dépassements de la norme des particules fines l'hiver, soit l'influence du chauffage au bois et de mauvaises conditions de dispersion de contaminants, comme les inversions thermiques, plus fréquentes par temps froid. En 2019, l'émission de PM_{2,5} par le secteur du chauffage au bois représente 29,6 % des émissions totales de PM_{2,5} au Québec. Il faut noter que l'utilisation du chauffage au bois se concentre essentiellement pendant les mois les plus froids de l'année. Ainsi, en hiver, le chauffage au bois émet plus de particules fines dans l'atmosphère que toute autre source anthropique au Québec. Ces PM_{2,5} se retrouvent fréquemment emprisonnées au niveau du sol par les mauvaises conditions de dispersion, comme les inversions thermiques, qui sont plus fréquentes l'hiver. En conditions normales, l'air le plus près du sol est plus chaud et devient de plus en plus froid plus il s'éloigne du sol. En conditions d'inversion thermique par contre, une couche d'air chaud s'insère au-dessus d'une couche d'air plus froid et plus lourd, bloquant la remontée des masses d'air en altitude. Ainsi, la couche d'air près du sol est plus froide et plus lourde, et ne peut s'élever et se disperser dans l'atmosphère, emprisonnant ainsi les contaminants au niveau du sol (Gouvernement du Canada, 2019e).

Les dépassements observés en juillet ont tous été enregistrés le 10 juillet aux stations Saint-Zéphirin-de-Courval, Tingwick, Charrette et Saint-Hilaire-de-Dorset, conséquence de la fumée de feux de forêt. Finalement, les deux autres dépassements ont été enregistrés à la station Témiscaming, qui est grandement influencée par les émissions d'une papetière située à proximité. De plus, la topographie locale, caractérisée par une vallée étroite, tend à amplifier l'impact des émissions de la papetière en limitant la dispersion des contaminants et en canalisant les émissions vers la station de mesure.

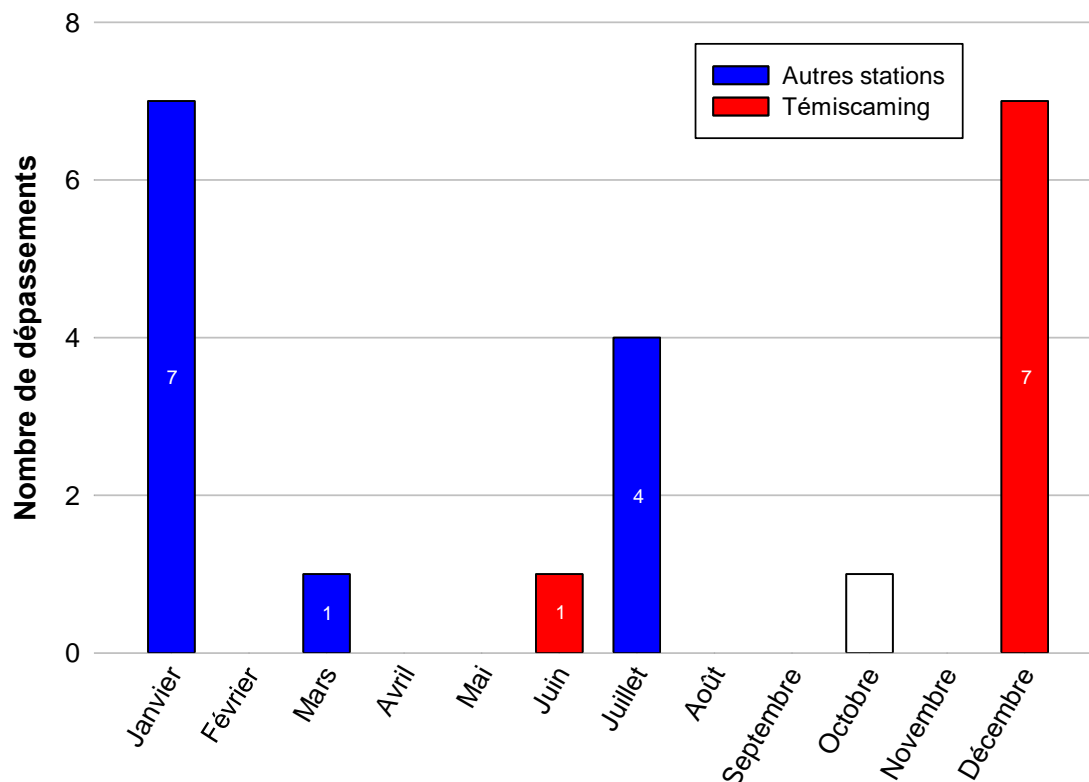


Figure 3.23 Nombre de dépassements mensuels de la norme de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 heures pour les particules fines en 2019

3.6.3. Tendence des concentrations de particules fines

L'analyse de tendance des $\text{PM}_{2,5}$ est limitée par la courte série chronologique de données. En effet, le suivi des $\text{PM}_{2,5}$ est relativement récent, ayant débuté à la fin des années 1990. De plus, comme le montre le tableau 3.5, plusieurs types d'appareils utilisant des technologies différentes sont ou ont été utilisés. Les appareils de première génération (TEOM-SES) ont progressivement été remplacés par des appareils BAM 1020 aux stations du MELCCFP et par des appareils TEOM-FDMS aux stations de la Ville de Montréal. Cette transition a pris fin autour de 2010. À leur tour, ces appareils de deuxième génération ont été remplacés ou sont en cours de remplacement par des appareils plus récents, soit les SHARP 5030 aux stations de la Ville de Montréal et les API T640 aux stations du MELCCFP. Malheureusement, l'analyse de tendance n'a pas pu être réalisée en intégrant tous les types d'appareils, à cause principalement des différences majeures entre les concentrations mesurées par TEOM-SES et les appareils plus récents. Ainsi, l'analyse de tendance des données des appareils les plus répandus sur le réseau en 2019 et les années précédentes, les BAM 1020, permet de constater que les concentrations de $\text{PM}_{2,5}$ sont significativement à la baisse (en bleu sur la figure 3.24). La très courte séquence de données mesurées par API T640 ne permet pas une analyse de tendance assez significative pour être présentée. Par contre, la superposition des données de API T640 des deux dernières années (2018-2019) sur le graphique de tendance des BAM 1020 semble montrer une tendance semblable à celle mesurée avec les données BAM 1020 (en vert sur la figure 3.24).

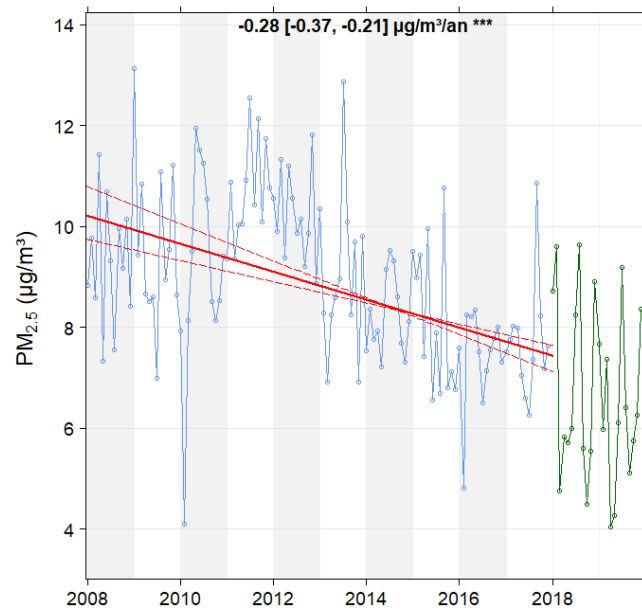


Figure 3.24 Tendence des moyennes mensuelles de particules fines mesurées avec des appareils BAM 1020 (en bleu) et avec des appareils API T640 (en vert) pour la période de 2008 à 2019 (12 ans)

3.7. Particules respirables

Les particules respirables (PM₁₀) sont des aérosols en suspension dans l'air sous forme solide ou liquide possédant un diamètre aérodynamique égal ou inférieur à 10 µm. Les PM₁₀ peuvent provenir de sources anthropiques d'émission primaire ou être le résultat de réactions de formation secondaire à partir de contaminants précurseurs, comme les NO_x et le SO₂ (USEPA, 2022e). Au Québec en 2019, les particules respirables ont été émises principalement par la mise en suspension de poussières (82,0 %), l'agriculture (6,2 %), le chauffage au bois (5,0 %), les industries (2,8 %) et les transports (1,9 %) (MELCCFP, 2023).

L'effet des PM₁₀ sur la santé dépend de la concentration à laquelle elles se retrouvent dans l'air, mais aussi de leur composition chimique, comme leur teneur en métaux et autres composés toxiques. Comme leur nom l'indique, les particules respirables sont reconnues pour pénétrer profondément dans le système respiratoire, où elles peuvent parfois s'incorporer dans la circulation sanguine. Ces particules peuvent aggraver les symptômes de certains problèmes respiratoires, en plus de causer de la toux, des irritations des voies respiratoires, de la difficulté à respirer et de l'asthme, surtout chez les jeunes enfants et les personnes plus vulnérables (USEPA, 2022e).

3.7.1. Le suivi au Québec

En 2019, le suivi des PM₁₀ est effectué à sept stations de mesure de la qualité de l'air toutes situées en milieu urbain et majoritairement sur l'île de Montréal. Les concentrations des PM₁₀ sont présentées à la figure 3.25 et les statistiques détaillées se trouvent à l'annexe A9. Les PM₁₀ sont mesurés de la même manière que les PST, c'est-à-dire selon un échantillonnage séquentiel d'une durée de 24 heures et généralement réalisé tous les 6 jours¹². Cependant, contrairement au suivi des PST, une tête sélective est ajoutée à l'échantillonneur afin qu'il ne capte que les particules plus petites ou égales à 10 µm. Le nombre d'échantillons valides est inscrit entre parenthèses à la suite du nom de chacune des stations de la figure 3.25.

¹² Les PM₁₀ sont également mesurées en continu à quatre stations sur l'île de Montréal à l'aide d'appareils de type GRIMM (données non présentées dans ce bilan). Ces données de PM₁₀ peuvent être téléchargées sur le site de données ouvertes de la Ville de Montréal : <https://donnees.montreal.ca/ville-de-montreal/rsqa-polluants-gazeux>.

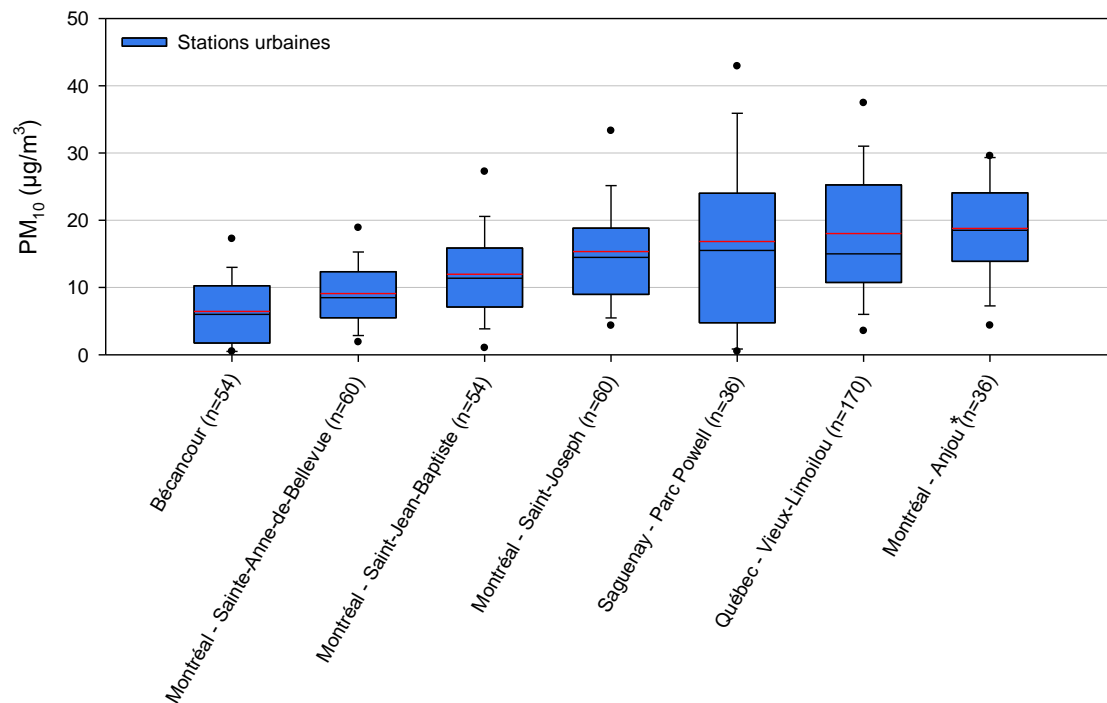


Figure 3.25 Concentrations annuelles de particules respirables aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019

Les concentrations annuelles moyennes de PM₁₀ ont varié de 6,4 µg/m³ à la station Bécancour à 18,8 µg/m³ à la station Montréal – Anjou. Par ailleurs, les concentrations de PM₁₀ sont nettement plus variables à la station Saguenay – Parc Powell, située à proximité d'un complexe industriel majeur.

3.7.2. Conformité aux normes

Actuellement, le RAA ne prescrit pas de norme pour les PM₁₀ puisque celles-ci se trouvent déjà à être limitées par l'application des normes pour les PM_{2,5} et les PST.

La concentration quotidienne de PM₁₀ la plus élevée de 2019 a été enregistrée à la station Québec – Vieux-Limoilou le 28 mars. Celle-ci s'élevait à 81 µg/m³.

3.7.3. Tendance des concentrations de particules respirables

À l'instar de ce qui est observé pour les PM_{2,5} et les PST, l'analyse de tendance des concentrations de PM₁₀ au cours des 20 dernières années (2000-2019) montre que les concentrations sont significativement en baisse ($p < 0,01$) (figure 3.26). En 2019, la mesure des PM₁₀ ne se fait qu'en milieu urbain; la station 06620 – Saint-Jean-sur-Richelieu – L'Acadie a été la dernière station située dans un milieu rural à assurer un suivi des PM₁₀. Bien que le suivi des PM₁₀ à cette station fût arrêté en 2014, il est intéressant de constater que la tendance était aussi significativement à la baisse ($p < 0,05$) (figure 3.26).

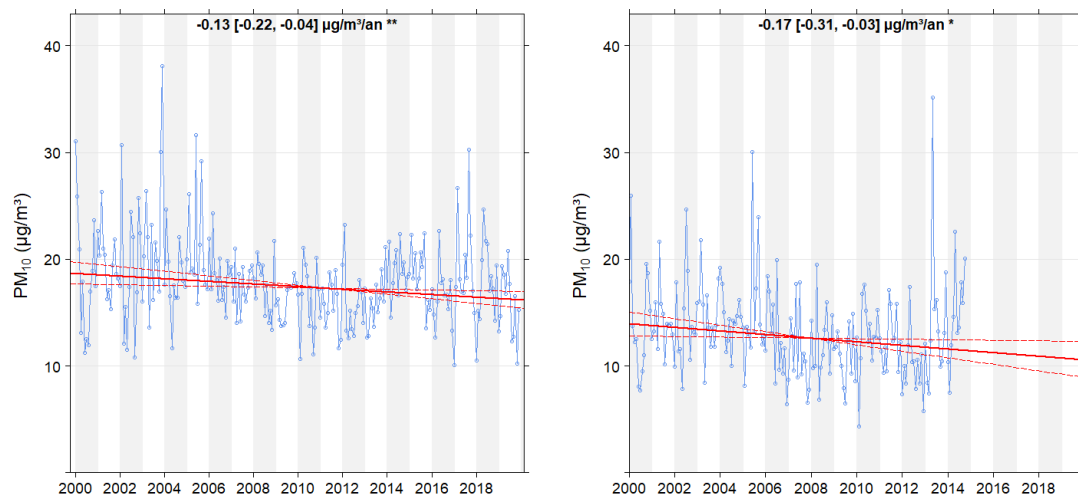


Figure 3.26 Tendence des moyennes mensuelles des concentrations de particules respirables à cinq stations urbaines pour la période de 2000 à 2019 (figure à gauche) et à la station rurale Saint-Jean-sur-Richelieu – L'Acadie pour la période de 2000 à 2014 (figure à droite)

L'analyse de tendance des PM_{10} par saison démontre qu'au cours des 20 dernières années, les concentrations sont relativement stables au printemps et en été, mais diminuent significativement l'hiver (figure 3.27).

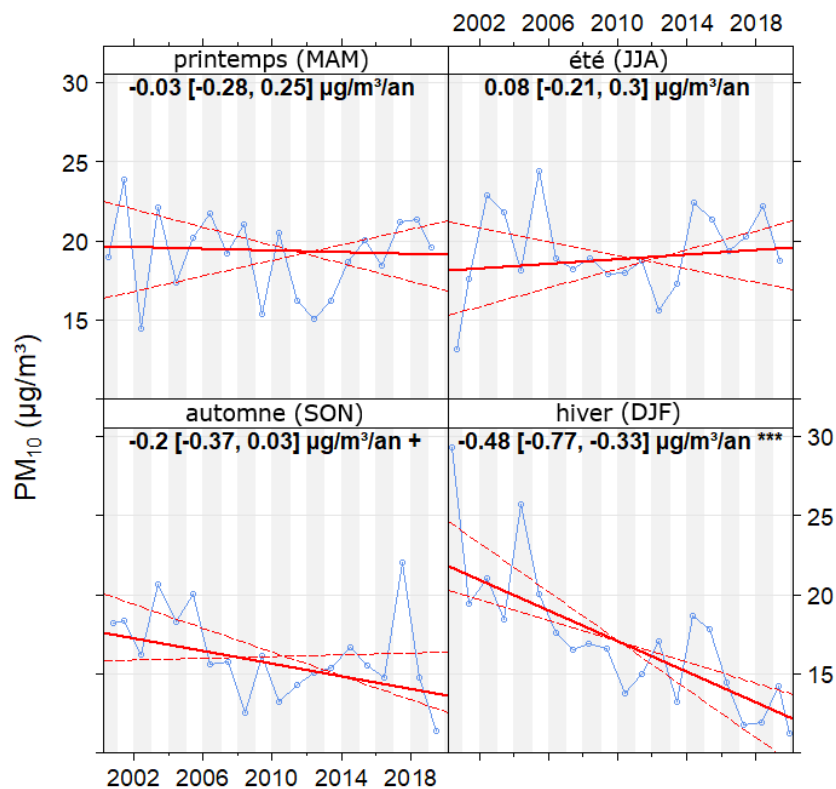


Figure 3.27 Tendence des moyennes saisonnières des concentrations de particules respirables à cinq stations urbaines pour la période de 2000 à 2019

3.8. Particules en suspension totales

Les particules en suspension totales (PST) sont des aérosols solides ou liquides ayant un diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 100 µm environ. En 2019 au Québec, les PST ont principalement été émises par la mise en suspension de poussières (87,8 %), l'agriculture (7,7 %), le chauffage au bois (1,6 %) et les industries (1,4 %) (MELCCFP, 2023).

Les effets des PST sur la santé dépendent de la concentration à laquelle elles se retrouvent dans l'air, mais aussi de la composition chimique des particules, de leur teneur en métaux et autres composés toxiques ainsi que du diamètre des particules. Les particules les plus fines sont plus préoccupantes pour la santé que les fractions plus grossières, car elles pénètrent plus profondément dans les poumons et peuvent entrer dans la circulation sanguine. Outre les répercussions sur la santé, les particules les plus grossières peuvent occasionner des problèmes de nuisance par leur dépôt sur certaines surfaces comme les fenêtres, les voitures, etc. (USEPA, 2022e).

3.8.1. Le suivi au Québec

Les concentrations de PST mesurées en 2019 aux 25 stations de mesure de la qualité de l'air du Québec sont présentées à la figure 3.28 et les statistiques détaillées se trouvent à l'annexe A10. Contrairement aux PM_{2,5} et aux contaminants gazeux, qui sont mesurés de façon continue sur une base horaire, les PST sont mesurées de façon séquentielle, c'est-à-dire un échantillonnage d'une durée de 24 heures, généralement réalisé tous les 6 jours. Le nombre d'échantillons valides est inscrit entre parenthèses à la suite du nom de chacune des stations de la figure 3.28. Les concentrations moyennes de PST ont varié de 4,9 µg/m³ à la station Radisson à 60,9 µg/m³ à la station Montréal – Anjou. La figure 3.28 montre que les concentrations de PST mesurées aux stations rurales et forestières sont généralement plus faibles que celles mesurées aux stations urbaines.

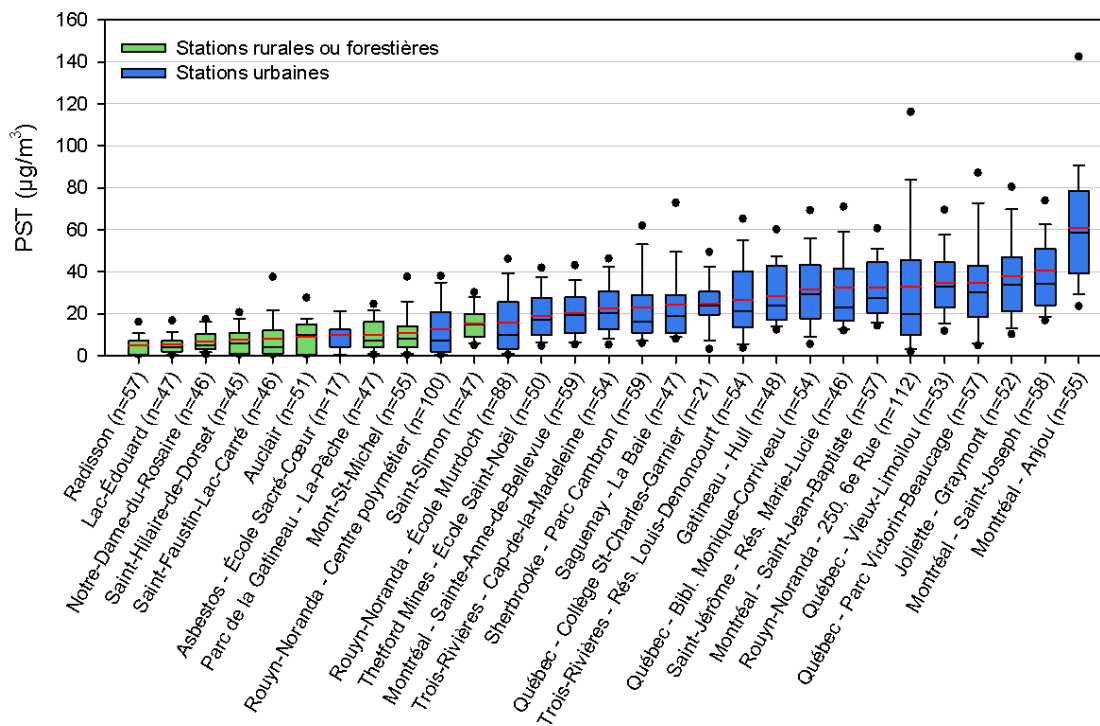


Figure 3.28 Concentrations annuelles de particules en suspension totales aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019

La figure 3.29 illustre les variations mensuelles des concentrations de PST au Québec en 2019. Les concentrations de PST sont généralement moins élevées les mois les plus froids. L'absence de sources de particules l'hiver (pollen, feux de forêt, mise en suspension de poussières, agriculture, etc.) contribue à cette différence, particulièrement aux stations rurales et forestières. Finalement, les particules provenant d'activités industrielles contribuent à ce que les concentrations aux stations urbaines soient plus élevées.

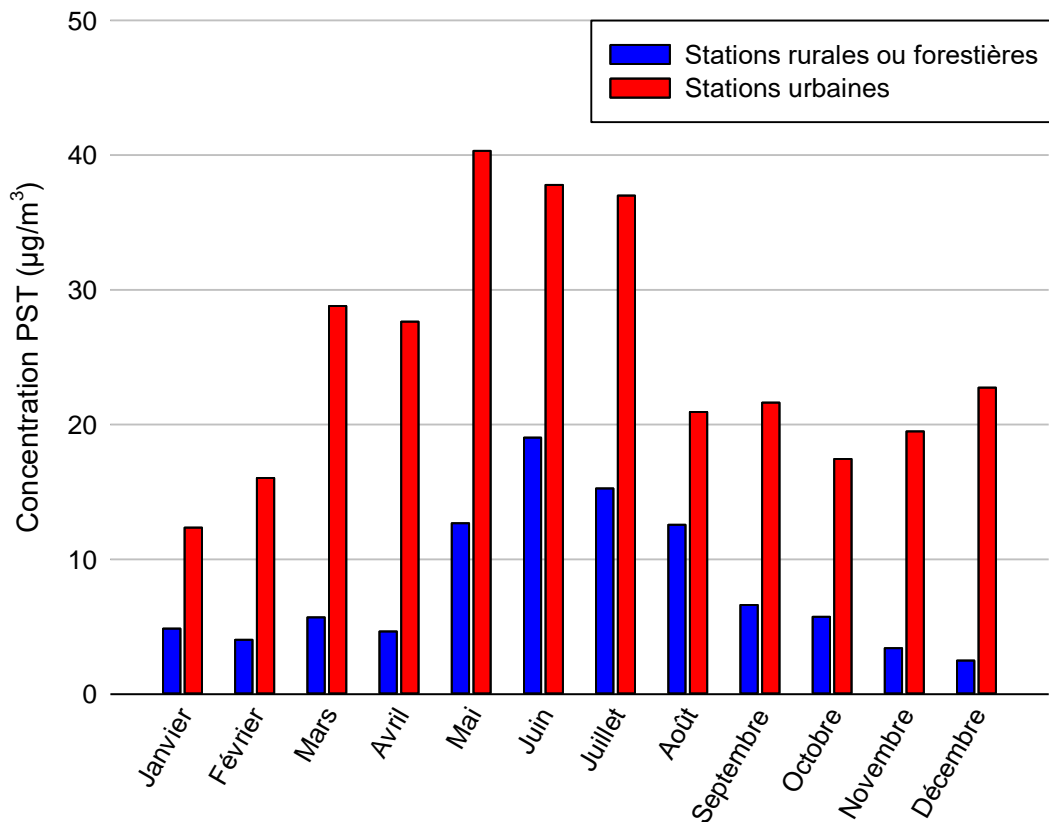


Figure 3.29 Concentrations mensuelles moyennes de particules en suspension totales aux stations de mesure de la qualité de l'air rurales et forestières ou urbaines en 2019

3.8.2. Conformité à la norme des particules en suspension totales

Une norme de qualité de l'atmosphère pour les PST est prescrite dans le RAA. Celle-ci est fixée à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une période de 24 heures. La CMM dispose de ses propres normes de qualité de l'air¹³.

Depuis 2012, soit la première année complète depuis l'entrée en vigueur du RAA, le nombre de dépassements de la norme a fluctué d'une année à l'autre, variant de 6 à 15 (figure 3.30). En 2019, 12 dépassements ont été observés au Québec.

¹³ <https://montreal.ca/sujets/qualite-de-lair>.

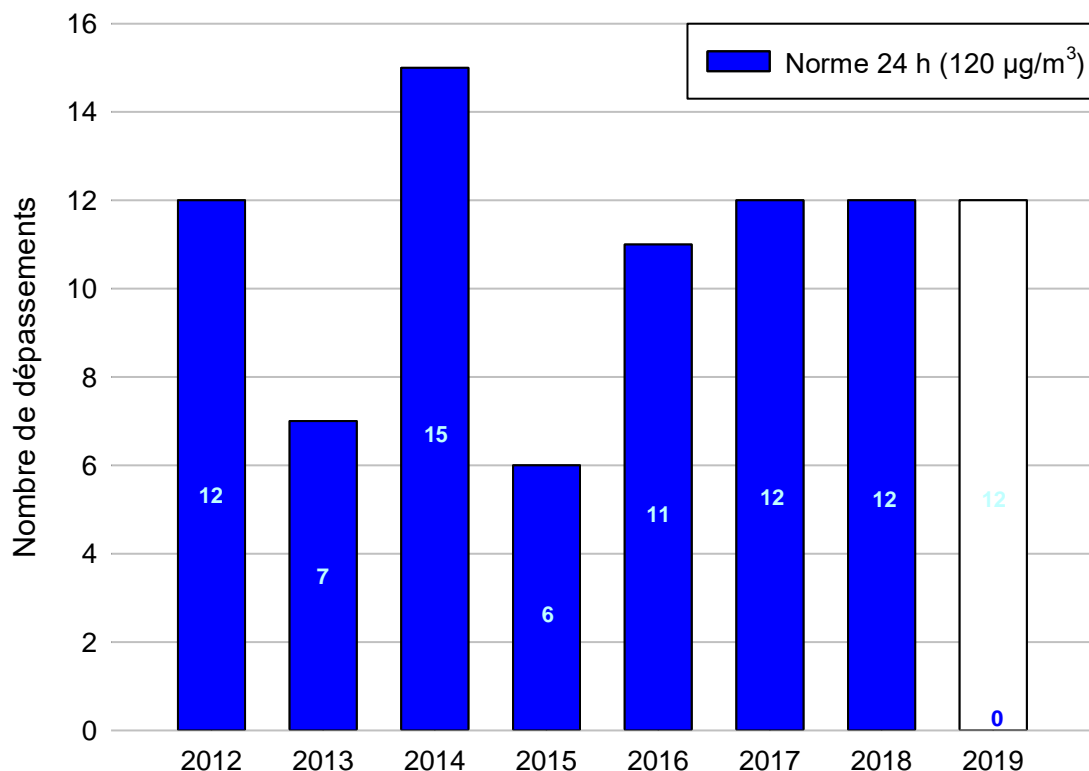


Figure 3.30 Nombre de dépassements de la norme sur les particules en suspension totales au Québec, de 2012 à 2019

La concentration de PST la plus élevée ($301 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été mesurée le 17 juillet à la station 08006 – Rouyn-Noranda – 250, 6^e Rue (voir tableau 3.7). Il importe de mentionner que parmi les stations qui enregistrent des dépassements, la fréquence d'échantillonnage varie. Ainsi, bien que de façon usuelle l'échantillonnage des PST soit effectué tous les six jours, la fréquence d'échantillonnage aux stations de Rouyn-Noranda a lieu quant à elle tous les trois jours.

Tableau 3.7 Stations dont la norme de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 heures pour les particules en suspension totales a été dépassée en 2019

Date	Station	Concentration
2019-03-28	06329 – Saint-Jérôme – Rés. Marie-Lucie	$157 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2019-03-28	03020 – Québec – Parc Victorin-Beaucage	$137 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2019-02-20	06006 – Montréal – Anjou	$155 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2019-03-28	06006 – Montréal – Anjou	$155 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2019-04-03	06006 – Montréal – Anjou	$139 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2019-03-28	06081 – Montréal – Saint-Joseph	$151 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2019-04-03	06081 – Montréal – Saint-Joseph	$126 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2019-03-28	06355 – Joliette – Graymont	$161 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Date	Station	Concentration
2019-04-15	08006 – Rouyn-Noranda – 250, 6 ^e Rue	139 µg/m ³
2019-04-30	08006 – Rouyn-Noranda – 250, 6 ^e Rue	127 µg/m ³
2019-06-20	08006 – Rouyn-Noranda – 250, 6 ^e Rue	125 µg/m ³
2019-07-17	08006 – Rouyn-Noranda – 250, 6 ^e Rue	301 µg/m ³

3.8.3. Tendence des concentrations de particules en suspension totales

L'analyse de tendance des concentrations de PST au cours des 20 dernières années (2000-2019) montre que les concentrations sont significativement en baisse aux stations situées en milieu urbain (figure 3.31). Aux stations situées en milieu rural et forestier, aucune tendance significative n'est observée.

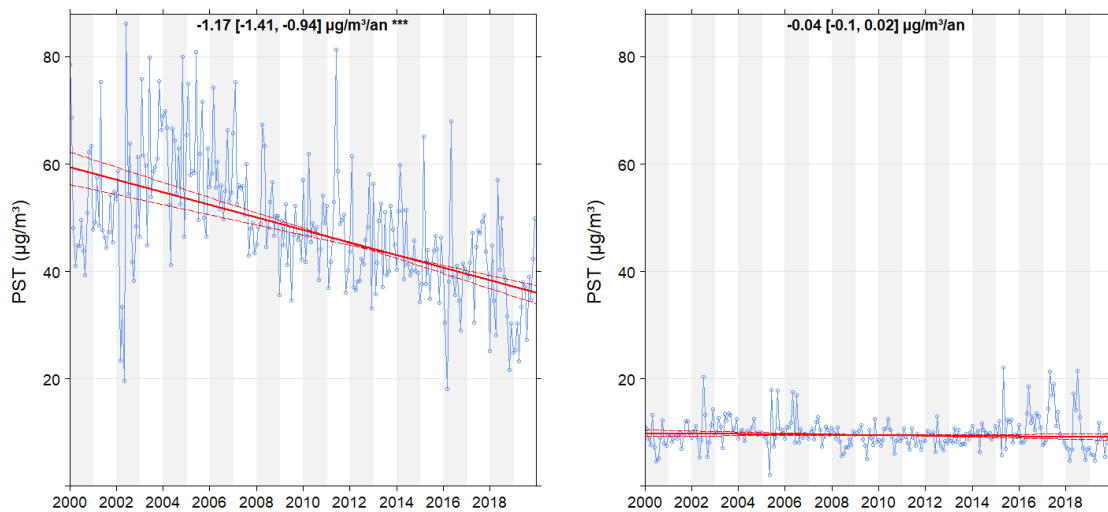


Figure 3.31 Tendence des moyennes mensuelles de particules en suspension totales à 4 stations urbaines (à gauche) et à 4 stations rurales et forestières (à droite) pour la période de 2000 à 2019 (20 ans)

3.9. Particules ultrafines

Les particules ultrafines ($PM_{0,1}$) sont des aérosols liquides ou solides ayant un diamètre aérodynamique égal ou inférieur à 100 nanomètres (nm). Leur composition chimique est semblable à celle des $PM_{2,5}$, mais dans des proportions différentes. Les $PM_{0,1}$ ne représentent qu'une infime portion de la masse de l'ensemble des particules se retrouvant dans l'air, mais elles représentent plus de 85 % à 90 % du nombre total de particules (Solomon, 2012). Les $PM_{0,1}$ ont une origine tant naturelle qu'anthropique. Elles peuvent être émises directement dans l'atmosphère ou bien être le résultat de différents processus de formation secondaire. Ces processus, qui incluent la nucléation, la condensation et la coagulation, sont grandement influencés par les conditions météorologiques. Les émissions anthropiques directes de $PM_{0,1}$ proviennent essentiellement de tout processus de combustion, dont les moteurs à diesel, qui sont la source principale. Les activités humaines, comme les industries et le transport, sont aussi des sources importantes de précurseurs à la formation secondaire de $PM_{0,1}$, dont les NO_x , le CO, le SO_2 et plusieurs composés organiques (Solomon, 2012).

Les recherches ayant comme objet l'effet sur la santé des $PM_{0,1}$ sont encore peu nombreuses, et plusieurs aspects, comme les effets à long terme de ce polluant, n'ont pas encore été étudiés. Toutefois, il est connu qu'étant donné leur très petite taille, les particules ultrafines peuvent traverser l'épithélium respiratoire et s'incorporer dans la circulation sanguine, où elles peuvent avoir des effets néfastes. Les résultats récents démontrent que les $PM_{0,1}$ peuvent causer l'inflammation des voies respiratoires ainsi que de l'hypertension et aggraver certains symptômes respiratoires comme l'asthme (USEPA, 2022f; Baldauf et collab., 2016).

3.9.1. Le suivi au Québec

En 2019, les concentrations de $PM_{0,1}$ ont été mesurées à deux stations du RSQAQ, soit Québec – Collège Saint-Charles-Garnier et Québec – Henri IV. Le suivi à la station Québec – Henri IV a débuté le 21 février 2019. L'analyseur de particules ultrafines utilisé à ces deux stations (PALAS-ENVI-CPC 200) effectue un comptage optique de chacune des particules individuelles. Au préalable, la taille des particules est augmentée artificiellement par condensation avec du butanol afin de permettre à l'appareil de les détecter. Cette technologie permet de compter les particules d'une plage de concentration située entre 0 et 200 000 part./ cm^3 . Lorsque les concentrations dépassent cette plage, soit de 200 000 à 2 000 000 part./ cm^3 , un néphélomètre prend le relais et évalue la concentration de $PM_{0,1}$ en analysant la turbidité de l'air.

La figure 3.32 illustre les concentrations de particules ultrafines aux deux stations de suivi pour l'année 2019. Les statistiques détaillées sont présentées à l'annexe 11.

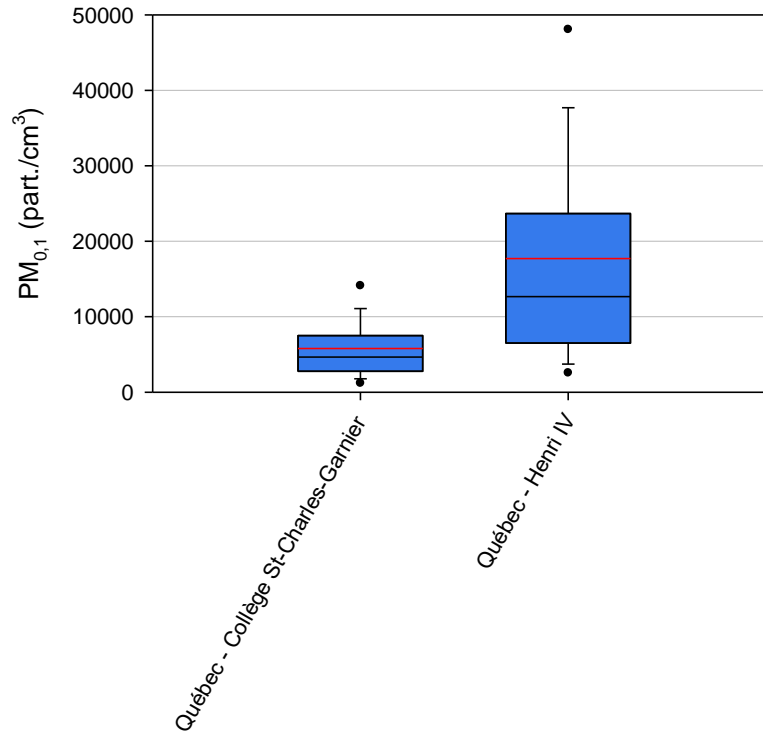


Figure 3.32 Concentrations annuelles de particules ultrafines aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019

Les concentrations enregistrées à la station Québec – Henri IV sont nettement plus variables et élevées que celles de la station Québec – Collège Saint-Charles-Garnier, une conséquence du trafic routier. Les concentrations de $PM_{0,1}$ mesurées à la station Québec – Henri IV sont comparables à celles observées à proximité d'autoroutes en Europe et aux abords de l'autoroute 401 à Toronto. Les concentrations de $PM_{0,1}$ mesurées à la station Québec – Collège Saint-Charles-Garnier sont les moins élevées parmi celles enregistrées dans différents milieux urbains à travers le monde (De Jesus et collab., 2019).

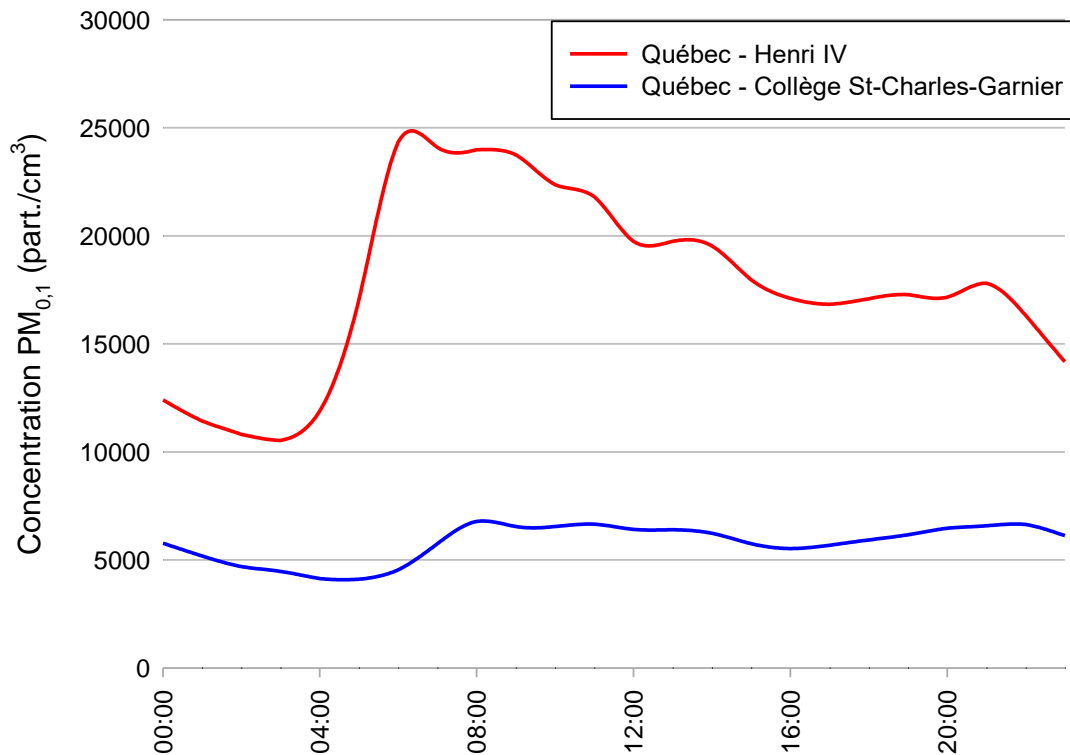


Figure 3.33 Concentrations moyennes horaires des particules ultrafines en 2019

Les concentrations de $PM_{0,1}$ augmentent de façon importante tôt le matin, avant d'atteindre un maximum entre 7 h et 8 h, puis diminuent graduellement au cours de la journée. Ces profils sont comparables à ceux du BC_{fr} (figure 3.4), ce qui démontre l'influence du trafic routier sur les concentrations de ce contaminant. Les concentrations moyennes de $PM_{0,1}$ sont d'ailleurs plus élevées à la station Québec – Henri IV à toute heure du jour.

3.9.2. Conformité aux normes

Le RAA ne contient aucune norme de qualité de l'atmosphère pour les particules ultrafines.

3.9.3. Tendence des concentrations des particules ultrafines

Le suivi des $PM_{0,1}$ ayant commencé au début de 2019, la quantité de données de $PM_{0,1}$ est actuellement insuffisante pour permettre une analyse de tendance pertinente.

3.10. Sulfure d'hydrogène

Le sulfure d'hydrogène (H_2S) est un gaz incolore possédant une odeur très forte d'œufs pourris.

Ses émissions atmosphériques proviennent essentiellement d'activités industrielles, comme la fermentation anaérobie de matières organiques dans les dépotoirs et les stations d'épuration, ou bien d'autres procédés chimiques industriels. Il peut aussi être émis lors de la combustion de combustible fossile. Aux concentrations rencontrées dans l'air ambiant, le H_2S est principalement une nuisance olfactive, mais peut aussi irriter les yeux et les voies respiratoires (CNESST, 2022).

3.10.1. Le suivi au Québec

En 2019, les concentrations de H_2S sont mesurées à deux stations, soit Trois-Rivières – École MEES (04021) et Trois-Rivières – Cap-de-la-Madeleine (04048) afin de documenter l'influence des activités industrielles de la ville de Trois-Rivières sur la qualité de l'air ambiant. Les concentrations de H_2S mesurées à ces deux stations sont illustrées à la figure 3.34, et les statistiques détaillées sont présentées à l'annexe 12.

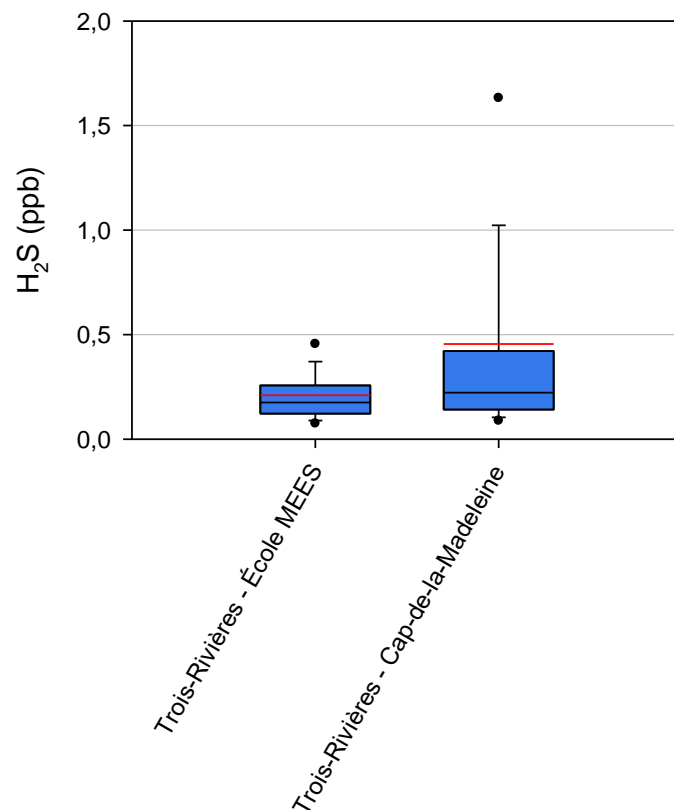


Figure 3.34 Concentrations annuelles de sulfure d'hydrogène aux stations de mesure de la qualité de l'air en 2019

La concentration annuelle moyenne à la station Trois-Rivières – École MEES (0,21 ppb) est beaucoup plus faible que celle mesurée à la station Trois-Rivières – Cap-de-la-Madeleine

(0,46 ppb), puisque cette dernière est positionnée beaucoup plus près des sources industrielles de H₂S.

3.10.2. Conformité aux normes du sulfure d'hydrogène

Deux normes de qualité de l'atmosphère pour le sulfure d'hydrogène sont prescrites dans le RAA :

- une première, applicable sur une période de 4 minutes, est fixée à 4,3 ppb (6 µg/m³);
- une deuxième, à 1,44 ppb (2 µg/m³), pour une période de 1 an.

La norme annuelle a été respectée en 2019 aux deux stations de mesure du H₂S. Par contre, 1 304 dépassements de la norme sur 4 minutes ont été enregistrés aux 2 stations, comme le démontre le tableau 3.8.

Tableau 3.8 Nombre de dépassements et valeurs maximales annuels des concentrations de sulfure d'hydrogène sur quatre minutes de 2016 à 2019

Année	Trois-Rivières – École MEES		Trois-Rivières – Cap-de-la-Madeleine	
	Nombre de dépassements	Concentration maximale (ppb)	Nombre de dépassements	Concentration maximale (ppb)
2016			1 322	39,7
2017	1	8,5	1 302	32,9
2018	5	5,8	3 153	93,7
2019	10	11,1	1 294	84,1

Le nombre de dépassements de la norme et la valeur maximale mesurée sur quatre minutes du sulfure d'hydrogène varient beaucoup d'une année à l'autre. À cause de sa proximité avec les sources industrielles, la station Trois-Rivières – Cap-de-la-Madeleine enregistre toujours les valeurs les plus élevées.

3.10.3. Tendances des concentrations de sulfure d'hydrogène

Au Québec, seule la station Trois-Rivières – Cap-de-la-Madeleine fait le suivi du H₂S de façon interrompue depuis plus de 20 ans. À cette station, les concentrations de H₂S ont diminué significativement ($p < 0,001$) au cours des dernières années (figure 3.35). Cette diminution est directement associée à une diminution des émissions de la papetière située à proximité de la station.

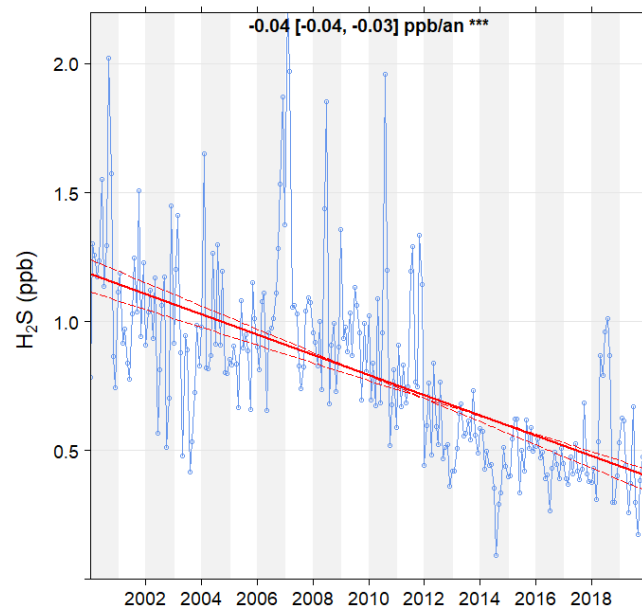


Figure 3.35 Tendence des moyennes mensuelles de sulfure d'hydrogène à la station Trois-Rivières – Cap-de-la-Madeleine pour la période de 2000 à 2019 (20 ans)

4. Indicateurs de qualité de l'air

4.1. Indice de la qualité de l'air (IQA)

L'indice de la qualité de l'air (IQA) est un indicateur de la qualité générale de l'air ambiant. Il est calculé et mis à jour toutes les heures, à partir des concentrations de cinq contaminants (O_3 , NO_2 , SO_2 , $PM_{2,5}$ et CO) mesurées en continu. L'IQA est présenté selon deux échelles de représentativité spatiale. L'échelle régionale correspond aux régions météorologiques utilisées dans le cadre du programme de prévision Info-Smog (MELCC, 2019d). L'échelle locale de l'IQA représente l'environnement immédiat d'une station de mesure de la qualité de l'air. Le MELCCFP diffuse l'IQA en temps réel sur son site Web (MELCC, 2019e) pour l'ensemble du territoire québécois couvert par le RSQAQ, à l'exception de l'île de Montréal, où il est diffusé sur le site Web de la Ville de Montréal (Ville de Montréal, 2019a).

L'IQA qualifie l'état de la qualité de l'air en trois catégories (« bon », « acceptable » ou « mauvais »), en comparant les concentrations des cinq contaminants à des valeurs de référence déterminées selon des critères de protection de la santé humaine.

En 2019, l'IQA a été calculé pour 24 régions météorologiques. Le pourcentage de jours où l'IQA a été qualifié de « bon » ou d'« acceptable » a varié de 89 % sur l'île de Montréal (environ 324 jours sur 365) à 100 % pour 7 autres régions. Pour l'ensemble des régions, l'IQA a été « bon », « acceptable » ou « mauvais » dans une proportion de 61,7 %, 36,7 % et 1,6 %.

4.2. Jours de smog

Un « jour de smog » est une journée durant laquelle les émissions atmosphériques et les conditions météorologiques provoquent, pendant plusieurs heures, la formation ou l'accumulation de concentrations élevées de $PM_{2,5}$ ou d' O_3 sur une vaste étendue de territoire (Gouvernement du Canada, 2019f).

En 2019, le nombre de jours de smog a varié de six dans la région de la Mauricie à zéro dans plusieurs régions (MELCC, 2019e). Le chauffage au bois influence grandement le bilan des jours de smog, car près de 70 % des épisodes de smog ont été observés en hiver. En 2019, le nombre moyen de jours de smog a diminué par rapport à 2018. Enfin, en 2019, les concentrations d' O_3 n'ont provoqué aucun jour de smog.

4.3. Normes canadiennes de qualité de l'air ambiant

En octobre 2012, les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, à l'exception du gouvernement du Québec, ont accepté de mettre en œuvre un système pancanadien de gestion de la qualité de l'air (CCME, 2021). Même si le Québec appuie les objectifs généraux du Système de gestion de la qualité de l'air (SGQA), il a choisi de ne pas y adhérer afin d'éviter un chevauchement avec ses propres outils de gestion de la qualité de l'air, dont le RAA. Toutefois, il collabore avec les autres gouvernements pour l'élaboration de certains éléments du SGQA, dont les zones atmosphériques de gestion et les normes canadiennes de qualité de l'air ambiant (NCQAA) (CCME, 2021), qui sont le moteur de la gestion de la qualité de l'air dans le cadre du SGQA. À noter que le terme « norme » doit être compris comme un synonyme d'« objectif » et qu'il n'est pas question ici de normes légales contraignantes. Le Québec dispose de ses propres normes de qualité de l'atmosphère, lesquelles sont enchâssées dans le RAA. Ces normes ne doivent pas être assimilées ni comparées aux NCQAA. En 2016, une NCQAA pour l' O_3 et deux

pour les $PM_{2,5}$ (l'une basée sur 24 heures et l'autre sur 1 an) étaient en vigueur. En 2017, le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) a avalisé de nouvelles NCQAA pour le SO_2 et le NO_2 .

En 2019, à l'instar des résultats de 2018 (MELCC, 2019f), les NCQAA de l' O_3 et des $PM_{2,5}$ étaient respectées dans l'ensemble des stations.

5. Conclusion

Ce quatrième bilan annuel de la qualité de l'air au Québec fait état des concentrations des contaminants les plus couramment mesurés au Québec et confirme que la qualité de l'air y est généralement bonne et que les normes sont habituellement respectées.

Cependant, certaines localités subissent les émissions de certains secteurs d'activité comme ceux du transport ou de l'industrie. Ainsi, les stations de mesure situées à proximité de routes majeures enregistrent les concentrations de contaminants associés au transport, comme le dioxyde d'azote, le monoxyde de carbone, le carbone noir et les particules ultrafines, les plus élevées au Québec. De plus, le chauffage au bois hivernal est une source importante de particules fines dans l'air ambiant causant plusieurs dépassements de norme. Pour leur part, les localités qui se trouvent à proximité de complexes industriels mesurent des concentrations de dioxyde de soufre moyennes jusqu'à 50 fois plus élevées que ce qui est mesuré dans les milieux urbains non influencés. Bien que moins influencées par les contaminants liés au transport et à l'industrie, les stations rurales et forestières enregistrent les concentrations les plus élevées d'ozone troposphérique, un contaminant secondaire dont la formation est complexe.

L'étude des tendances des concentrations démontre une tendance significative à la baisse pour le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone, l'ozone troposphérique (en milieu rural et forestier), les particules fines, les particules respirables (en milieu urbain), les particules en suspension totales et le sulfure d'hydrogène. Seules les concentrations d'ozone troposphérique en milieu urbain montrent une tendance significative à la hausse.

6. Références bibliographiques

- BALDAUF, R.W., R.B. DEVLIN, P. GEHR, R. GIANNELLI, B. HASSETT-SIPPLE, H. JUNG, G. MARTINI, J. MCDONALD, J.D. SACKS et K. WALKER (2016). « Ultrafine Particle Metrics and Research Considerations: Review of the 2015 UFP Workshop ». *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 13, n° 11. DOI : doi.10.3390/ijerph13111054.
- BUSQUE, D. (2022). *Variations spatiotemporelles et saisonnalité des concentrations de particules fines à Québec : 2010-2018*. Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 49 p. + 5 annexes, [En ligne], [<https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/ambiant/variations-spatiotemporelles-particules-fines-quebec-2010-2018.pdf>].
- CANADIAN AUTOMOBILE ASSOCIATION (CAA) (2017). *Grinding to a Halt: Evaluating Canada's Worst Bottlenecks*, Canadian Automobile Association, 88 p., [En ligne], [https://www.caa.ca/app/uploads/2021/01/16170_Canadian_National_Bottlenecks_Study_EN_1_4_17.pdf].
- CARSLAW, D.C., et K. ROPKINS (2012). « Openair – an R package for air quality data analysis », *Environmental Modelling & Software*, vol. 27-28, p. 52-61.
- CHEVALIER, A., F. GHEUSI, R. DELMAS, C. ORDÓÑEZ, C. SARRAT, R. ZBINDEN, V. THOURET, G. ATHIER et J. M. COUSIN (2007). « Influence of altitude on ozone levels and variability in the lower troposphere: a ground-based study for western Europe over the period 2001-2004 », *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 7, p. 4311-4326. DOI : doi.org/10.5194/acp-7-4311-2007.
- CLEVELAND, R. B., W. S. CLEVELAND, J. E. MCRAE et I. TERPENNIG (1990). « Stl: A seasonal-trend decomposition procedure based on Loess », *Journal of Official Statistics*, vol. 6, n° 1, p. 3-73.
- COMMISSION DES NORMES, DE L'ÉQUITÉ, DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL (CNESST) (2022). *Répertoire toxicologique – Numéro CAS : 7783-06-4*, [En ligne], [https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/pages/fiche-complete.aspx?no_produit=4143].
- CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT (CCME) (2021). SGQA, [En ligne], [<https://ccme.ca/fr/priorites-actuelles/lair>].
- COOPER, O. R., D. D. PARRISH, J. ZIEMKE, N. V. BALASHOV, M. CUPEIRO, I. E. GALBALLY, S. GILGE, L. HOROWITZ, N. R. JENSEN, J. F. LAMARQUE, V. NAIK, S. J. OLTMANS, J. SCHWAB, D. T. SHINDELL, A. M. THOMPSON, V. THOURET, Y. WANG et R. M. ZBINDEN (2014). « Global distribution and trends of tropospheric ozone: An observation-based review », *Elementa, Science of the Anthropocene*, vol. 2, p. 29. DOI : doi.org/10.12952/journal.elementa.000029.
- COUTURE, Y. (2008). *Guide d'estimation de la concentration de dioxyde d'azote (NO₂) dans l'air ambiant lors de l'application des modèles de dispersion atmosphérique*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 7 p., [En ligne], [<http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/criteres/Guide-azote-Aout2008.pdf>].
- DE JESUS, A.L., M.M. RAHMAN, M. MAZAHARI, H. THOMPSON, L.D. Knibbs, C. JEONG, G. EVANS, W. NEI, A. DING, L. QIAO, L. LI, H. PORTIN, J.V. NIEMI, H. TIMONEN, K. LUOMA, T. PETÄJÄ, M. KULMALA, M. KOWALSKI, A. PETERS, J. CYRYS, L. FERRERO, M. MANIGRASSO, P. AVINO, G. BUONANO, C. RECHE, X. QUEROL, D. BEDDOWS, R.M. HARRISON M.H. SOWLAT, C. SIOUTAS et L. MORAWSKA (2019).

- « Ultrafine particles and PM2.5 in the air of cities around the world: Are they representative of each other? », *Environment International*, vol. 129, p. 118-135. DOI : doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.021.
- FOUCREULT, M. A. (2016). *Analyse des concentrations de particules fines attribuables au chauffage au bois dans la municipalité de Lac-Beauport*, 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, 7 p. + 1 annexe, [En ligne], [<http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/Lac-Beauport/lac-Beauport.pdf>].
- FOUCREULT, M. A., et A. Laberge (2021). *Bilan de la qualité de l'air au Québec 2018*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de la qualité de l'air et du climat, 39 p. + 21 annexes, [En ligne], [<https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/bilan/qualite-air-quebec-2018.pdf>].
- GOVERNEMENT DU CANADA (2016). *Accord Canada-États-Unis sur la qualité de l'air : Rapport d'étape 2016 : Section 2*, Environnement et Changement climatique Canada, [En ligne], [www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/pollution-atmospherique/publications/qualite-air-canada-etats-unis-rapport-2016/chapitre-2.html].
- GOVERNEMENT DU CANADA (2019a). *Indicateurs environnementaux – Qualité de l'air : Dioxyde d'azote*, Environnement et Changement climatique Canada, [En ligne], [www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/qualite-air.html#NO2].
- GOVERNEMENT DU CANADA (2019b). *Indicateurs environnementaux – Qualité de l'air : Dioxyde de soufre*, Environnement et Changement climatique Canada, [En ligne], [www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/qualite-air.html#SO2].
- GOVERNEMENT DU CANADA (2019c). *Guide concernant le Règlement sur le soufre dans le carburant diesel : questions sur l'article 3*, Environnement et Changement climatique Canada, [En ligne], [<https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/publications/guide-reglement-soufre-carburant-diesel/questions-article-3.html>].
- GOVERNEMENT DU CANADA (2019d). *Indicateurs environnementaux – Qualité de l'air : Ozone troposphérique*, Environnement et Changement climatique Canada, [En ligne], [www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/qualite-air.html#O3].
- GOVERNEMENT DU CANADA (2019e). *Indicateurs environnementaux – Qualité de l'air : Particules fines*, Environnement et Changement climatique Canada, [En ligne], [www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/qualite-air.html#P25].
- GOVERNEMENT DU CANADA (2019f). *Smog hivernal*, Environnement et Changement climatique Canada, [En ligne], [www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/pollution-atmospherique/enjeux/smog-causes-effets/hivernal.html].
- GOVERNEMENT DU CANADA (2021). *Indicateurs environnementaux – Qualité de l'air*, Environnement et Changement climatique Canada, [En ligne], [www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/qualite-air.html].
- HEALY, R. M., U. SOFOWOTE, Y. SU, J. DEBOSZ, M. NOBLE, C. H. JEONG, J. M. WANG, N. HILKER, G. J. EVANS, G. DOERKSEN, K. JONES et A. MUNOZ (2017). « Ambient

measurements and source apportionment of fossil fuel and biomass burning black carbon in Ontario », *Atmospheric Environment*, vol. 161, p. 34-47.

INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC (INSPQ) (2012). *Bilan de la qualité de l'air au Québec en lien avec la santé, 1975-2009*, Québec, Institut national de santé publique du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, [En ligne], [www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1432_BilanQualiteAirQcLienSante1975-2009.pdf].

KÜNZLI, N., L. PEREZ et R. RAPP (2010). *Qualité de l'air et santé*, Suisse, European Respiratory Society, Swiss Tropical and Public Health Institute, 68 p., [En ligne], [www.aefu.ch/fileadmin/user_upload/aefu-data/b_documents/themen/luft/air_-_qualite_et_sante.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*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, [En ligne], [www.environnement.gouv.qc.ca/air/inventaire/rapport2008.pdf].

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC) (2019a). *Homogénéisation et calcul des tendances des températures*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], [www.environnement.gouv.qc.ca/climat/tendances/homogeneisation.htm#methode-calcul].

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC) (2019b). *Smog, Portrait statistique*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], [www.environnement.gouv.qc.ca/air/info-smog/portrait/index.htm].

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC) (2019c). *Le chauffage au bois*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], [www.environnement.gouv.qc.ca/air/chauf-bois/index.htm#pollution].

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC) (2019d). *Smog*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], [<https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/info-smog/index.htm>].

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC) (2019e). *Indice de la qualité de l'air*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], [www.iga.mddelcc.gouv.qc.ca/contenu/index.asp].

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC) (2019f). *Rapports de suivi relatif aux normes canadiennes de qualité de l'air ambiant*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], [https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/particules_ozone/rapport2020.pdf].

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MELCCFP) (2023). *Inventaire québécois des émissions des principaux contaminants atmosphériques au Québec en 2020 et leur évolution depuis 1990*, Québec, ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, [communication par courriel].

- MINISTÈRE DES TRANSPORTS ET DE LA MOBILITÉ DURABLE (MTMD) (2022). *Données Québec : Débit de circulation*, [En ligne], [<https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/debit-de-circulation>].
- MONKS, P. S. (2000). « A review of the observations and origins of the spring ozone maximum », *Atmospheric Environment*, vol. 34, p. 3545-3561, [En ligne], [[dqe.carnegiescience.edu/DGE/BERRY/PCTM_discussion/arcticO3_aenv_monkssom.pdf](https://www.doe.carnegiescience.edu/DGE/BERRY/PCTM_discussion/arcticO3_aenv_monkssom.pdf)].
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION – EARTH OBSERVATORY (NASA Earth Observatory), 2010. « Ecosystem Effects of Ozone », NASA Earth Observatory - Aerosols: Tiny Particles, Big Impact, [En ligne], [<https://earthobservatory.nasa.gov/features/Aerosols>].
- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS) (2022). *Ambient (outdoor) air pollution*, Organisation mondiale de la santé, [En ligne], [[https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)].
- SANDRADEWI, J., A. S. H. PRÉVÔT, S. SZIDAT, N. PERRON, M. R. ALFARRA, V. A. LANZ, E. WEINGARTNER et U. BALTENSPERGER (2008). « Using Aerosol Light Absorption Measurements for the Quantitative Determination of Wood Burning and Traffic Emission Contributions to Particulate Matter », *Environmental Science & Technology*, vol. 42, n° 9, p. 3316-3323.
- SCHIMMEL, D., et collab. (2002). *Radiative forcing of climate change*, 101 p.
- SEN, P. K. (1968). « Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau », *Journal of the American Statistical Association*, vol. 63, p. 1379-1389.
- SOLOMON, P. A. (2012). « An Overview of Ultrafine Particles in Ambient Air », *Air and Waste Management Association's Magazine for Environmental Managers*. Air & Waste Management Association, Pittsburgh, PA, vol. 5, p. 18-27.
- SOUTHERN ONTARIO CENTRE FOR ATMOSPHERIC AEROSOL RESEARCH (SOCAAR) (2019). *Near-Road Air Pollution Pilot Study – Summary Report*, University of Toronto, [En ligne], [<https://www.socaar.utoronto.ca/wp-content/uploads/2019/10/SOCAAR-Near-Road-Air-Pollution-Pilot-Study-Summary-Report-Fall-2019-web-Final.pdf>].
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA) (2011). « Black carbon research and future strategies », *Science in Action*, United States Environmental Protection Agency, [En ligne], [https://www.epa.gov/sites/default/files/2013-12/documents/black-carbon-fact-sheet_0.pdf].
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA) (2019a). *Basic Information about NO₂*, United States Environmental Protection Agency, [En ligne], [www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#Effects].
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA) (2019b). *Sulfur Dioxide Basics*, United States Environmental Protection Agency, [En ligne], [www.epa.gov/so2-pollution/sulfur-dioxide-basics#effects].
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA) (2019c). *Basic Information about Carbon Monoxide (CO) Outdoor Air Pollution*, United States Environmental Protection Agency, [En ligne], [www.epa.gov/co-pollution/basic-information-about-carbon-monoxide-co-outdoor-air-pollution#Effects].
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA) (2019d). *Ecosystem Effects of Ozone*, United States Environmental Protection Agency, [En ligne], [www.epa.gov/ozone-pollution/ecosystem-effects-ozone-pollution].

- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA) (2019e). *Health and Environmental Effects of Particulate Matter (PM)*, United States Environmental Protection Agency, [En ligne], [www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm].
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA) (2022f). *Particle Pollution Exposure*, United States Environmental Protection Agency, [En ligne], [<https://www.epa.gov/pmcourse/particle-pollution-exposure>].
- VILLE DE MONTRÉAL (2019a). *Réseau de surveillance de la qualité de l'air*, [En ligne], [www.rsqa.qc.ca].
- VILLE DE MONTRÉAL (2019b). *Air – Bilans annuels et données associées*, [En ligne], [<https://montreal.ca/sujets/qualite-de-lair>].
- ZOTTER, P., H. HERICH, M. GYSEL, I. EL-HADDAD, Y. ZHANG, G. MOČNIK, C. HÜGLIN, U. BALTENSPERGER, S. SZIDAT et A. S. H. PRÉVÔT (2017). « Evaluation of the absorption Ångström exponents for traffic and wood burning in the Aethalometer-based source apportionment using radiocarbon measurements of ambient aerosol », *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 17, n° 6, p. 4229-4249.

Annexe A1. Répartition des stations du Réseau de surveillance de la qualité de l'air au Québec, par régions administratives – 2019

Station		Mesure en continu									Mesure séquentielle					Latitude	Longitude	IQA ¹	
Numéro	Nom	O ₃	PM _{2,5}	NO	NO ₂	SO ₂	CO	H ₂ S	BC	PM _{10,1}	PST	PM ₁₀	PM _{2,5}	Dichot	Métaux	COV			
01 Bas-Saint-Laurent																			
01810	Auclair	x	x								x						47,7181	-68,7067	x
02 Saguenay–Lac-Saint-Jean																			
02016	Saguenay – Parc Powell	x				x						x					48,4342	-71,1850	x
02022	Saguenay – UQAC	x	x														48,4164	-71,0525	x
02202	Saguenay – La Baie										x						48,3400	-70,8817	
02610	Rés. faun. Ashuapmushuan – Pemonca	x	x														48,8097	-72,7389	x
03 Capitale-Nationale																			
03006	Québec – Vieux-Limoilou	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	46,8211	-71,2208	x
03011	Québec – Bibl. Monique-Corriveau										x						46,7700	-71,2945	
03020	Québec – Parc Victorin-Beaucage										x						46,8133	-71,2667	
03021	Québec – École Les Primevères	x	x	x	x												46,7742	-71,3697	x
03028	Québec – Collège Saint-Charles-Garnier	x	x	x	x						x						46,7947	-71,2464	x
03052	Québec – Henri IV	x	x	x	x	x	x												
03200	Deschambault	x	x														46,6822	-71,9678	x
03701	Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	x															46,8378	-71,6217	x
03712	Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	x															47,0153	-70,8628	x
04 Mauricie																			
04021	Trois-Rivières – École MEES	x	x			x		x									46,3571	-72,5462	x
04048	Trois-Rivières – Cap-de-la-Madeleine	x	x			x		x			x				x		46,3625	-72,5100	x
04052	Trois-Rivières – Rés. Louis-Denoncourt										x				x		46,3400	-72,5461	
04130	Shawinigan – Saint-Marc		x			x											46,5544	-72,7356	x
04740	Charette	x	x														46,4415	-72,8924	x
04750	Lac-Édouard	x	x								x						47,6347	-72,2903	x
05 Estrie																			
05018	Sherbrooke – Parc Cambron	x	x								x						45,4125	-71,8744	x
05209	Asbestos – École Sacré-Cœur										x						45,7783	-71,9383	
05810	La Patrie	x	x														45,3672	-71,2494	x

Répartition des stations du Réseau de surveillance de la qualité de l'air au Québec, par régions administratives – 2019 (suite)

Station Numéro Nom	Mesure en continu										Mesure séquentielle						Latitude	Longitude	IQA ¹
	O ₃	PM _{2,5}	NO	NO ₂	SO ₂	CO	H ₂ S	BC	PM _{0,1}	PST	PM ₁₀	PM _{2,5}	Dichot	Métaux	COV				
06 Montréal²																			
06003	Montréal – Saint-Jean-Baptiste	x	x	x	x	x					x	x			x	x	45,6410	-73,4997	x
06006	Montréal – Anjou										x	x	x				45,6028	-73,5589	
06028	Montréal – Échangeur Décarie	x	x	x	x												45,5026	-73,6639	x
06030	Montréal – Caserne 17	x	x	x	x												45,5934	-73,6373	x
06031	Montréal – Saint-Dominique	x	x	x	x	x	x									x	45,5122	-73,5668	x
06054	Montréal – Hochelaga-Maisonneuve		x													x	45,5399	-73,5404	x
06055	Montréal – Rivière-des-Prairies	x	x	x	x							x	x	x	x		45,6517	-73,5738	x
06066	Montréal – Aéroport de Montréal 1	x	x	x	x											x	45,4683	-73,7412	x
06081	Montréal – Saint-Joseph	x	x	x	x	x				x	x	x				x	45,5427	-73,5718	x
06099	Montréal – Sainte-Anne-de-Bellevue	x	x	x	x	x				x	x						45,4265	-73,9289	x
06103	Montréal – York/Roberval	x	x	x	x												45,464611	-73,5826	x
07 Outaouais																			
07002	Gatineau – Hull	x	x	x	x	x	x			x							45,4361	-75,7233	x
07400	Parc de la Gatineau – La Pêche	x	x							x							45,6222	-76,0178	x
08 Abitibi-Témiscamingue																			
08006	Rouyn-Noranda – 250, 6 ^e Rue									x				x			48,2494	-79,0136	
08042	Rouyn-Noranda – Parc Tremblay	x	x			x											48,2344	-78,9833	x
08044	Rouyn-Noranda – Mgr Rhéaume Est					x											48,2358	-79,0203	x
08045	Rouyn-Noranda – École Murdoch									x				x			48,2456	-79,0150	
08049	Rouyn-Noranda – Centre polymétier									x				x			48,2444	-79,0239	
08401	Témiscaming	x	x			x											46,7167	-79,1000	x
08450	Senneterre	x	x														48,4317	-77,1967	x
09 Côte-Nord																			
09350	Forestville – Route 385									x							48,8553	-69,0987	
10 Nord-du-Québec																			
10200	Radisson	x	x							x							53,6921	-77,7407	
12 Chaudière-Appalaches																			
03062	Lévis – Parc George-Maranda	x	x	x	x	x											46,8065	-71,1713	x
03123	Thetford Mines – École Saint-Noël									x							46,1036	-71,2867	
03720	Notre-Dame-du-Rosaire	x	x							x							46,8492	-70,4539	x
03730	Saint-Hilaire-de-Dorset	x	x							x							45,8172	-70,8556	x

Répartition des stations du Réseau de surveillance de la qualité de l'air au Québec, par régions administratives – 2019 (suite)

Station Numéro Nom	Mesure en continu										Mesure séquentielle						Latitude	Longitude	IQA ¹
	O ₃	PM _{2,5}	NO	NO ₂	SO ₂	CO	H ₂ S	BC	PM _{0,1}	PST	PM ₁₀	PM _{2,5}	Dichot	Métaux	COV				
13 Laval																			
06205 Laval – Chomedey	x	x	x	x		x										45,5475	-73,7469	x	
14 Lanaudière																			
06300 Terrebonne – Parc Vaillant	x	x	x	x							x					45,7048	-73,6578	x	
06355 Joliette – Graymont										x				x		46,0111	-73,4544		
15 Laurentides																			
06329 Saint-Jérôme – Rés. Marie-Lucie										x				x		45,7764	-74,0094		
06501 Saint-Faustin – Lac-Carré	x	x								x						46,0350	-74,4808	x	
07200 Mont-Saint-Michel	x	x								x						46,7687	-75,4326	x	
16 Montérégie																			
06600 Longueuil	x	x	x	x												45,5217	-73,4875	x	
06603 Brossard – Parc Sorbonne	x	x	x	x	x										x	45,4487	-73,4808	x	
06620 Saint-Jean-sur-Richelieu – L'Acadie	x	x	x	x							x					45,2942	-73,3489	x	
06641 Saint-Simon	x	x								x						45,7155	-72,8404	x	
06678 Saint-Joseph-de-Sorel – École Martel						x										46,0450	-73,1297	x	
06804 Saint-Anicet	x	x	x	x	x	x					x	x	x	x	x	45,1206	-74,2894	x	
17 Centre-du-Québec																			
04202 Drummondville – Cormier	x	x	x	x												45,8852	-72,5094		
04504 Bécancour		x			x						x					46,3486	-72,4319	x	
04711 Saint-Zéphirin-de-Courval	x	x														46,0423	-72,6601	x	
04730 Tingwick	x	x														45,9058	-71,9489	x	

Nombre de stations par paramètre	47	48	23	23	20	10	2	3	2	30	6	7	3	10	10
Nombre total de stations	66														

¹ IQA : station utilisée pour l'indice de la qualité de l'air.

² Réseau exploité par la Ville de Montréal.

Annexe A2. Statistiques annuelles du carbone noir – 2019*

Type	Numéro – Nom de station	Concentration moyenne	n ¹	Écart type	Min.	Centiles								Max.
						10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	95 ^e	98 ^e	99 ^e	
BC _{bb}	03021 – Québec – École Les Primevères	0,28	8 601	0,39	0	0,03	0,06	0,13	0,32	0,70	1,03	1,51	1,93	4,50
	03028 – Québec – Collège Saint-Charles-Garnier	0,21	8 403	0,29	0	0,04	0,06	0,11	0,25	0,47	0,69	1,09	1,47	5,83
	03052 – Québec – Henri IV	0,30	7 404	0,37	0	0,05	0,10	0,18	0,35	0,63	0,94	1,45	1,87	4,59
BC _{ff}	03021 – Québec – École Les Primevères	0,12	8 629	0,16	0	0,00	0,02	0,07	0,16	0,30	0,43	0,62	0,75	2,30
	03028 – Québec – Collège Saint-Charles-Garnier	0,16	8 429	0,19	0	0,02	0,05	0,09	0,20	0,35	0,49	0,69	0,92	3,06
	03052 – Québec – Henri IV	0,36	7 414	0,35	0	0,05	0,11	0,25	0,51	0,81	1,05	1,38	1,59	3,19
BC _{tot} ²	03021 – Québec – École Les Primevères	0,40	8 631	0,46	0	0,06	0,12	0,25	0,49	0,92	1,29	1,83	2,23	4,58
	03028 – Québec – Collège Saint-Charles-Garnier	0,36	8 429	0,39	0	0,08	0,13	0,24	0,44	0,79	1,10	1,56	1,92	5,86
	03052 – Québec – Henri IV	0,65	7 414	0,58	0,01	0,13	0,25	0,50	0,88	1,37	1,75	2,31	2,74	6,84

*Notes : Les concentrations du tableau sont exprimées en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

1. n : nombre de mesures quotidiennes; Min. : concentration minimale; 10^e, 25^e, 75^e, 90^e, 95^e, 98^e et 99^e : centiles des concentrations quotidiennes; Max. : concentration maximale.
2. Concentration basée sur la mesure de la longueur d'onde à 880 nm.

Annexe A3. Statistiques annuelles de dioxyde d'azote – 2019*

Numéro – Nom de station	Concentration moyenne	n ¹	Écart type	Min.	Centiles									Max.	Dépassements RAA ² (n)		
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	95 ^e	98 ^e	99 ^e	1 h (220 ppb)		24 h (111 ppb)	1 an (55 ppb)	
03006 – Québec – Vieux-Limoilou	8,34	8 650	7,57	0,17	1,51	2,84	6,27	11,21	17,53	22,98	31,70	37,75	53,58				
03021 – Québec – École Les Primevères	5,04	8 631	5,26	0,00	0,73	1,58	3,31	6,48	11,54	16,07	21,93	25,48	44,64				
03028 – Québec – Collège Saint-Charles-Garnier	5,68	8 590	5,78	0,00	1,09	1,94	3,70	7,22	12,75	17,85	24,25	27,89	44,16				
03052 – Québec – Henri IV	8,27	8 651	7,25	0,13	2,08	3,45	6,17	10,53	16,65	22,77	32,17	37,88	53,69				
03062 – Lévis – Parc Georges-Maranda	4,84	8 609	4,61	0,01	1,08	1,81	3,39	6,18	10,44	14,29	19,07	22,78	42,94				
06003 – Montréal – Saint-Jean-Baptiste	8,24	8 598	6,79	0,18	2,06	3,60	6,18	10,73	17,31	22,22	28,14	33,81	59,56				
06028 – Montréal – Échangeur Décarie	13,05	8 662	8,63	0,15	4,14	6,56	11,08	17,38	24,95	30,11	36,76	41,65	60,08				
06030 – Montréal – Caserne 17	9,11	8 679	7,11	0,17	2,89	4,27	6,85	11,58	18,58	23,91	30,58	35,33	54,94				
06031 – Montréal – Saint-Dominique	11,16	8 342	7,33	0,90	3,99	5,88	9,28	14,35	20,85	25,78	31,90	37,08	56,43				
06055 – Montréal – Rivière-des-Prairies	5,89	8 597	6,36	0,00	0,71	1,76	3,82	7,74	13,67	18,89	25,98	30,66	50,49				
06066 – Montréal – Aéroport de Montréal 1	9,38	8 348	8,29	0,28	1,88	3,49	6,69	12,64	20,66	26,43	33,58	37,96	116,75				
06081 – Montréal – Saint-Joseph	9,24	8 633	7,20	0,00	2,35	4,17	7,37	12,25	18,78	23,88	29,89	34,18	52,16				
06099 – Montréal – Sainte-Anne-de-Bellevue	5,00	8 555	5,55	0,00	0,38	1,22	3,25	6,68	11,92	16,11	21,45	26,17	46,23				
06103 – Montréal – York/Roberval	10,57	8 537	8,06	0,94	2,99	4,72	8,08	14,17	21,69	27,22	33,21	37,93	66,87				
06205 – Laval – Chomedey	6,82	8 474	6,85	0,05	1,11	2,12	4,50	9,03	15,64	21,21	28,02	32,50	56,18				
06300 – Terrebonne – Parc Vaillant	4,82	8 383	5,07	0,03	0,74	1,46	3,16	6,18	11,11	15,58	20,79	24,42	43,08				
06600 – Longueuil	7,45	8 741	6,48	0,13	1,93	3,09	5,38	9,47	15,90	20,57	27,13	31,71	48,98				
06603 – Brossard – Parc Sorbonne	5,43	8 076	5,49	0,01	1,24	2,07	3,66	6,71	11,59	15,77	22,71	27,51	60,20				
06620 – Saint-Jean-sur-Richelieu – L'Acadie	3,13	8 725	3,11	0,05	0,76	1,22	2,13	3,87	6,55	9,19	12,74	16,53	28,51				
06804 – Saint-Anicet	2,56	8 660	3,26	0,03	0,55	0,92	1,59	2,93	5,46	8,03	11,54	15,31	75,07				
07002 – Gatineau – Hull	5,33	8 744	5,72	0,13	0,91	1,62	3,40	6,80	12,36	17,03	23,69	29,22	43,13				

*Notes : Les concentrations du tableau sont exprimées en parties par milliard (ppb);

Les données des cinq années les plus récentes sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/telechargement.asp>;

Les données des stations de la Ville de Montréal depuis 1990 sont disponibles à l'adresse suivante : <https://donnees.montreal.ca/ville-de-montreal/rsqa-polluants-gazeux>.

1. n : nombre de mesures horaires; Min. : concentration minimale; 10^e, 25^e, 75^e, 90^e, 95^e, 98^e et 99^e : centiles des concentrations horaires; Max. : concentration maximale.
2. Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère : www.environnement.gouv.qc.ca/air/atmosphere/raa.htm.

Annexe A4. Statistiques annuelles de monoxyde d'azote – 2019*

Numéro – Nom de station	Concentration moyenne	n ¹	Écart type	Min.	Centiles									Max.
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	95 ^e	98 ^e	99 ^e		
03006 – Québec – Vieux-Limoilou	3,18	8 650	6,02	0,02	0,18	0,40	1,05	3,28	8,18	13,22	21,20	29,40	131,69	
03021 – Québec – École Les Primevères	1,09	8 631	2,73	0,00	0,08	0,18	0,43	0,97	2,08	3,58	7,81	13,80	55,32	
03028 – Québec – Collège Saint-Charles-Garnier	1,25	8 590	3,34	0,02	0,08	0,14	0,35	0,98	2,59	5,06	10,37	15,82	74,56	
03052 – Québec – Henri IV	8,69	8 651	11,00	0,03	0,50	1,48	5,01	11,92	21,45	28,69	40,47	52,07	198,02	
03062 – Lévis – Parc Georges-Maranda	0,89	8 609	1,86	0,00	0,05	0,10	0,32	0,89	2,08	3,43	6,22	8,78	34,71	
06003 – Montréal – Saint-Jean-Baptiste	2,01	8 598	4,46	0,00	0,05	0,21	0,69	1,94	4,71	7,83	14,44	22,12	90,71	
06028 – Montréal – Échangeur Décarie	9,20	8 662	13,75	0,00	0,58	1,58	3,99	11,14	23,91	34,68	52,22	66,86	171,14	
06030 – Montréal – Caserne 17	3,94	8 679	6,25	0,00	0,30	0,83	1,97	4,28	9,33	14,54	23,34	32,98	88,26	
06031 – Montréal – Saint-Dominique	3,43	8 342	6,93	0,00	0,26	0,72	1,64	3,61	7,13	11,31	20,97	31,56	174,49	
06055 – Montréal – Rivière-des-Prairies	1,12	8 597	3,89	0,00	0,00	0,00	0,02	0,56	2,41	5,32	12,72	18,48	76,60	
06066 – Montréal – Aéroport de Montréal 1	3,08	8 348	7,62	0,00	0,00	0,26	0,90	2,55	6,83	12,66	25,69	38,93	126,85	
06081 – Montréal – Saint-Joseph	3,60	8 633	6,34	0,00	0,02	0,34	1,34	4,11	9,82	14,68	21,39	28,85	108,47	
06099 – Montréal – Sainte-Anne-de-Bellevue	0,70	8 555	2,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	1,50	3,41	7,55	12,25	76,84	
06103 – Montréal – York/Roberval	5,89	8 537	13,75	0,00	0,00	0,26	1,28	4,98	15,48	28,00	47,85	65,38	242,07	
06205 – Laval – Chomedey	1,45	8 474	4,51	0,00	0,07	0,14	0,35	0,94	2,83	5,89	12,92	22,30	103,29	
06300 – Terrebonne – Parc Vaillant	1,07	8 383	2,72	0,00	0,04	0,09	0,32	0,98	2,41	4,02	8,17	13,24	63,16	
06600 – Longueuil	1,88	8 741	5,21	0,01	0,07	0,16	0,49	1,49	4,10	7,67	15,05	23,72	127,11	
06603 – Brossard – Parc Sorbonne	1,14	8 076	4,62	0,00	0,04	0,08	0,23	0,72	2,19	4,19	9,06	15,92	158,51	
06620 – Saint-Jean-sur-Richelieu – L'Acadie	0,64	8 725	2,25	0,01	0,04	0,06	0,15	0,46	1,20	2,27	4,94	8,28	52,08	
06804 – Saint-Anicet	0,53	8 660	1,66	0,00	0,03	0,05	0,10	0,31	0,98	2,20	5,98	8,76	26,88	
07002 – Gatineau – Hull	1,18	8 744	3,38	0,01	0,05	0,11	0,32	0,90	2,30	4,50	10,24	15,66	58,58	

*Notes : Les concentrations du tableau sont exprimées en parties par milliard (ppb);

Les données des cinq années les plus récentes sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/telechargement.asp>;

Les données des stations de la Ville de Montréal depuis 1990 sont disponibles à l'adresse suivante : <https://donnees.montreal.ca/ville-de-montreal/rsqa-polluants-gazeux>.

1. n : nombre de mesures horaires; Min. : concentration minimale; 10^e, 25^e, 75^e, 90^e, 95^e, 98^e et 99^e : centiles des concentrations horaires; Max. : concentration maximale.

Annexe A5. Statistiques annuelles de dioxyde de soufre – 2019*

Numéro – Nom de station	Concentration moyenne	n ¹	Écart type	Min.	Centiles									Max.	Dépassements RAA ² (n)		
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	95 ^e	98 ^e	99 ^e	4 min (400 ppb)		24 h (110 ppb)	1 an (20 ppb)	
02016 – Saguenay – Parc Powell	5,53	8 658	12,01	0,01	0,11	0,17	0,60	3,39	18,83	33,70	49,90	57,64	95,38				
03006 – Québec – Vieux-Limoilou	0,31	8 719	0,45	0,00	0,04	0,09	0,17	0,36	0,69	0,99	1,51	1,97	9,24				
03052 – Québec – Henri IV	0,19	8 753	0,42	0,00	0,02	0,04	0,09	0,22	0,43	0,63	0,96	1,28	21,90				
03062 – Lévis – Parc Georges-Maranda	0,26	8 633	0,52	0,00	0,03	0,05	0,13	0,29	0,59	0,85	1,36	1,96	20,95				
04021 – Trois-Rivières – École MEES	0,24	7 337	0,36	0,01	0,05	0,07	0,11	0,26	0,56	0,89	1,37	1,83	4,60				
04048 – Trois-Rivières – Cap-de-la-Madeleine	0,31	8 707	0,82	0,00	0,03	0,05	0,11	0,27	0,64	1,15	2,08	3,08	19,48				
04130 – Shawinigan – Saint-Marc	0,15	8 743	0,28	0,00	0,02	0,03	0,06	0,15	0,35	0,62	1,01	1,51	4,21				
04504 – Bécancour	0,35	8 479	0,89	0,00	0,02	0,04	0,10	0,27	0,75	1,51	3,04	4,42	15,62				
06003 – Montréal – Saint-Jean-Baptiste	1,14	8 698	3,82	0,00	0,00	0,05	0,31	0,86	1,99	4,07	10,66	18,22	103,62				
06031 – Montréal – Saint-Dominique	0,28	8 548	0,59	0,00	0,00	0,05	0,11	0,25	0,65	1,17	2,13	3,01	10,13				
06081 – Montréal – Saint-Joseph	0,35	8 632	0,87	0,00	0,00	0,00	0,05	0,34	0,80	1,54	3,01	4,23	13,04				
06099 – Montréal – Sainte-Anne-de-Bellevue	0,23	8 686	0,57	0,00	0,00	0,00	0,05	0,21	0,59	1,14	1,87	2,56	13,04				
06603 – Brossard – Parc Sorbonne	0,21	7 917	0,38	0,00	0,02	0,05	0,10	0,21	0,45	0,74	1,24	1,69	9,79				
06678 – Saint-Joseph-de-Sorel – École Martel	2,01	8 680	10,23	0,02	0,10	0,15	0,28	0,63	1,93	5,53	22,51	43,18	292,41	11			
06804 – Saint-Anicet	0,29	8 669	0,97	0,00	0,01	0,03	0,07	0,19	0,53	1,06	2,57	4,34	18,66				
07002 – Gatineau – Hull	0,11	8 741	0,34	0,00	0,02	0,03	0,05	0,10	0,20	0,32	0,52	0,85	16,95				
08042 – Rouyn-Noranda – Parc Tremblay	1,80	8 737	7,10	0,00	0,06	0,09	0,15	0,31	1,90	9,53	26,27	39,05	124,68	5			
08044 – Rouyn-Noranda – Mgr Rhéaume Est	3,14	8 735	13,87	0,00	0,07	0,11	0,18	0,35	2,60	15,71	46,53	72,44	302,18	39			
08401 – Témiscaming	2,19	8 359	13,77	0,03	0,10	0,13	0,23	1,02	4,40	8,86	18,57	29,54	784,73	47			

*Notes : Les concentrations du tableau sont exprimées en parties par milliard (ppb);

Les données des cinq années les plus récentes sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/telechargement.asp>;

Les données des stations de la Ville de Montréal depuis 1990 sont disponibles à l'adresse suivante : <https://donnees.montreal.ca/ville-de-montreal/rsqa-polluants-gazeux>.

1. n : nombre de mesures horaires; Min. : concentration minimale; 10^e, 25^e, 75^e, 90^e, 95^e, 98^e et 99^e : centiles des concentrations horaires; Max. : concentration maximale.
2. Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère : www.environnement.gouv.qc.ca/air/atmosphere/raa.htm.

Annexe A6. Statistiques annuelles de monoxyde de carbone – 2019*

Numéro – Nom de station	Concentration moyenne	n ¹	Écart type	Min.	Centiles									Max.	Dépassements RAA ² (n)	
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	95 ^e	98 ^e	99 ^e	1 h (30 ppm)		8 h (13 ppm) ³	
03006 – Québec – Vieux-Limoilou	0,20	8 262	0,09	0,02	0,14	0,15	0,18	0,22	0,29	0,36	0,48	0,58	1,04			
03052 – Québec – Henri IV	0,41	8 385	0,25	0,11	0,15	0,19	0,35	0,55	0,74	0,87	1,04	1,19	1,88			
06028 – Montréal – Échangeur Décarie	0,25	8 733	0,09	0,09	0,16	0,18	0,23	0,29	0,36	0,42	0,51	0,58	1,53			
06030 – Montréal – Caserne 17	0,21	8 681	0,08	0,07	0,14	0,16	0,19	0,23	0,30	0,36	0,44	0,51	0,95			
06031 – Montréal – Saint-Dominique	0,21	8 734	0,06	0,08	0,15	0,17	0,19	0,23	0,28	0,31	0,37	0,43	1,21			
06055 – Montréal – Rivière-des-Prairies	0,19	8 619	0,07	0,08	0,13	0,14	0,17	0,21	0,26	0,31	0,38	0,43	0,92			
06066 – Montréal – Aéroport de Montréal	0,19	8 630	0,07	0,09	0,13	0,15	0,17	0,21	0,27	0,33	0,42	0,48	0,88			
06205 – Laval – Chomedey	0,20	7 854	0,08	0,09	0,14	0,15	0,18	0,22	0,29	0,35	0,46	0,53	1,21			
06804 – Saint-Anicet	0,15	8 237	0,03	0,07	0,11	0,13	0,14	0,16	0,19	0,21	0,24	0,27	0,50			
07002 – Gatineau – Hull	0,19	8 374	0,07	0,09	0,13	0,15	0,17	0,21	0,27	0,33	0,41	0,46	0,82			

*Notes : Les concentrations du tableau sont exprimées en parties par million (ppm);

Les données des cinq années les plus récentes sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/telechargement.asp>;

Les données des stations de la Ville de Montréal depuis 1990 sont disponibles à l'adresse suivante : <https://donnees.montreal.ca/ville-de-montreal/rsqa-polluants-gazeux>.

1. n : nombre de mesures horaires; Min. : concentration minimale; 10^e, 25^e, 75^e, 90^e, 95^e, 98^e et 99^e : centiles des concentrations horaires; Max. : concentration maximale.
2. Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère : www.environnement.gouv.qc.ca/air/atmosphere/raa.htm.
3. Moyenne mobile 8 heures.

Annexe A7. Statistiques annuelles d'ozone – 2019*

Numéro – Nom de station	Concentration moyenne	n ¹	Écart type	Min.	Centiles									Max.	Dépassements RAA ² (n)	
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	95 ^e	98 ^e	99 ^e	1 h (82 ppb)		8 h (65 ppb) ³	
01810 – Auclair	29,19	8 695	10,31	2,19	14,62	21,50	30,47	36,86	41,66	44,21	47,30	50,58	58,54			
02016 – Saguenay – Parc Powell	25,14	8 716	10,56	0,08	10,13	17,24	26,33	33,59	37,76	40,17	43,16	45,18	54,67			
02022 – Saguenay – UQAC	26,36	8 712	10,88	0,29	10,74	18,20	27,53	34,67	39,90	42,53	45,54	47,61	55,96			
02610 – Rés. faun. Ashuapmushuan-Pemouca	27,38	8 714	10,41	0,10	12,91	20,06	28,25	35,32	40,21	42,81	46,10	48,63	57,30			
03006 – Québec – Vieux-Limoilou	23,78	8 694	10,76	0,29	8,83	15,69	24,45	32,05	37,62	40,40	43,21	45,45	53,45			
03021 – Québec – École Les Primevères	24,65	8 701	11,57	0,05	8,29	15,71	25,25	33,82	39,18	42,36	45,44	47,71	56,87			
03028 – Québec – Collège Saint-Charles-Garnier	25,89	8 586	10,77	0,34	10,98	18,05	26,64	34,04	39,43	42,10	45,17	47,39	55,27			
03052 – Québec – Henri IV	22,91	8 582	10,67	0,02	7,55	14,95	23,59	31,35	36,41	38,67	41,73	43,69	54,41			
03062 – Lévis – Parc Georges-Maranda	27,28	8 638	10,24	0,56	13,33	19,97	27,90	34,93	39,99	42,88	45,93	48,02	55,83			
03200 – Deschambault	25,93	8 193	12,25	0,10	7,17	17,05	27,33	35,44	40,46	43,51	46,97	49,78	60,50			
03712 – Saint-François-de-l'Île-d'Orléans	30,09	8 673	9,61	1,41	17,15	22,89	30,80	37,37	41,99	44,54	47,85	51,00	58,64			
03720 – Notre-Dame-du-Rosaire	27,92	8 431	10,77	0,31	12,50	20,33	28,88	35,85	41,07	44,07	47,81	49,84	57,57			
03730 – Saint-Hilaire-de-Dorset	32,83	7 817	9,15	5,49	20,27	26,57	33,60	39,06	44,49	47,32	49,88	51,89	60,05			
04021 – Trois-Rivières – École MEES	26,68	8 185	11,12	0,38	11,23	18,69	27,51	34,92	40,35	43,30	46,61	50,14	67,55			
04048 – Trois-Rivières – Cap-de-la-Madeleine	26,53	8 562	10,59	0,00	11,87	18,79	27,18	34,42	39,86	42,73	46,30	48,62	63,88			
04711 – Saint-Zéphirin-de-Courval	27,94	8 311	10,82	0,29	12,69	20,20	28,78	35,94	41,45	44,27	47,82	50,00	64,74			
04730 – Tingwick	31,44	8 695	9,46	2,77	18,88	24,59	31,87	37,96	43,83	46,72	49,73	51,81	61,95			
04740 – Charette	26,93	8 253	11,71	0,05	10,35	17,85	27,67	35,94	41,59	44,78	48,25	50,66	64,71			
04750 – Lac-Édouard	25,36	8 681	12,45	0,01	7,16	16,12	26,58	35,14	40,75	43,84	47,00	49,51	61,84			
05018 – Sherbrooke – Parc Cambron	28,52	8 732	10,89	0,34	13,82	21,04	28,96	36,49	42,61	45,68	48,47	50,62	57,98			
05810 – La Patrie	30,74	8 618	10,41	1,97	15,86	23,98	31,92	38,01	43,61	46,59	49,50	51,02	59,46			
06003 – Montréal – Saint-Jean-Baptiste	24,88	8 652	11,10	0,00	9,75	17,23	25,19	32,43	39,64	43,05	46,21	48,48	69,41			
06028 – Montréal – Échangeur Décarie	20,70	8 694	10,34	0,07	5,91	13,26	21,12	28,20	34,03	37,46	40,41	42,75	58,64			
06030 – Montréal – Caserne 17	24,98	8 660	10,87	0,23	9,89	17,63	25,22	32,79	39,01	42,44	45,65	47,93	61,89			
06031 – Montréal – Saint-Dominique	23,72	8 696	10,40	0,03	9,61	16,60	23,90	31,01	37,26	40,49	43,83	46,55	60,68			
06055 – Montréal – Rivière-des-Prairies	26,12	8 637	11,09	0,10	10,74	18,42	26,48	34,34	40,44	43,59	46,53	48,87	59,89			

*Notes : Les concentrations du tableau sont exprimées en parties par milliard (ppb);

Les données des cinq années les plus récentes sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/telechargement.asp>;

Les données des stations de la Ville de Montréal depuis 1990 sont disponibles à l'adresse suivante : <https://donnees.montreal.ca/ville-de-montreal/rsqa-polluants-gazeux>,

n : nombre de mesures horaires; Min. : concentration minimale; 10^e, 25^e, 75^e, 90^e, 95^e, 98^e et 99^e : centiles des concentrations horaires; Max. : concentration maximale.

1. Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère : www.environnement.gouv.qc.ca/air/atmosphere/raa.htm.
2. Moyenne mobile 8 heures.

Statistiques annuelles d'ozone – 2019* (suite)

Numéro – Nom de station	Concentration moyenne	n ¹	Écart type	Min.	Centiles									Max.	Dépassements RAA ² (n)	
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	95 ^e	98 ^e	99 ^e	1 h (82 ppb)		8 h (65 ppb) ³	
06066 – Montréal – Aéroport de Montréal 1	25,26	8 668	11,19	0,00	9,59	17,86	25,65	33,39	39,26	42,80	46,45	49,21	60,80			
06081 – Montréal – Saint-Joseph	24,49	8 689	10,72	0,36	9,69	17,28	24,87	31,84	38,10	41,52	45,59	48,29	61,64			
06099 – Montréal – Sainte-Anne-de-Bellevue	27,61	8 227	11,02	0,00	12,20	20,49	27,78	35,92	41,48	44,74	48,01	50,02	59,27			
06103 – Montréal – York/Roberval	22,47	8 516	10,67	0,11	7,49	15,11	22,72	29,94	36,23	39,93	43,31	45,52	56,79			
06205 – Laval – Chomedey	25,66	8 418	10,98	0,10	10,53	18,02	26,09	33,73	39,62	43,15	46,33	48,28	61,28			
06300 – Terrebonne – Parc Vaillant	26,42	8 376	10,79	0,95	11,49	18,67	26,73	34,52	40,36	43,35	46,78	49,01	61,23			
06501 – Saint-Faustin-Lac-Carré	30,64	8 673	9,47	4,53	17,93	23,77	31,03	37,48	42,71	45,41	48,72	51,63	64,98			
06600 – Longueuil	26,09	8 134	11,05	0,00	10,97	18,78	26,68	33,69	40,03	43,65	48,06	50,96	65,98			
06603 – Brossard – Parc Sorbonne	26,92	7 994	10,72	0,33	12,23	20,00	27,37	34,68	40,30	43,43	46,54	48,86	71,76			
06620 – Saint-Jean-sur-Richelieu – L'Acadie	27,92	8 730	10,84	0,15	12,92	20,82	28,58	35,88	41,52	44,77	47,61	49,18	66,47			
06641 – Saint-Simon	26,65	8 220	11,61	0,15	10,51	18,22	27,07	35,59	41,67	44,66	47,66	49,16	65,30			
06804 – Saint-Anicet	27,81	8 349	12,15	0,00	10,06	19,69	29,09	36,77	42,65	45,97	49,46	51,10	56,11			
07002 – Gatineau – Hull	26,96	8 730	11,05	0,05	11,85	19,30	27,43	34,84	41,15	44,08	48,32	50,95	60,39			
07200 – Mont-Saint-Michel	25,47	8 261	12,56	0,44	7,03	16,06	26,24	35,29	41,54	45,26	47,89	49,56	56,63			
07400 – Parc de la Gatineau – La Pêche	27,90	8 044	11,45	0,06	11,21	20,48	29,11	36,05	41,73	44,97	48,54	51,16	60,50			
08042 – Rouyn-Noranda – Parc Tremblay	28,35	8 551	10,11	0,42	14,62	21,36	29,01	35,75	41,08	43,94	47,10	49,61	59,50			
08401 – Témiscaming	26,00	8 626	10,86	0,00	10,54	18,64	26,83	33,86	39,53	42,86	45,61	47,67	60,08			
08450 – Senneterre	28,01	8 699	10,86	0,09	12,77	20,78	29,11	36,09	41,77	44,15	46,70	48,23	58,12			
10200 – Radisson	28,18	8 670	8,85	0,98	16,30	21,33	28,89	34,65	39,28	42,21	44,98	47,82	54,55			

*Notes : Les concentrations du tableau sont exprimées en parties par milliard (ppb);

Les données des cinq années les plus récentes sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/telechargement.asp>;

Les données des stations de la Ville de Montréal depuis 1990 sont disponibles à l'adresse suivante : <https://donnees.montreal.ca/ville-de-montreal/rsqa-polluants-gazeux>.

1. n : nombre de mesures horaires; Min. : concentration minimale; 10^e, 25^e, 75^e, 90^e, 95^e, 98^e et 99^e : centiles des concentrations horaires; Max. : concentration maximale.
2. Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère : www.environnement.gouv.qc.ca/air/atmosphere/raa.htm.
3. Moyenne mobile 8 heures.

Annexe A8. Statistiques annuelles des particules fines – 2019*

Numéro – Nom de station	Concentration moyenne	n ¹	Écart type	Min	Centiles									Max.	Dépassements RAA ² (n) 24 h (30 µg/m ³)
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	95 ^e	98 ^e	99 ^e			
01810 – Auclair	3,93	8 68	2,80	0,0	1,3	2,2	3,39	4,70	6,88	8,75	11,7	15,4	32,81		
02022 – Saguenay - UQAC	5,80	8 74	4,43	0,1	2,1	3,2	4,67	6,85	10,5	14,2	19,3	24,1	49,41		
02610 – Rés. faun. Ashuapmushuan-Pemouca	4,04	8 51	3,00	0,0	1,0	2,0	4,00	5,00	7,00	9,00	12,0	14,0	47,00		
03006 – Québec – Vieux-Limoilou	7,65	8 74	5,46	0,6	3,1	4,2	6,21	9,18	13,3	18,1	25,1	29,3	62,25	3	
03021 – Québec – École Les Primevères	8,38	8 59	7,28	0,2	2,7	3,9	6,20	10,2	16,1	22,0	31,7	38,9	74,54	3	
03028 – Québec – Collège Saint-Charles-Garnier	6,71	8 59	5,33	0,2	2,6	3,7	5,30	7,87	11,9	16,0	22,9	28,2	138,6	2	
03052 – Québec – Henri IV	8,25	8 73	6,82	0,2	2,9	4,1	6,26	9,83	15,6	21,8	29,5	36,7	82,46	4	
03062 – Lévis – Parc Georges-Maranda	6,50	8 65	4,83	0,2	2,6	3,5	5,17	7,83	11,6	15,7	21,1	25,8	45,37		
03200 – Deschambault	5,50	7 35	3,89	0,1	1,7	3,0	4,55	6,89	10,0	12,7	17,0	19,2	40,02		
03720 – Notre-Dame-du-Rosaire	4,65	8 12	3,24	0,0	1,0	3,0	4,00	6,00	8,00	11,0	14,0	16,0	31,00		
03730 – Saint-Hilaire-de-Dorset	4,47	7 72	3,65	0,0	1,5	2,7	3,72	5,37	7,65	9,76	13,5	16,3	67,00	1	
04021 – Trois-Rivières – École MEES	6,64	8 55	5,02	0,2	2,5	3,5	5,20	8,03	12,4	16,5	21,9	26,2	57,25		
04048 – Trois-Rivières – Cap-de-la-Madeleine	8,26	8 74	7,11	0,2	2,9	4,0	6,15	10,0	15,8	21,0	28,3	36,0	89,60	1	
04130 – Shawinigan – Saint-Marc	7,37	8 53	5,94	0,0	2,0	4,0	6,00	9,00	14,0	18,0	24,0	29,0	78,00	1	
04504 – Bécancour	6,23	7 96	5,55	0,0	1,0	3,0	5,00	8,00	13,0	17,0	22,0	25,3	65,00		
04711 – Saint-Zéphirin-de-Courval	6,48	8 34	6,02	0,0	2,0	3,0	5,00	8,00	12,0	15,5	21,0	25,5	194,0	1	
04730 – Tingwick	4,91	8 18	4,49	0,0	0,0	2,0	4,00	7,00	9,78	12,0	15,0	18,0	65,00	1	
04740 – Charette	5,81	8 08	5,61	0,0	1,0	3,0	5,00	7,00	11,1	16,0	22,0	26,9	70,00	1	
04750 – Lac-Édouard	5,73	8 00	4,25	0,0	1,0	3,0	5,00	7,00	10,0	13,0	16,0	18,0	131,0		
05018 – Sherbrooke – Parc Cambron	7,60	8 63	5,50	0,3	3,1	4,2	5,98	9,19	14,1	18,0	23,1	28,3	70,34		
05810 – La Patrie	4,58	8 14	3,62	0,0	1,0	2,0	4,00	6,00	9,00	10,0	14,0	17,0	43,00		
06003 – Montréal – Saint-Jean-Baptiste	6,96	8 71	5,55	0,0	1,8	3,3	5,48	8,92	13,7	17,8	23,8	27,3	50,67		
06028 – Montréal – Échangeur Décarie	9,34	8 72	6,69	0,0	2,7	4,7	7,65	12,1	17,8	22,3	28,4	33,3	69,87		
06030 – Montréal – Caserne 17	7,71	8 62	6,34	0,0	2,0	3,6	6,12	9,72	15,3	19,7	25,5	30,6	136,8		
06031 – Montréal – Saint-Dominique	6,70	8 71	4,88	0,0	2,0	3,4	5,51	8,51	12,7	15,9	21,0	24,4	47,43		
06054 – Montréal – Hochelaga-Maisonneuve	7,94	8 12	5,83	0,2	2,6	4,0	6,45	10,0	15,1	18,9	24,1	28,0	97,72		
06055 – Montréal – Rivière-des-Prairies	6,82	8 68	5,62	0,0	1,7	3,1	5,37	8,63	13,4	17,4	23,2	27,5	79,63		

*Notes : Les concentrations du tableau sont exprimées en microgrammes par mètre cube (µg/m³);

Les données des cinq années les plus récentes sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/telechargement.asp>;

Les données des stations de la Ville de Montréal depuis 1990 sont disponibles à l'adresse suivante : <https://donnees.montreal.ca/ville-de-montreal/rsqa-polluants-gazeux>.

n : nombre de mesures horaires; Min. : concentration minimale; 10^e, 25^e, 75^e, 90^e, 95^e, 98^e et 99^e : centiles des concentrations horaires; Max. : concentration maximale.

1. Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère : www.environnement.gouv.qc.ca/air/atmosphere/raa.htm.

Statistiques annuelles des particules fines – 2019* (suite)

Numéro – Nom de station	Concentration moyenne	n ¹	Écart type	Min.	Centiles							Max.	Dépassements RAA ² (n) 24 h (30 µg/m ³)	
					10°	25°	Médiane	75°	90°	95°	98°			99°
06066 – Montréal – Aéroport de Montréal 1	6,40	8 583	5,35	0,00	1,71	2,84	4,94	8,12	12,94	16,99	23,22	27,49	47,41	
06081 – Montréal – Saint-Joseph	6,01	8 669	4,98	0,00	1,21	2,64	4,85	7,80	12,16	15,51	20,82	24,39	68,89	
06099 – Montréal – Sainte-Anne-de-Bellevue	5,64	8 591	4,88	0,00	1,15	2,31	4,47	7,17	11,57	15,23	20,31	25,07	48,72	
06103 – Montréal – York/Roberval	8,51	8 358	6,57	0,00	2,63	4,32	6,97	10,55	15,85	21,09	28,06	34,28	75,61	
06205 – Laval – Chomedey	7,65	8 488	5,69	0,46	3,17	4,25	6,03	8,87	14,45	18,45	25,45	29,80	122,83	
06300 – Terrebonne – Parc Vaillant	8,01	8 416	6,37	0,48	3,00	4,04	6,16	9,55	15,20	20,30	27,83	33,54	72,39	1
06501 – Saint-Faustin-Lac-Carré	4,95	8 408	3,21	0,00	2,00	3,00	4,00	6,00	9,00	10,00	14,00	17,00	32,00	
06600 – Longueuil	7,40	8 744	4,97	0,49	3,25	4,24	6,01	8,76	13,35	17,14	22,93	27,28	62,82	
06603 – Brossard – Parc Sorbonne	6,50	8 086	4,51	0,49	2,81	3,71	5,18	7,66	11,94	15,86	20,82	24,63	38,18	
06620 – Saint-Jean-sur-Richelieu – L'Acadie	6,69	8 418	4,15	0,00	3,00	4,00	6,00	8,00	11,00	15,00	19,00	21,63	72,00	
06641 – Saint-Simon	5,86	8 144	4,55	0,00	1,00	3,00	5,00	8,00	11,00	15,00	18,14	22,00	41,00	
06804 – Saint-Anicet	5,60	7 996	4,48	0,00	1,00	3,00	5,00	7,00	11,00	14,26	19,00	21,74	58,00	
07002 – Gatineau – Hull	7,18	7 856	5,10	0,00	2,07	4,00	6,00	9,00	13,47	17,00	22,00	26,00	39,00	
07200 – Mont-Saint-Michel	4,85	8 108	3,59	0,00	1,00	3,00	4,00	6,00	9,00	11,00	15,00	17,00	49,00	
07400 – Parc de la Gatineau – La Pêche	5,57	7 393	3,86	0,00	1,75	3,00	5,00	7,00	10,00	13,00	17,00	19,00	42,00	
08042 – Rouyn-Noranda – Parc Tremblay	6,00	8 530	7,01	0,00	1,60	3,00	5,00	7,00	10,00	15,00	24,76	34,00	173,02	
08401 – Témiscaming	9,15	8 354	9,37	0,05	2,34	3,52	5,77	11,39	20,07	27,16	37,73	45,24	110,70	2
08450 – Senneterre	4,19	8 547	4,01	0,00	0,64	2,00	3,46	6,00	8,00	10,00	14,00	19,00	73,00	
10200 – Radisson	3,26	7 877	2,80	0,00	0,55	1,13	2,57	5,00	7,00	8,00	10,00	11,64	35,87	

*Notes : Les concentrations du tableau sont exprimées en microgrammes par mètre cube (µg/m³);

Les données des cinq années les plus récentes sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/telechargement.asp>;

Les données des stations de la Ville de Montréal depuis 1990 sont disponibles à l'adresse suivante : <https://donnees.montreal.ca/ville-de-montreal/rsqa-polluants-gazeux>.

n : nombre de mesures horaires; Min. : concentration minimale; 10°, 25°, 75°, 90°, 95°, 98° et 99° : centiles des concentrations horaires; Max. : concentration maximale.

1. Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère : www.environnement.gouv.qc.ca/air/atmosphere/raa.htm.

Annexe A9. Statistiques annuelles des particules respirables – 2019*

Numéro – Nom de station	Concentration moyenne	n ¹	Écart type	Min.	Centiles								Max.
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	95 ^e	98 ^e	99 ^e	
02016 – Saguenay – Parc Powell	17	36	13	1	2	6	16	24	34	39	44	46	48
03006 – Québec – Vieux-Limoilou	18	170	11	1	6	11	15	25	31	36	41	59	81
04504 – Bécancour	6	54	5	1	1	2	6	10	12	16	18	18	18
06003 – Montréal – Saint-Jean-Baptiste	12	54	7	0	4	7	11	16	20	23	28	30	33
06006 – Montréal – Anjou	19	36	7	4	8	14	19	24	29	29	30	30	30
06081 – Montréal – Saint-Joseph	15	60	9	3	7	10	14	19	25	28	41	46	50
06099 – Montréal – Sainte-Anne-de-Bellevue	9	60	5	1	3	5	8	12	15	18	19	24	30

*Note : Les concentrations du tableau sont exprimées en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

1. n : nombre de mesures quotidiennes; Min. : concentration minimale; 10^e, 25^e, 75^e, 90^e, 95^e, 98^e et 99^e : centiles des concentrations quotidiennes; Max. : concentration maximale.

Annexe A10. Statistiques annuelles des particules en suspension totales – 2019*

Numéro – Nom de station	Concentration moyenne	n ¹	Écart type	Min.	Centiles									Max.	Dépassements RAA ² (n) 24 h (120 µg/m ³)
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	95 ^e	98 ^e	99 ^e			
01810 – Auclair	9,2	51	8,8	0,5	0,5	1	10	15	17	26	30	41	41		
02202 – Saguenay – La Baie	24,3	47	18,6	5	9	11	19	29	47	65	90	90	90		
03006 – Québec – Vieux-Limoilou	34,8	53	17,8	7,0	16	23	33	44	57	62	87	95	95		
03011 – Québec – Bibl. Monique-Corriveau	31,6	54	18,7	4,0	11	18	29	43	56	67	76	88	88		
03020 – Québec – Parc Victorin-Beaucage	34,9	57	24,9	1	6	19	30	43	72	87	88	137	137	1	
03028 – Québec – Collège Saint-Charles-Garnier	25,0	21	11,0	3	16	20	24	30	36	44	50	50	50		
03123 – Thetford Mines – École Saint-Noël	19,0	50	11,4	2	6	10	17	27	33	41	43	46	46		
03720 – Notre-Dame-du-Rosaire	6,8	46	5,3	0,5	2	3	5	10	16	16	18	18	18		
03730 – Saint-Hilaire-de-Dorset	7,5	45	6,8	0,5	0,5	1	6	11	17	20	29	29	29		
04048 – Trois-Rivières – Cap-de-la-Madeleine	22,6	54	12,9	1	8	13	20	30	41	46	47	63	63		
04052 – Trois-Rivières – Rés. Louis-Denoncourt	26,5	54	18,4	3	6	14	21	40	55	65	66	75	75		
04750 – Lac-Édouard	5,3	47	5,5	0,5	0,5	2	4	7	11	15	31	31	31		
05018 – Sherbrooke – Parc Cambron	22,8	59	17,0	3	7	11	16	29	53	62	67	76	76		
05209 – Asbestos – École Sacré-Cœur	9,9	17	8,0	0,5	1	5	10	12	18	34	34	34	34		
06003 – Montréal – Saint-Jean-Baptiste	32,4	57	16,3	13,8	14	16	20	27	42	51	58	86	89		
06006 – Montréal – Anjou	60,9	55	29,5	19,2	24	30	39	58	78	89	139	155	155	3	
06081 – Montréal – Saint-Joseph	40,6	58	24,3	14,2	17	19	24	34	51	62	71	126	151	2	
06099 – Montréal – Sainte-Anne-de-Bellevue	20,3	59	11,2	3,5	5	6	11	20	28	36	43	48	48		
06329 – Saint-Jérôme – Rés. Marie-Lucie	32,3	46	24,9	11	13	17	22	41	55	71	157	157	157	1	
06355 – Joliette – Graymont	38,0	52	26,4	4	13	21	34	44	69	79	83	161	161	1	
06501 – Saint-Faustin-Lac-Carré	8,0	46	10,2	0,5	0,5	1,0	4	12	21	33	41	41	41		
06641 – Saint-Simon	15,1	47	8,3	2	6	9	15	20	28	29	42	42	42		
07002 – Gatineau – Hull	28,6	48	14,7	1	14	17	23	43	47	59	62	62	62		
07200 – Mont-Saint-Michel	10,7	55	10,3	1	1	4	8	14	25	37	40	40	40		
07400 – Parc de la Gatineau – La Pêche	10,1	47	7,7	0,5	1,0	4	7	16	21	24	31	31	31		
08006 – Rouyn-Noranda – 250, 6 ^e Rue	32,8	112	39,9	0,5	4	10	20	44	83	114	127	139	301	4	
08045 – Rouyn-Noranda – École Murdoch	15,6	88	14,8	0,5	1	3	10	25	39	45	55	58	58		
08049 – Rouyn-Noranda – Centre polymétier	12,7	100	13,0	0,5	1	2	7	20	33	37	41	44	53		
09350 – Forestville – Route 385	5,0	1	0,0	5,0	5,0	5,0	5	5	5	5	5	5	5		
10200 – Radisson	4,9	57	4,4	0,5	1	1	5	7	10	16	17	19	19		

*Notes : Les concentrations du tableau sont exprimées en microgrammes par mètre cube (µg/m³);

Les données des cinq années les plus récentes sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/telechargement.asp>.

1. n : nombre de mesures quotidiennes; Min. : concentration minimale; 10^e, 25^e, 75^e, 90^e, 95^e, 98^e et 99^e : centiles des concentrations quotidiennes; Max. : concentration maximale.
2. Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère : www.environnement.gouv.qc.ca/air/atmosphere/raa.htm.

Annexe A11. Statistiques annuelles des particules ultrafines – 2019*

Numéro – Nom de station	Concentration moyenne	n ¹	Écart type	Min.	Centiles								Max.
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	95 ^e	98 ^e	99 ^e	
03006 – Québec – Collège-Saint-Charles-Garnier	5 796	7 901	4 475	0	1 783	2 783	4 650	7 500	11 083	14 117	18 900	22 417	50 900
03052 – Québec – Henri IV	17 713	7 418	16 547	217	3 717	6 517	12 667	23 667	37 700	48 024	66 649	80 622	191 017

*Note : Les concentrations du tableau sont exprimées en particules par centimètre cube (part./cm³).

1. n : nombre de mesures quotidiennes; Min. : concentration minimale; 10^e, 25^e, 75^e, 90^e, 95^e, 98^e et 99^e : centiles des concentrations quotidiennes; Max. : concentration maximale.

Annexe A12. Statistiques annuelles du sulfure d'hydrogène – 2019*

Numéro – Nom de station	Concentration moyenne	n ¹	Écart type	Min.	Centiles									Max.	Dépassements RAA ² (n)	
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	95 ^e	98 ^e	99 ^e	4 min (4,3 ppb)		1 an (1,44 ppb)	
04021 – Trois-Rivières – École MEES	0,21	8 608	0,14	0,00	0,09	0,12	0,18	0,26	0,37	0,46	0,58	0,68	4,48	-	10	
04048 – Trois-Rivières – Cap-de-la-Madeleine	0,46	8 723	0,76	0,00	0,10	0,14	0,22	0,42	1,02	1,63	2,67	3,60	14,50	-	1 294	

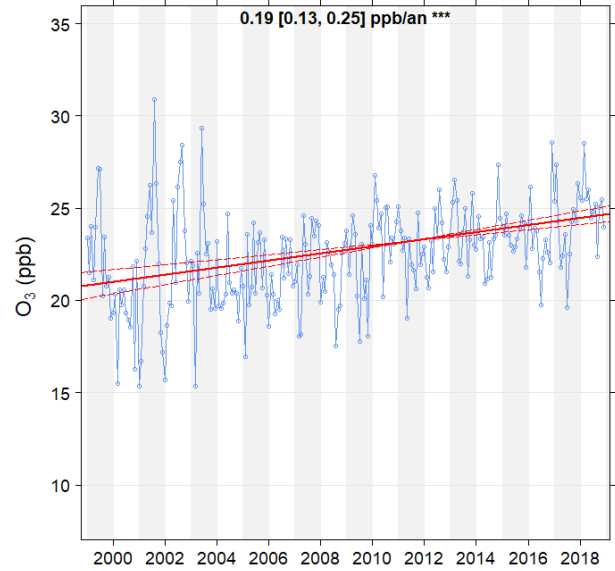
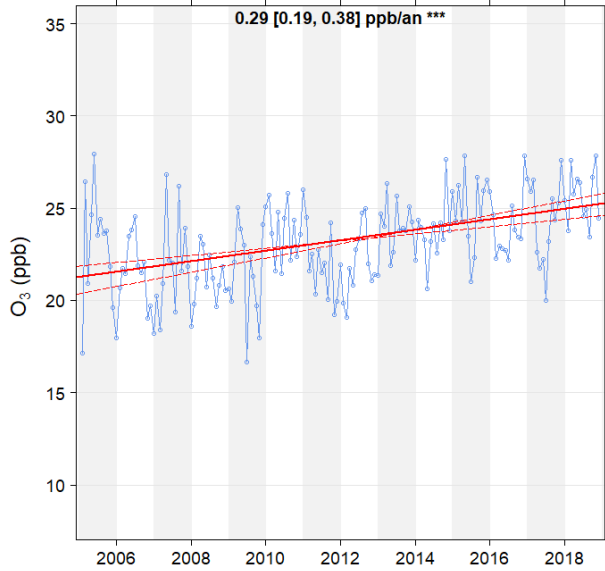
*Notes : Les concentrations du tableau sont exprimées en parties par milliard (ppb);

Les données des cinq années les plus récentes sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/telechargement.asp>.

1. n : nombre de mesures quotidiennes; Min. : concentration minimale; 10^e, 25^e, 75^e, 90^e, 95^e, 98^e et 99^e : centiles des concentrations quotidiennes; Max. : concentration maximale.
2. Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère : www.environnement.gouv.qc.ca/air/atmosphere/raa.htm.

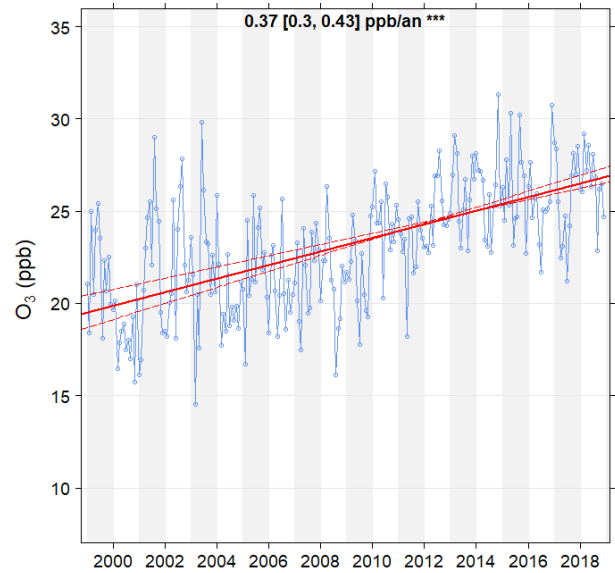
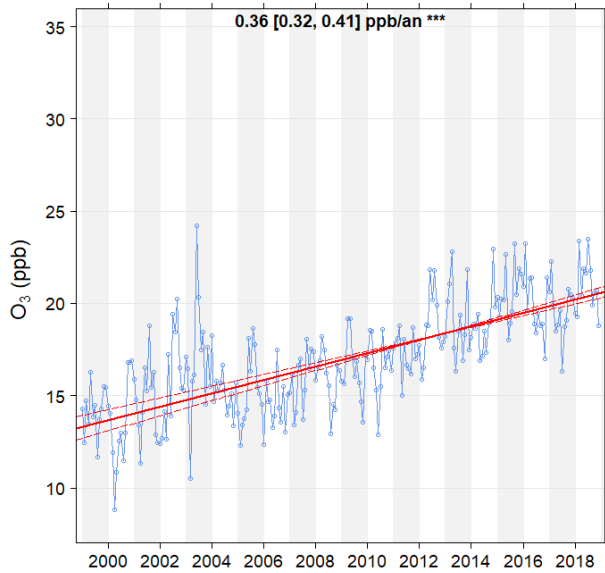
Annexe B1. Tendance de l'ozone (milieu urbain)

Tendance des moyennes mensuelles des concentrations d'ozone aux stations urbaines pour la période de 1999 à 2019



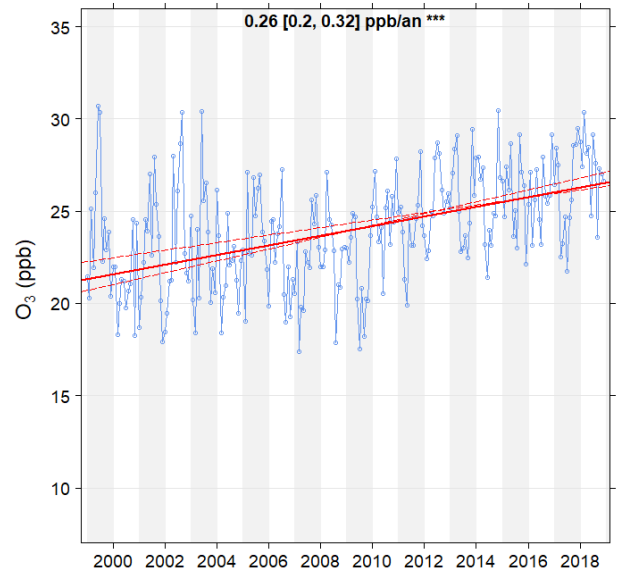
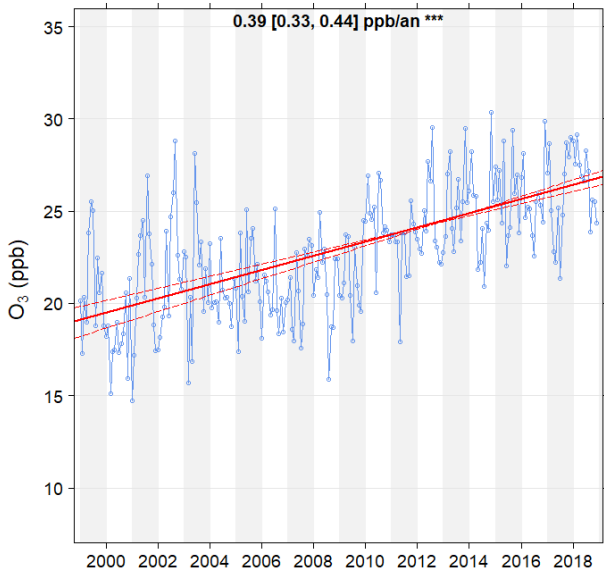
03021 – Québec – École Les Primevères

06003 – Montréal – Saint-Jean-Baptiste



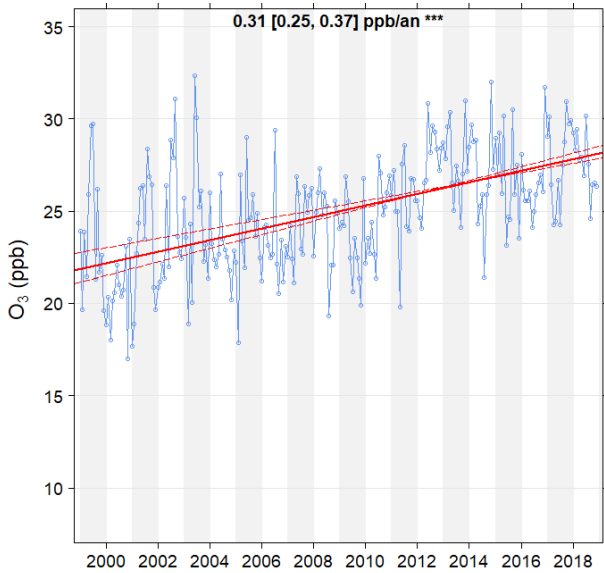
06028 – Montréal – Échangeur Décarie

06205 – Laval – Chomedey



06600 – Longueuil

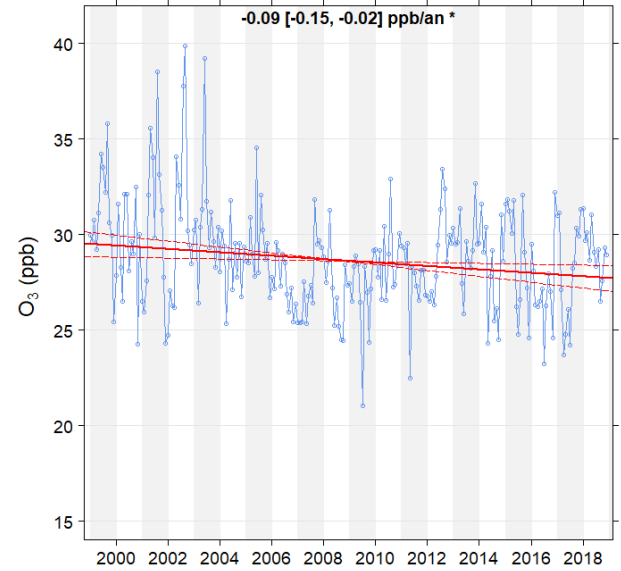
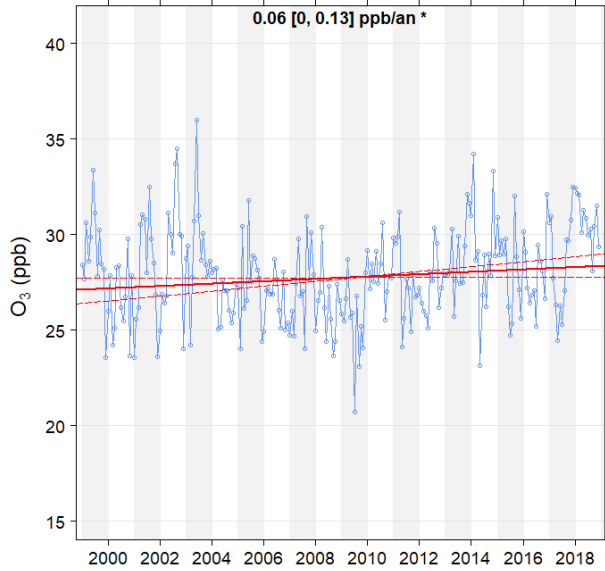
07002 – Gatineau – Hull



06760 – Brossard – Parc Océanie et 06603 – Brossard – Parc Sorbonne combinées

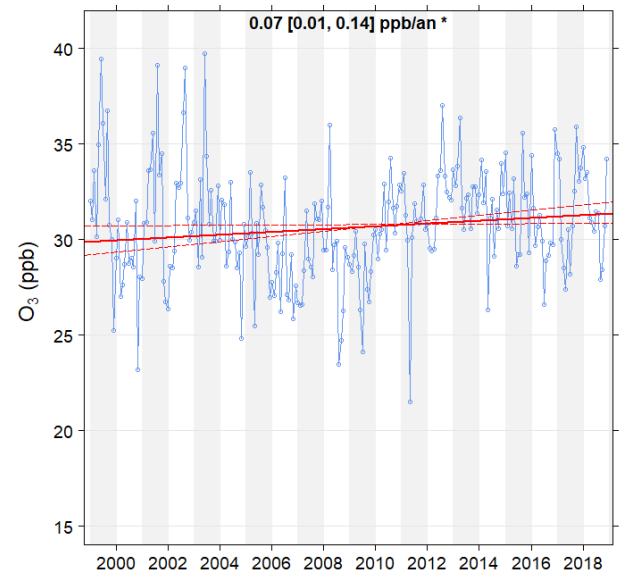
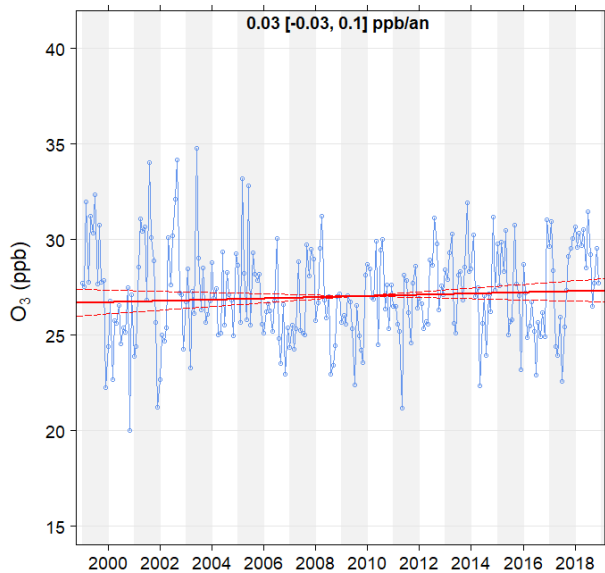
Annexe B2. Tendance de l'ozone (milieu rural et forestier)

Tendance des moyennes mensuelles des concentrations d'ozone aux stations rurales et forestières pour la période de 1999 à 2019



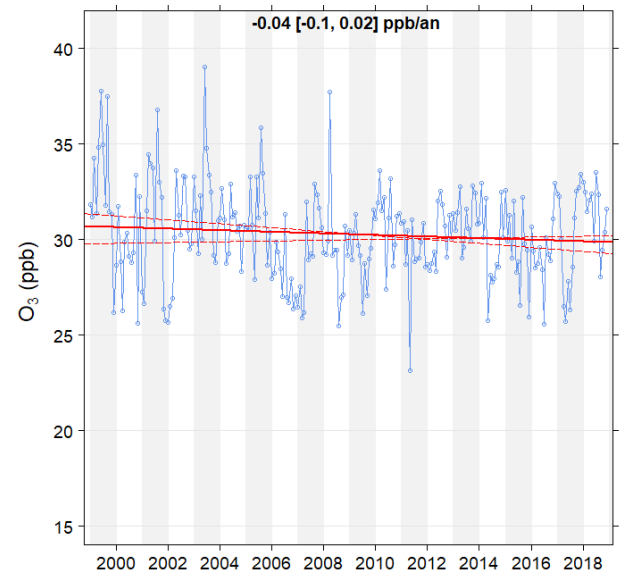
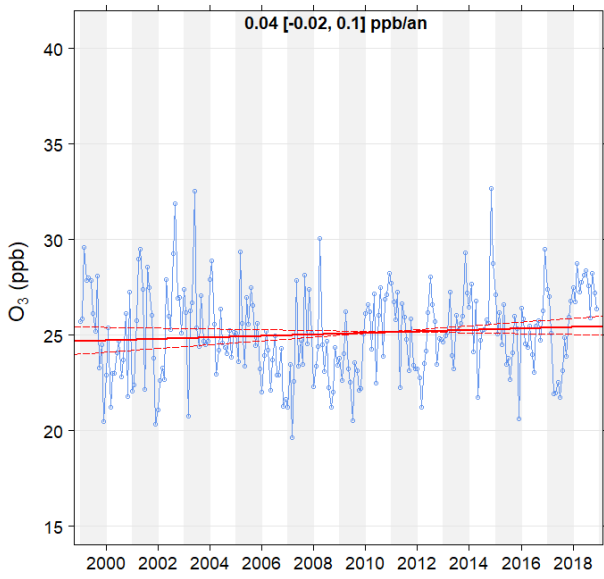
03712 – Saint-François-de-l'Île-d'Orléans

03720 – Notre-Dame-du-Rosaire



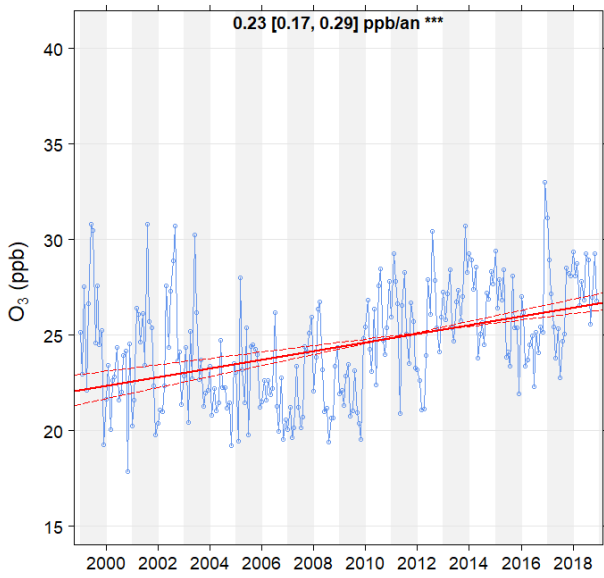
04711 – Saint-Zéphirin-de-Courval

04730 – Tingwick



04740 – Charette

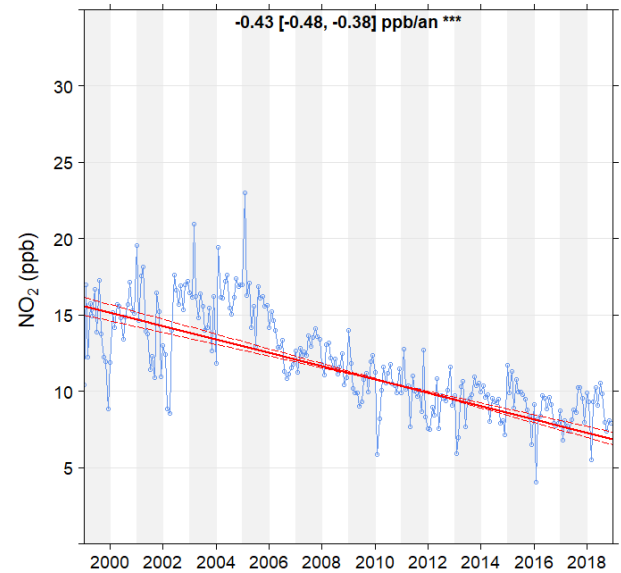
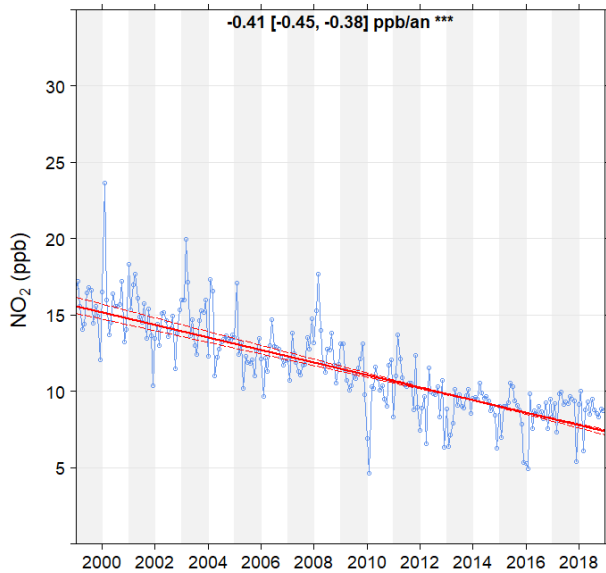
06501 – Saint-Faustin-Lac-Carré



6641 – Saint-Simon

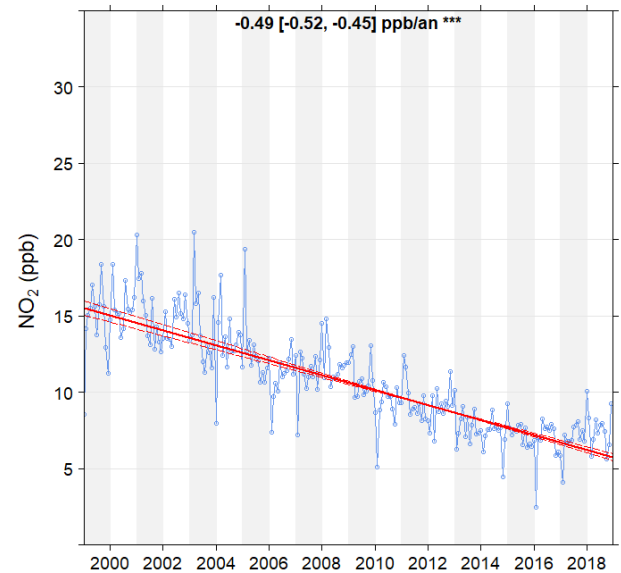
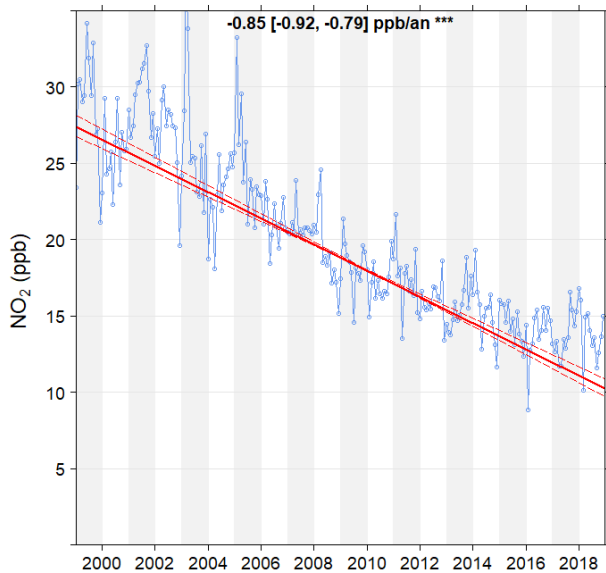
Annexe B3. Tendence du dioxyde d'azote (milieu urbain)

Tendance des moyennes mensuelles des concentrations de dioxyde d'azote aux stations urbaines pour la période de 1999 à 2019



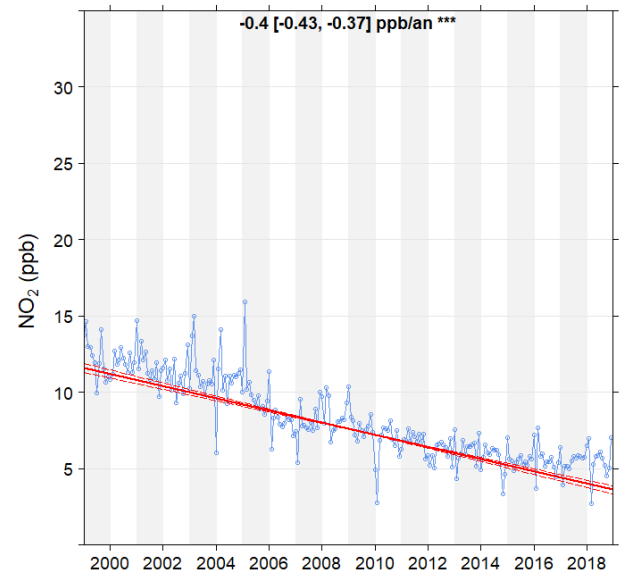
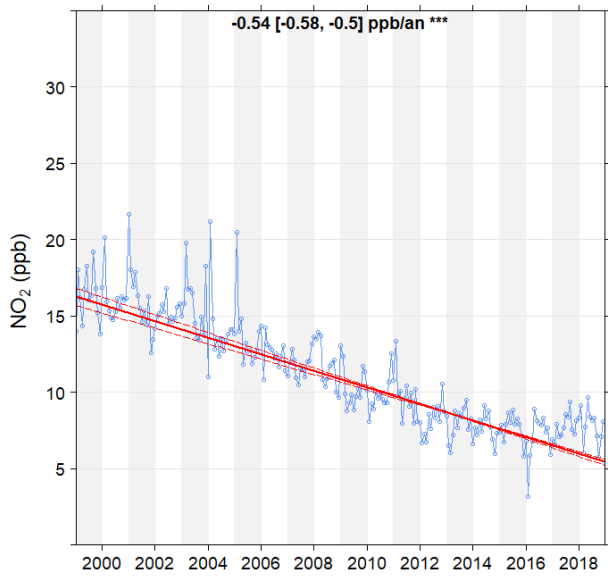
03006 – Québec – Vieux-Limoilou

06003 – Montréal – Saint-Jean-Baptiste



06028 – Échangeur Décarie

06205 – Laval – Chomedey

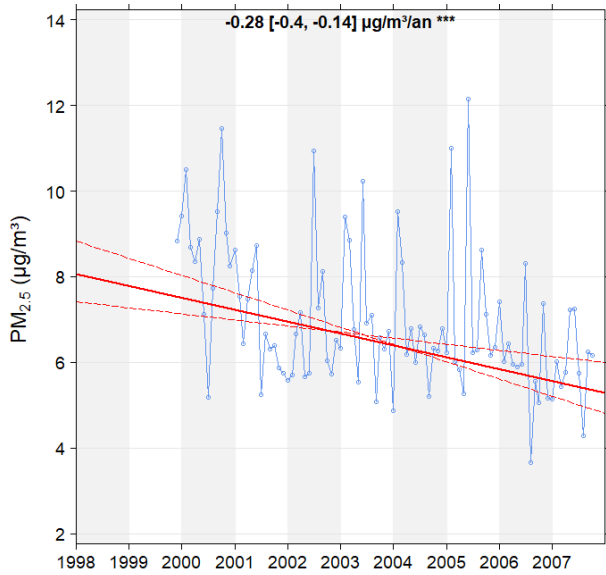


06600 – Longueuil

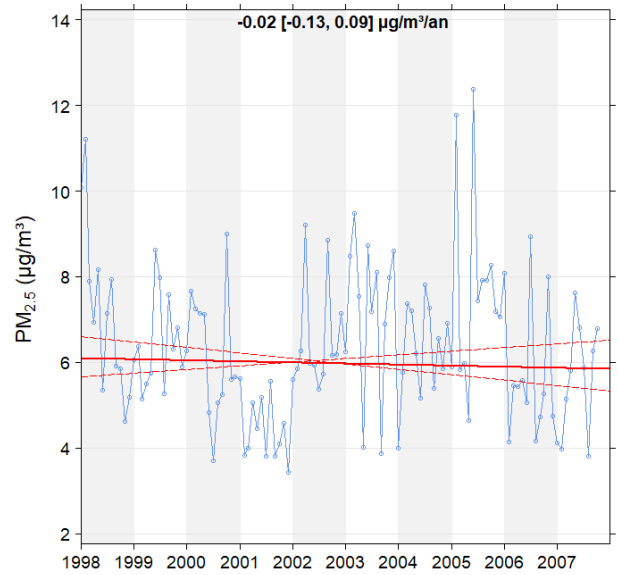
07002 – Gatineau – Hull

Annexe B4. Tendances des particules fines aux stations rurales mesurées par TEOM

Tendance des moyennes mensuelles des concentrations de particules fines aux stations rurales mesurées par TEOM pour la période de 1998 à 2007



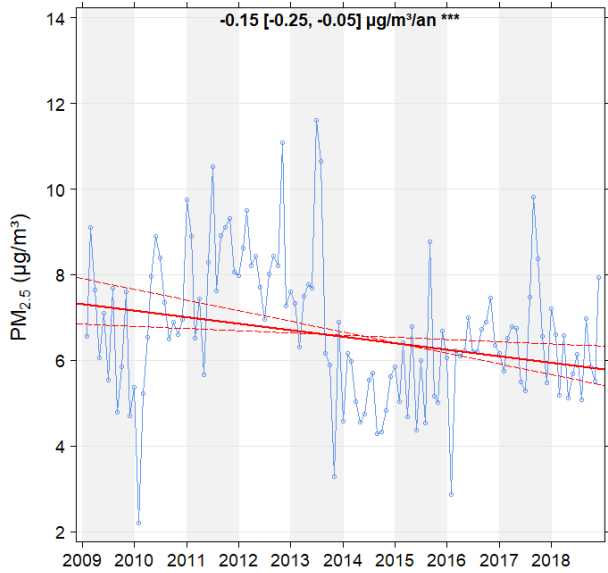
6620 – Saint-Jean-sur-Richelieu – L'Acadie



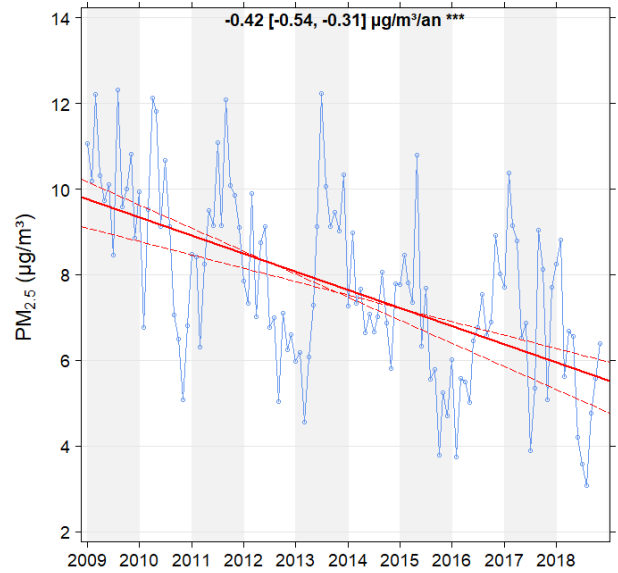
06804 – Saint-Anicet

Annexe B5. Tendances des particules fines aux stations rurales mesurées par BAM

Tendance des moyennes mensuelles des concentrations de particules fines aux stations rurales mesurées par BAM pour la période de 2009 à 2019



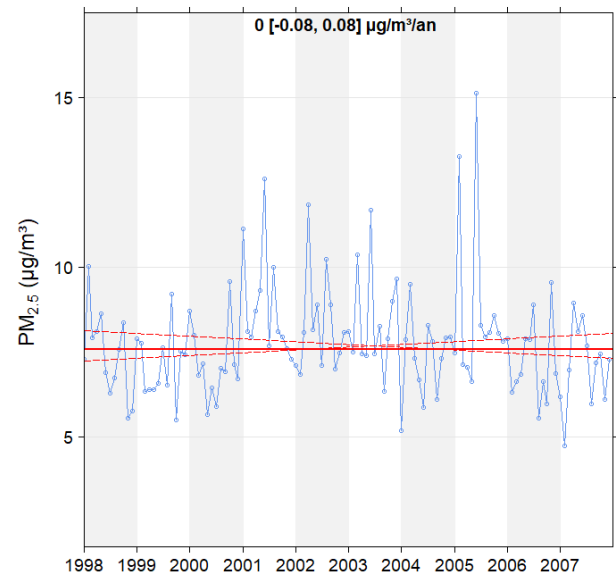
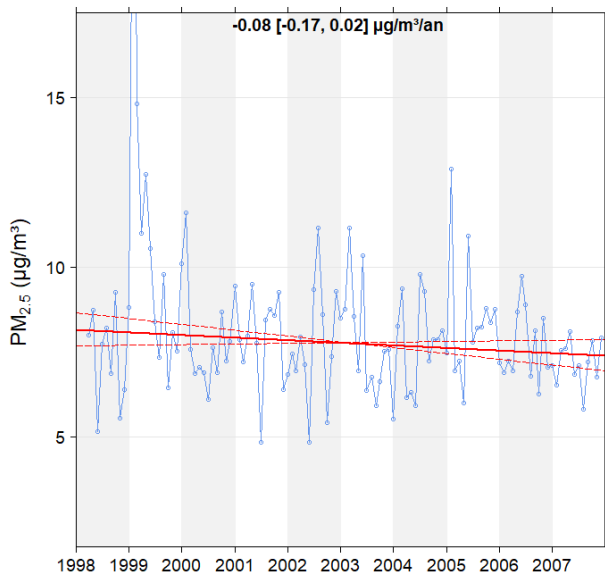
06620 – Saint-Jean-sur-Richelieu – L'Acadie



06804 – Saint-Anicet

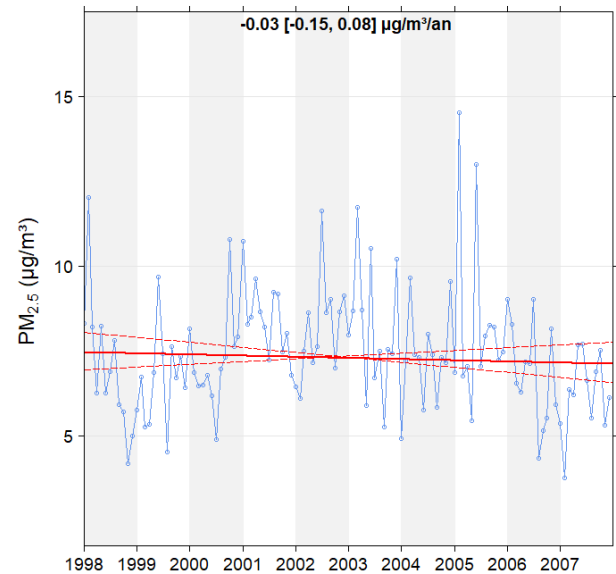
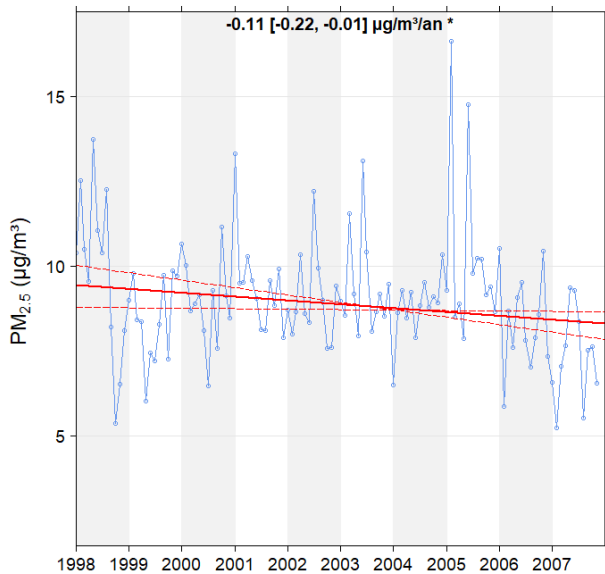
Annexe B6. Tendances des particules fines aux stations urbaines mesurées par TEOM

Tendance des moyennes mensuelles des concentrations de particules fines aux stations urbaines mesurées par TEOM pour la période de 1998 à 2007



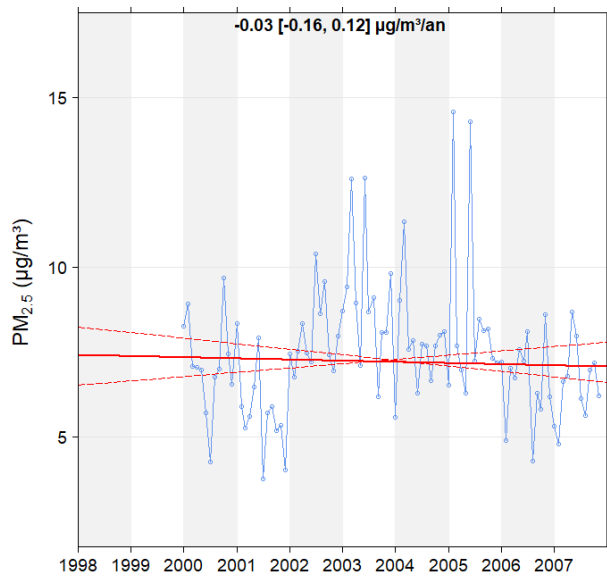
03006 – Québec – Vieux-Limoilou

04019 – Ursulines



06013 – Montréal – Drummond

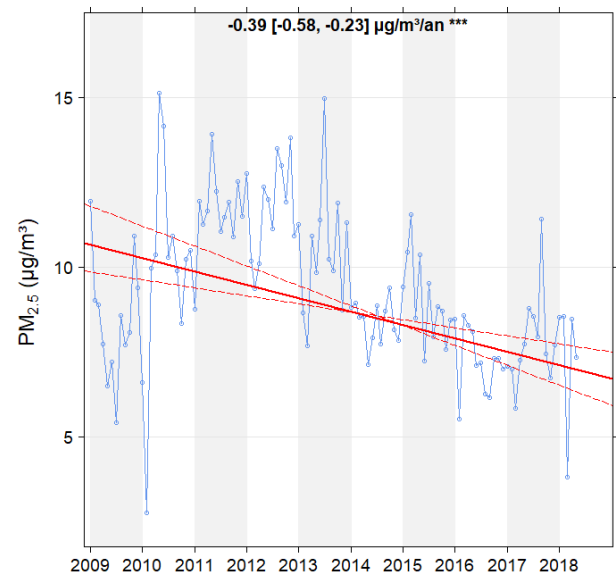
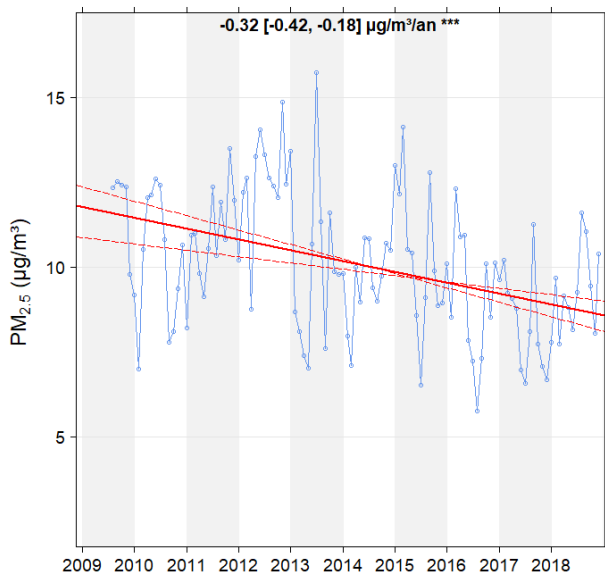
06099 – Montréal – Sainte-Anne-de-Bellevue



06500 – L'Assomption

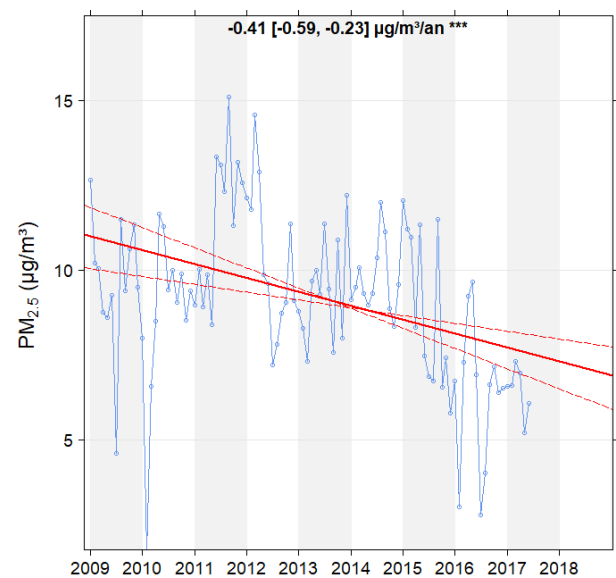
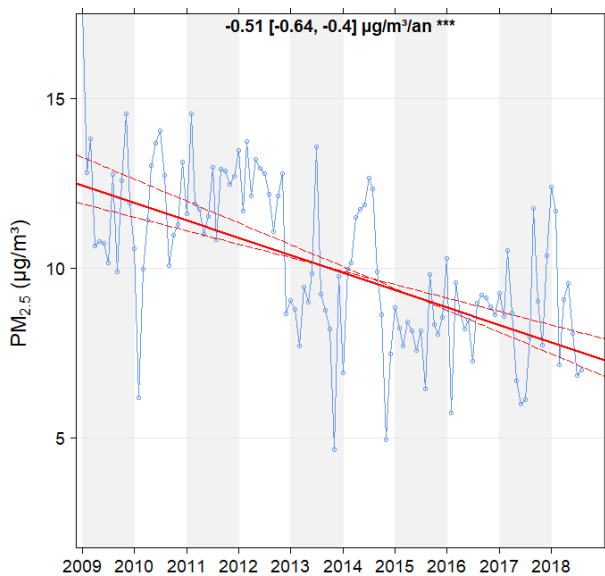
Annexe B7. Tendances des particules fines aux stations urbaines mesurées par BAM

Tendance des moyennes mensuelles des concentrations de particules fines aux stations urbaines mesurées par BAM pour la période de 2009 à 2019



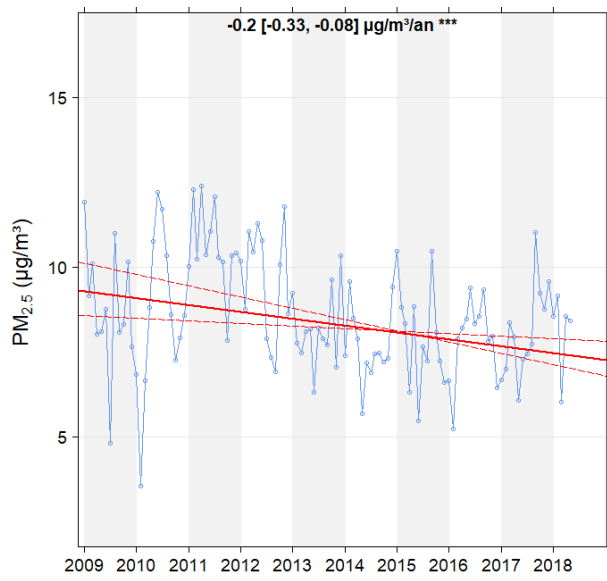
03006 – Québec – Vieux-Limoilou

04019 – Ursulines, 04020 – Des Draveurs et 04021 – Trois-Rivières – École MEES combinées



06205 – Laval – Chomedey

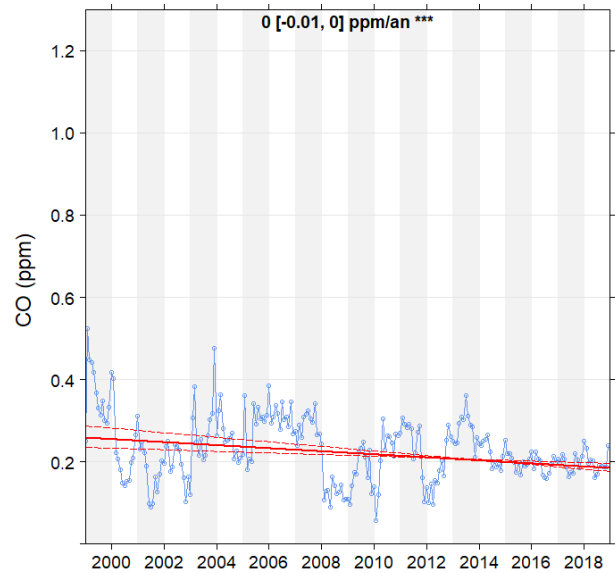
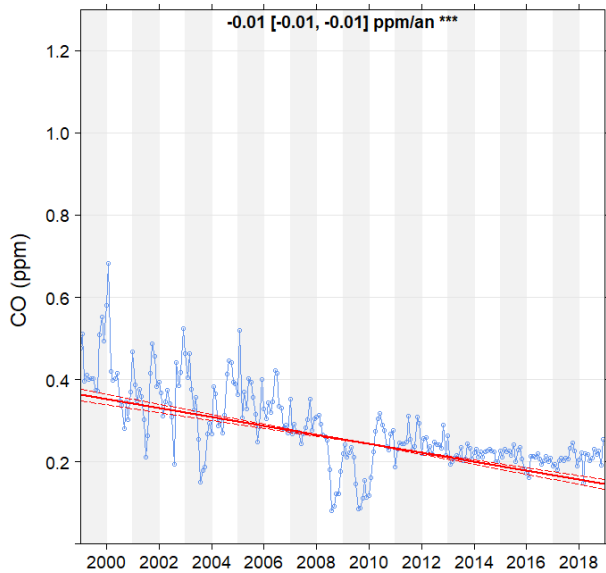
06500 – L'Assomption



06760 – Brossard – Parc Océanie et 06603 – Brossard – Parc Sorbonne combinées

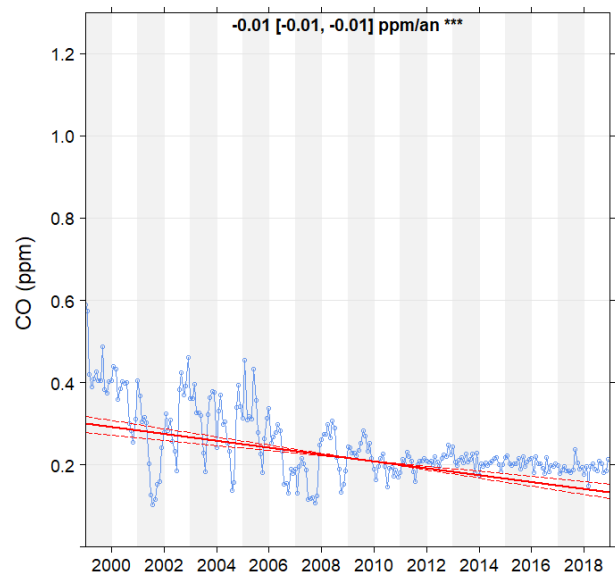
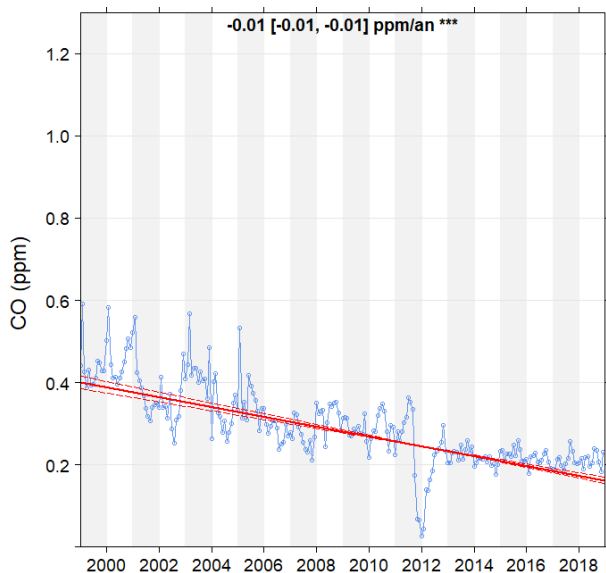
Annexe B8. Tendence du monoxyde de carbone (milieu urbain)

Tendance des moyennes mensuelles des concentrations de monoxyde de carbone aux stations urbaines pour la période de 1999 à 2019



03006 – Québec – Vieux-Limoilou

06066 – Montréal – Aéroport de Montréal 1

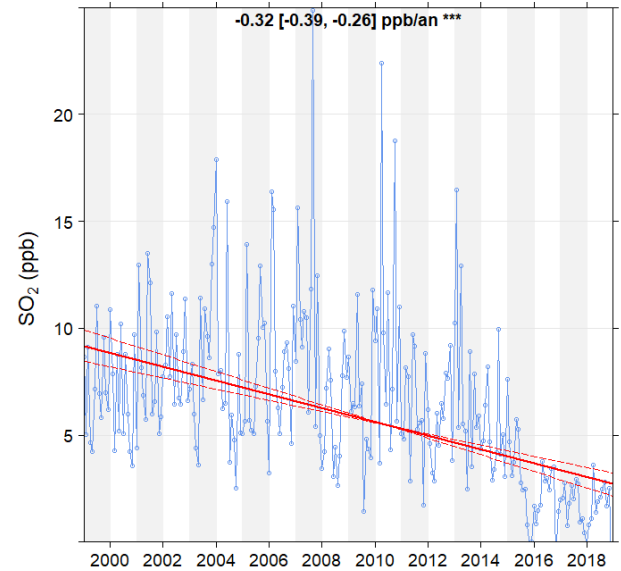
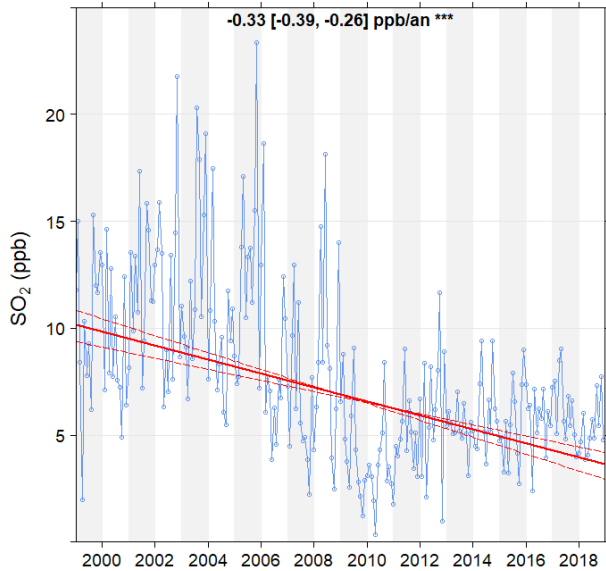


06205 – Laval – Chomedey

07002 – Gatineau – Hull

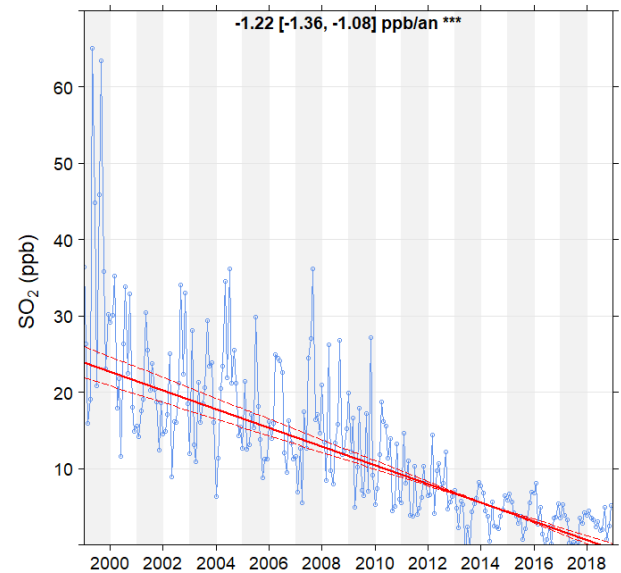
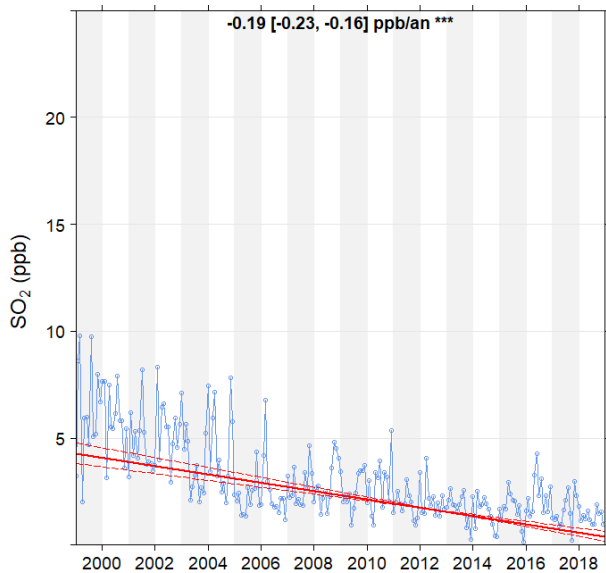
Annexe B9. Tendence du dioxyde de soufre (milieu industriel)

Tendance des moyennes mensuelles des concentrations de dioxyde de soufre aux stations industrielle pour la période de 1999 à 2019



02016 – Saguenay – Parc Powell

06678 – Saint-Joseph-de-Sorel – École Martel

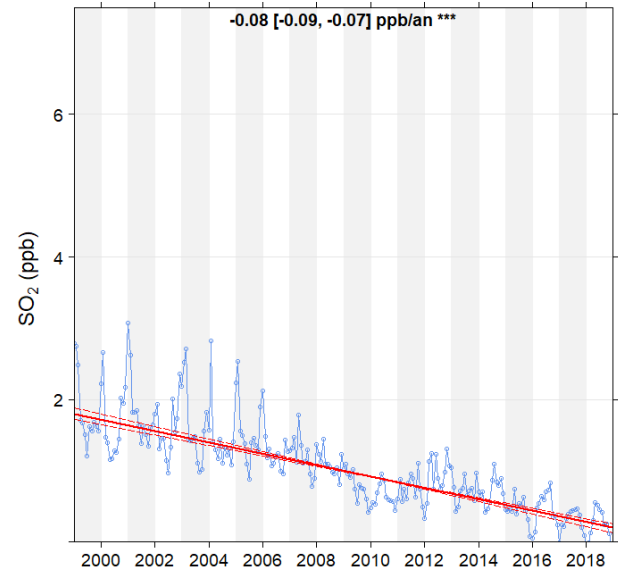
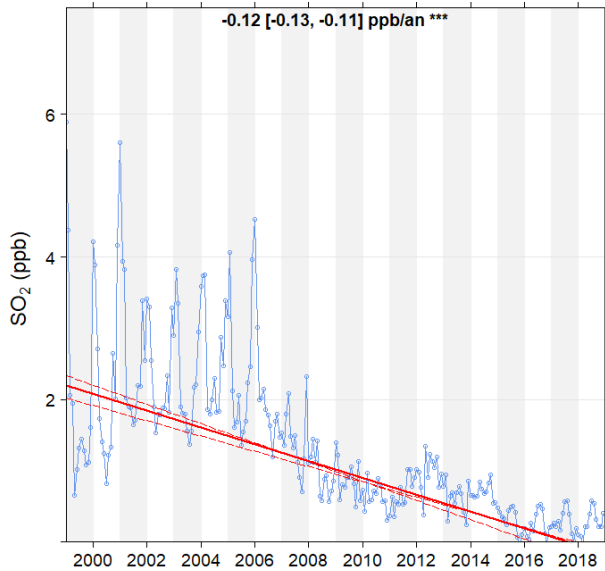


08042 – Rouyn-Noranda – Parc Tremblay

08401 – Témiscaming

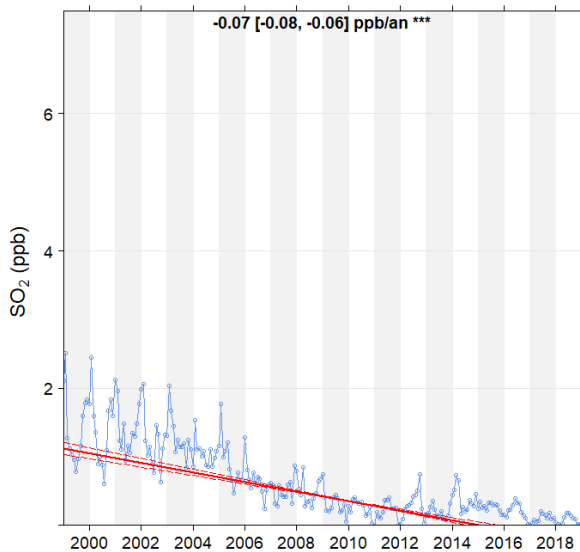
Annexe B10. Tendence du dioxyde de soufre (milieu urbain)

Tendance des moyennes mensuelles des concentrations de dioxyde de soufre aux stations urbaines pour la période de 1999 à 2019



03006 – Québec – Vieux-Limoilou

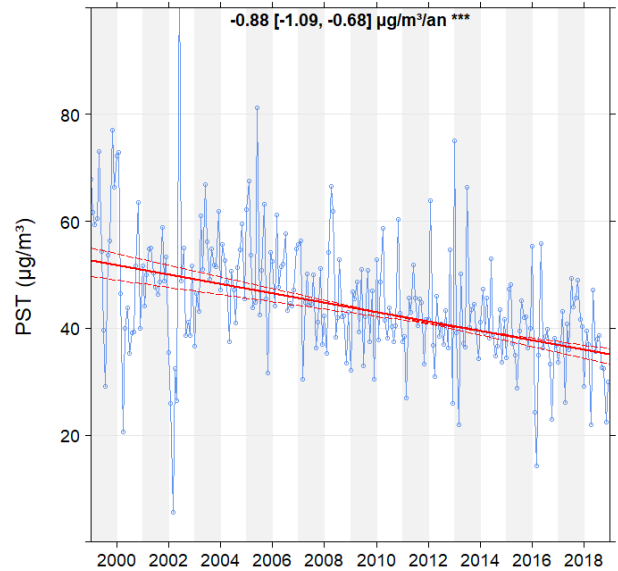
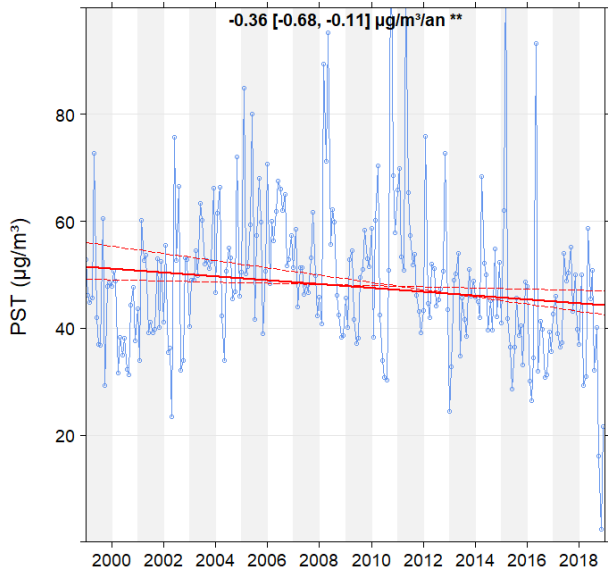
07660 – Brossard – Parc Océanie et 06603 – Brossard – Parc Sorbonne combinées



07002 – Gatineau – Hull

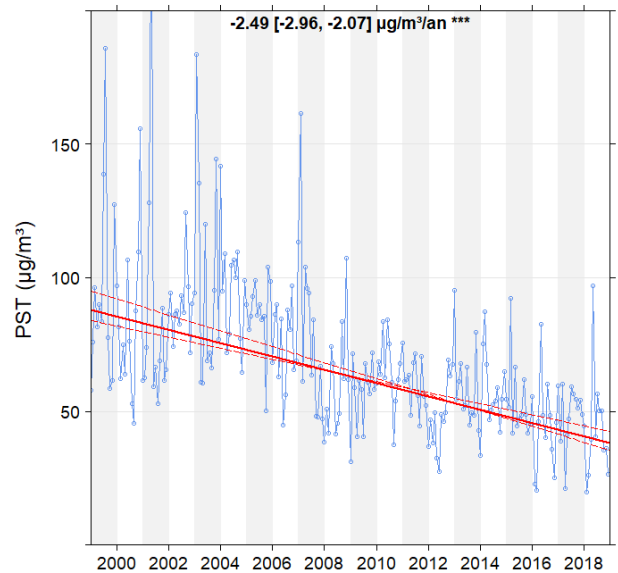
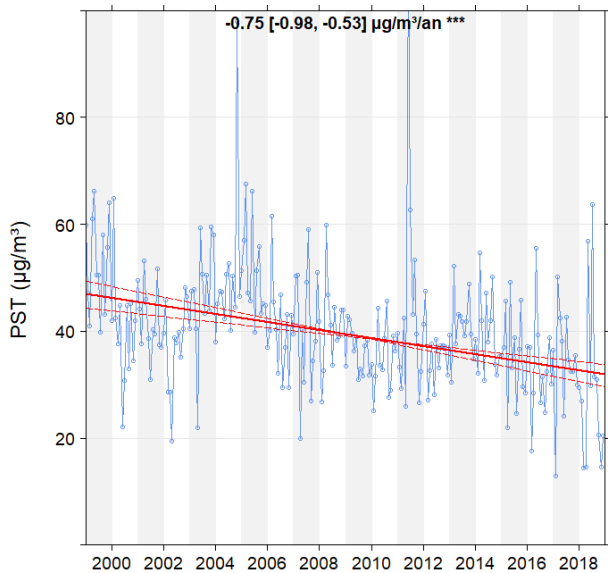
Annexe B11. Tendence des particules en suspension totales (milieu urbain)

Tendance des moyennes mensuelles des concentrations de particules en suspension totales aux stations urbaines pour la période de 1999 à 2019



03006 – Québec – Vieux-Limoilou

03020 – Québec – Parc Victorin-Beaucage

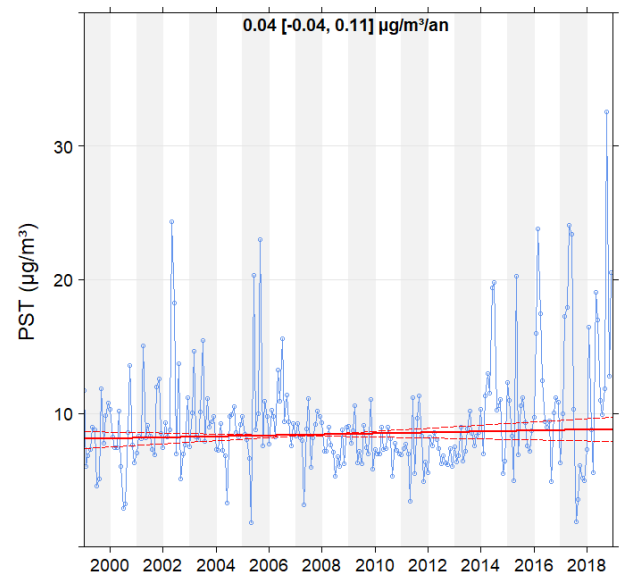
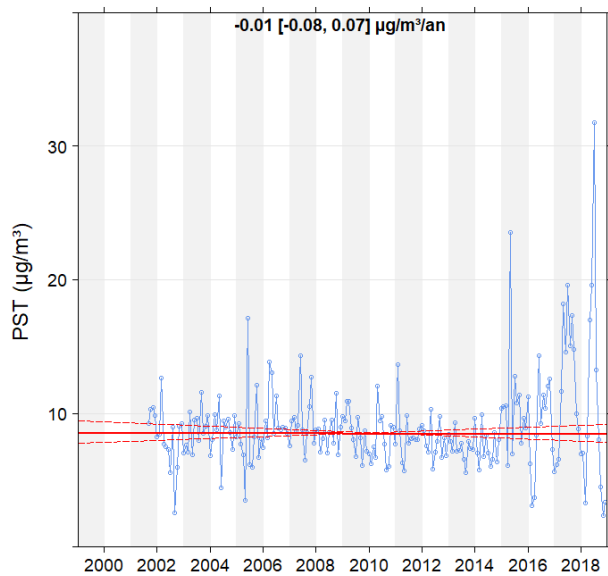


04052 – Trois-Rivières – Rés. Louis-Denoncourt

06355 – Joliette – Graymont

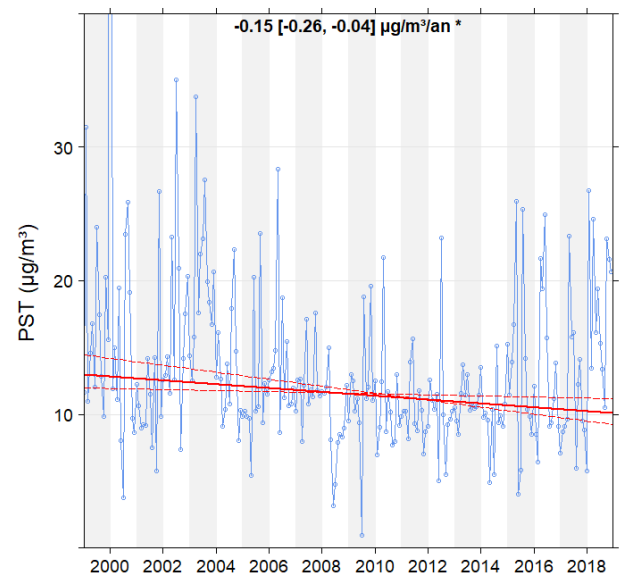
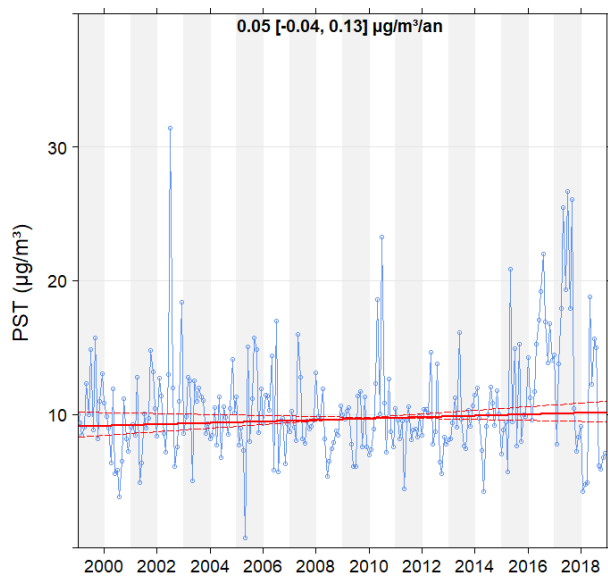
Annexe B12. Tendence des particules en suspension totales (milieu rural et forestier)

Tendance des moyennes mensuelles des concentrations de particules en suspension totales aux stations rurales et forestières pour la période de 1999 à 2019



01810 – Auclair

03720 – Notre-Dame-du-Rosaire



03730 – Saint-Hilaire-de-Dorset

06501 – Saint-Faustin-Lac-Carré

Annexe C1. Date de changement des analyseurs de particules fines des appareils de type BAM pour des appareils de type T640

Numéro	Station	Appareil	Date de changement *
01810	Auclair	T640	2017-10-31
02022	Saguenay – UQAC	T640	2018-05-30
02610	Rés. faun. Ashuapmushuan-Pemonca	BAM	
03006	Québec – Vieux-Limoilou	T640	2017-09-07
03021	Québec – École Les Primevères	T640	2017-11-08
03028	Québec – Collège Saint-Charles-Garnier	T640	2018-03-07
03052	Québec – Henri IV	T640	2018-11-23
03062	Lévis – Parc Georges-Maranda	T640	2018-09-05
03200	Deschambault	T640	2017-10-04
03720	Notre-Dame-du-Rosaire	BAM	
03730	Saint-Hilaire-de-Dorset	T640	2018-06-11
04021	Trois-Rivières – École MEES	T640	2018-06-06
04048	Trois-Rivières – Cap-de-la-Madeleine	T640	2018-06-06
04130	Shawinigan – Saint-Marc	BAM	
04504	Bécancour	BAM	
04711	Saint-Zéphirin-de-Courval	T640	2019-10-15
04730	Tingwick	T640	2019-12-10
04740	Charette	T640	2019-11-04
04750	Lac-Édouard	BAM	
05018	Sherbrooke – Parc Cambron	T640	2018-02-01
05810	La Patrie	T640	2019-12-02
06205	Laval – Chomedey	T640	2018-08-28
06300	Terrebonne – Parc Vaillant	T640	2018-08-27
06501	Saint-Faustin-Lac-Carré	BAM	
06600	Longueuil	T640	2018-06-19
06603	Brossard – Parc Sorbonne	T640	2018-06-20
06620	Saint-Jean-sur-Richelieu – L'Acadie	T640	2019-12-03
06641	Saint-Simon	BAM	
06804	Saint-Anicet	T640	2019-10-23
07002	Gatineau – Hull	T640	2019-10-01
07200	Mont-Saint-Michel	BAM	
07400	Parc de la Gatineau – La Pêche	T640	2019-10-02
08042	Rouyn-Noranda – Parc Tremblay	T640	2019-10-10
08401	Témiscaming	T640	2018-05-02
08450	Senneterre	T640	2019-10-08
10200	Radisson	T640	2019-04-29

*Liste des appareils en fonction en date du 2019-12-31



**Environnement,
Lutte contre
les changements
climatiques,
Faune et Parcs**

Québec 