

**MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
ET DE LA LUTTE CONTRE
LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

Évolution de la qualité de l'air à Shawinigan à la suite de la fermeture de l'aluminerie

Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée par la Direction générale du suivi de l'état de l'environnement du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). Elle a été produite par la Direction des communications du MELCC.

Renseignements

Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le Centre d'information.

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

Télécopieur : 418 646-5974

Formulaire : www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp

Internet : www.environnement.gouv.qc.ca

Pour obtenir un exemplaire du document :

Direction générale du suivi de l'état de l'environnement
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre
les changements climatiques
675, boul. René-Lévesque Est, 7^e étage, boîte 22
Québec (Québec) G1R 5V7

Téléphone : 418 521-3820

Référence à citer

LABERGE, A. (2020). *Évolution de la qualité de l'air à Shawinigan à la suite de la fermeture de l'aluminerie*. [En ligne], Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 23 p. + 8 annexes [<http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/shawinigan/rapport-shawinigan-fermeture-aluminerie.pdf>].

Dépôt légal – 2020
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN 978-2-550-86656-5 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec, 2020

Équipe de réalisation

Rédaction	Antony Laberge ¹ , chimiste, M. Sc., MBA
Révision scientifique	Daniel Busque ¹ , biologiste, M. Sc. Marc-André Foucreault ¹ , B. Sc. Biochimie Catherine Savard ¹ , physicienne, M. Sc. Manon Therrien ¹ , chimiste, M. Sc. Louise Trudel ² , ingénieure
Acquisition, traitement et validation de données	Isabelle Masse ¹ Annie-Claude Paradis ¹
Analyse en laboratoire	Karine Gingras ³
Exploitation et entretien de la station de mesure et d'échantillonnage	Mathieu Beaupré ⁴ , M. Sc., ing. Martin Bouchard ⁴ Frédéric Bouchard ⁴ Maxime Daigle ⁴ Sylvain Couture ⁴ Philippe Desarzens ⁴ Jean-Pierre Duchesne ⁴ Robert Dumont ⁴ Vincent Giasson ⁴ Michel Huot ⁴ Patrice Lambert ⁴ Luc Lavoie ⁴ Martin Michaud ⁴ Benoît Parent ⁴ Patrick Pouliot ⁴ Christian Roy ⁴

-
- ¹ Direction de la qualité de l'air et du climat
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
- ² Direction régionale de l'analyse et de l'expertise Mauricie et Centre-du-Québec
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
- ³ Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
- ⁴ Direction de l'acquisition de données et des opérations
Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Résumé



Photo aérienne de la partie sud de la ville de Shawinigan. Crédit : Normand Flageol

Ce rapport vise à faire état de l'évolution de la qualité de l'air à Shawinigan à la suite de la fermeture de l'aluminerie de Rio Tinto Alcan (RTA). Cet établissement industriel, qui était situé au 1100, boulevard Saint-Sacrement, à Shawinigan, a été en activité de 1941 à 2014.

Les principaux contaminants atmosphériques émis par les activités de l'aluminerie ont été suivis à des stations du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec (RSQAQ). Ces contaminants sont le dioxyde de soufre (SO_2), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les particules en suspension totales (PST), les particules respirables (PM_{10}) et les particules fines ($\text{PM}_{2,5}$).

La fermeture de l'usine Shawinigan de RTA a contribué à réduire de manière significative les concentrations de SO_2 , de $\text{PM}_{2,5}$, de PST et d'HAP mesurées dans l'air à Shawinigan. Les concentrations de ces contaminants respectent désormais les différentes normes québécoises du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA), à l'exception de quelques dépassements de la norme quotidienne pour les $\text{PM}_{2,5}$ survenus en hiver, une situation entre autres attribuable au chauffage au bois. Les concentrations mesurées à Shawinigan après la fin des activités de l'aluminerie sont comparables aux autres milieux urbains du Québec qui ne sont pas affectés directement par des activités industrielles.

Table des matières

INTRODUCTION.....	1
1 SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR.....	2
2 MÉTHODOLOGIE.....	5
2.1 Moyennes annuelles.....	5
2.2 Roses des vents et de pollution.....	5
2.3 Test de Wilcoxon	5
2.4 Tendances (Theil-Sen)	5
3 RÉSULTATS ET ANALYSE	6
3.1 Vents.....	6
3.2 Dioxyde de soufre.....	7
3.3 Hydrocarbures aromatiques polycycliques.....	10
3.4 Particules fines	11
3.5 Particules respirables	17
3.6 Particules en suspension totales	18
CONCLUSION.....	21
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	22
ANNEXES.....	23

Liste des tableaux

Tableau 1. Contaminants mesurés par le RSQAQ à la station Shawinigan–Saint-Marc et à la station École Saint-Joseph qui ont été utilisés pour produire le rapport	3
--	---

Liste des figures

Figure 1. Localisation des stations du RSQAQ à Shawinigan et des usines de RTA et Norton 2	
Figure 2. Station École Saint-Joseph (04026) à Shawinigan	3
Figure 3. Station Shawinigan–Saint-Marc (04130) le 24 février 2003	4
Figure 4. Rose des vents de 2012 à 2016 à la station météorologique Rio Tinto Alcan (ID climatologique 7018001; latitude 46°33'48,000" N, longitude 72°44'00,000" O).....	6
Figure 5. Évolution des concentrations horaires et quotidiennes maximales (a), des concentrations moyennes annuelles (b) ainsi que du nombre de dépassements de la norme horaire du RQA de 500 ppb (1979 à 2011) et du pourcentage des échantillons dépassant la norme quotidienne du RAA et du RQA de 110 ppb du SO ₂ (c) analysés aux stations École Saint-Joseph (04126) et Shawinigan–Saint-Marc (04130) entre 1978 et 2018.....	8
Figure 6. Roses de pollution des concentrations horaires de SO ₂ (ppb) de 2012 à 2016 à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130).....	9
Figure 7. Comparaison des concentrations moyennes annuelles de SO ₂ de la station Shawinigan–Saint-Marc en 2011 et 2015 avec celles des autres stations urbaines du RSQAQ en 2015.....	10
Figure 8. Évolution des concentrations moyennes annuelles de B[a]P à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) de 1999 à 2015. Le nombre d'échantillons utilisés pour calculer la moyenne est inscrit au-dessus de chaque bande bleue qui représente une année. La ligne pointillée représente la norme annuelle du RAA de 0,9 ng/m ³	11
Figure 9. Évolution des concentrations horaires maximales (a), des concentrations moyennes annuelles (b) et du nombre de jours de dépassement (c) de la valeur seuil de 30 µg/m ³ des PM _{2,5} (norme quotidienne du RAA à partir de 2011) analysés par des appareils BAM et TEOM aux stations École Saint-Joseph (04126) et Shawinigan–Saint-Marc (04130) entre 1998 et 2018.....	13
Figure 10. Roses de pollution des concentrations horaires des PM _{2,5} (µg/m ³) de 2012 à 2016 à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) et de 2012 à 2014 à la station École Saint-Joseph (04126).....	14
Figure 11. Comparaison des concentrations moyennes annuelles de PM _{2,5} de la station Shawinigan–Saint-Marc en 2011 et 2015 avec celles des autres stations urbaines du RSQAQ en 2015.....	15
Figure 12. Moyennes et 98 ^e centile mensuels des concentrations de PM _{2,5} analysés à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) entre 2014 et 2018. Les lignes pointillées horizontales représentent les moyennes des concentrations pour chaque saison.....	16
Figure 13. Concentrations moyennes de PM _{2,5} en hiver (décembre à février) entre 2014 et 2018 en fonction de l'heure de la journée	16
Figure 14. Évolution des concentrations annuelles moyennes de PM ₁₀ à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) de 1994 à 2015	17
Figure 15. Comparaison des concentrations moyennes annuelles de PM ₁₀ de la station Shawinigan–Saint-Marc en 2011 et 2015 avec celles des autres stations urbaines du RSQAQ en 2015.....	18

Figure 16. Évolution des concentrations moyennes annuelles (a) de PST à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) entre 1978 et 2015 et à la station École Saint-Joseph (04126) entre 1986 et 2002 et du pourcentage des échantillons ayant dépassé la valeur seuil de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (norme du RAA pour les PST à partir de juin 2011) (b)..... 19

Figure 17. Comparaison des concentrations moyennes annuelles de PST de la station Shawinigan–Saint-Marc en 2011 et 2015 avec celles des autres stations urbaines du RSQAQ en 2015..... 20

Liste des acronymes

µg/m³	microgramme par mètre cube
BAM	analyseur de particules fines de marque BAM-1020 utilisant une technologie d'absorption de rayonnement bêta comme outil d'analyse
B[a]P	benzo[a]pyrène
MELCC	ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
RSQAQ	Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec
HAP	hydrocarbures aromatiques polycycliques
RNSPA	Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique
PM_{2,5}	particules ayant un diamètre égal ou inférieur à 2,5 µm (micromètres), communément appelées particules fines
PM₁₀	particules ayant un diamètre égal ou inférieur à 10 µm, communément appelées particules respirables
ppb	partie par milliard
PST	particules en suspension totales
RAA	Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère du gouvernement du Québec
RQA	Règlement sur la qualité de l'atmosphère du gouvernement du Québec
RTA	Rio Tinto Alcan
SO₂	dioxyde de soufre
TEOM	analyseur de particules fines de marque TEOM-SES utilisant la gravimétrie comme outil d'analyse

INTRODUCTION

La ville de Shawinigan a un passé industriel important. Des usines construites au début du 20^e siècle ont rejeté des quantités importantes de contaminants dans l'atmosphère durant plusieurs décennies, affectant la qualité de l'air des quartiers résidentiels avoisinants. Cependant, depuis quelques années, les concentrations de plusieurs contaminants atmosphériques ont diminué. Cette situation s'explique en partie par le ralentissement du secteur industriel de la ville de Shawinigan (DSP, 2011), certaines usines émettrices de contaminants atmosphériques ayant progressivement cessé leurs activités.

Plus récemment, l'aluminerie Shawinigan de Rio Tinto Alcan (RTA), qui a longtemps été une source majeure d'émission de contaminants atmosphériques à Shawinigan, a aussi fermé ses portes. L'entreprise a cessé ses activités d'électrolyse en novembre 2013 et sa production de pâte anodique en février 2014. Seul un centre de coulée est demeuré en activité après 2014, soit celui acquis par l'entreprise Shawinigan Aluminium inc. Les infrastructures ont été démolies dans les deux années qui ont suivi la cessation des activités. L'aluminerie Shawinigan de RTA était la dernière usine au Québec qui utilisait le procédé de type Söderberg pour produire de l'aluminium. Ce procédé est reconnu notamment pour rejeter des quantités importantes d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'atmosphère, une famille de substances dont plusieurs sont hautement cancérigènes (DSP, 2011).

Le présent rapport vise à faire état de la qualité de l'air à Shawinigan à la suite de la fermeture de l'aluminerie de RTA. Il ne vise pas à évaluer les risques sanitaires ni le portrait sociosanitaire associés aux concentrations de polluants dans l'air à Shawinigan, lesquels sont détaillés dans le document d'évaluation du risque pour la santé associé à la qualité de l'air ambiant à Shawinigan, publié en 2011 (DSP, 2011).

Trois aspects sont analysés dans le présent rapport, soit l'évolution des concentrations des principaux contaminants émis dans l'atmosphère à Shawinigan, l'effet de la fermeture de l'usine Shawinigan de RTA sur ces concentrations et la comparaison des niveaux actuels de contamination dans l'air à Shawinigan avec d'autres milieux urbains semblables au Québec.

1 SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) effectue un suivi de la qualité de l'air ambiant à Shawinigan depuis 1978. Deux stations ont été installées dans des zones résidentielles qui subissent les répercussions notamment des activités industrielles de l'aluminerie RTA et de l'usine Norton céramiques avancées Canada inc.¹ La station Shawinigan–Saint-Marc (04130), en activité depuis 1978, est située au 363, rue Frigon. La station École Saint-Joseph (04126) a été en activité de 1986 à 2015 et était située au 1452, rue Châteauguay. Les données recueillies ont permis de suivre l'évolution des concentrations des contaminants au cours des dernières années.



Figure 1. Localisation des stations du RSQAQ à Shawinigan et des usines de RTA et Norton

Plusieurs contaminants ont été suivis dans l'air ambiant à Shawinigan, soit le dioxyde de soufre (SO₂), des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des particules fines (PM_{2,5}), des particules respirables (PM₁₀) et des particules en suspension totales (PST). Le tableau 1 suivant détaille à quelles stations du RSQAQ ces contaminants ont été suivis et à quelle fréquence.

¹ L'usine Norton a fermé ses portes en 2002.

Tableau 1. Contaminants mesurés par le RSQAQ à la station Shawinigan–Saint-Marc et à la station École Saint-Joseph qui ont été utilisés pour produire le rapport

Contaminant	Fréquence	Période	
		Shawinigan–Saint-Marc (04130)	École Saint-Joseph (04126)
Dioxyde de soufre	En continu	Depuis 1977	2002 à 2011
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	1 fois tous les 12 jours	1999 à 2015	
Particules fines	En continu	Depuis 1998	2002 à 2014
Particules respirables	1 fois tous les 6 jours	1994 à 2015	
Particules en suspension totales	1 fois tous les 2 jours	1978 à 1982	1986 à 2002
	1 fois tous les 6 jours	1983 à mai 1999	
	1 fois tous les 12 jours	Juin 1999 à 2015	

Tous les appareils d'échantillonnage et instruments de mesure utilisés par le RSQAQ sont entretenus et calibrés selon des méthodes éprouvées par le MELCC. Les données recueillies par le RSQAQ sont validées selon les processus continus de contrôle et d'assurance qualité du MELCC. Les détails concernant les méthodes d'analyse ainsi que l'origine et les effets des polluants atmosphériques peuvent être consultés sur le site Web du RSQAQ (MELCC, 2019a).

Des données de vitesse et de direction des vents ont aussi été recueillies à la station météorologique Rio Tinto Alcan située à même le site de l'aluminerie Shawinigan (latitude 46°33'48,000" N, longitude 72°44'00,000" O). Ces données sont disponibles sur le site Web d'Environnement Canada (ECCC, 2019; ID climatologique 7018001).

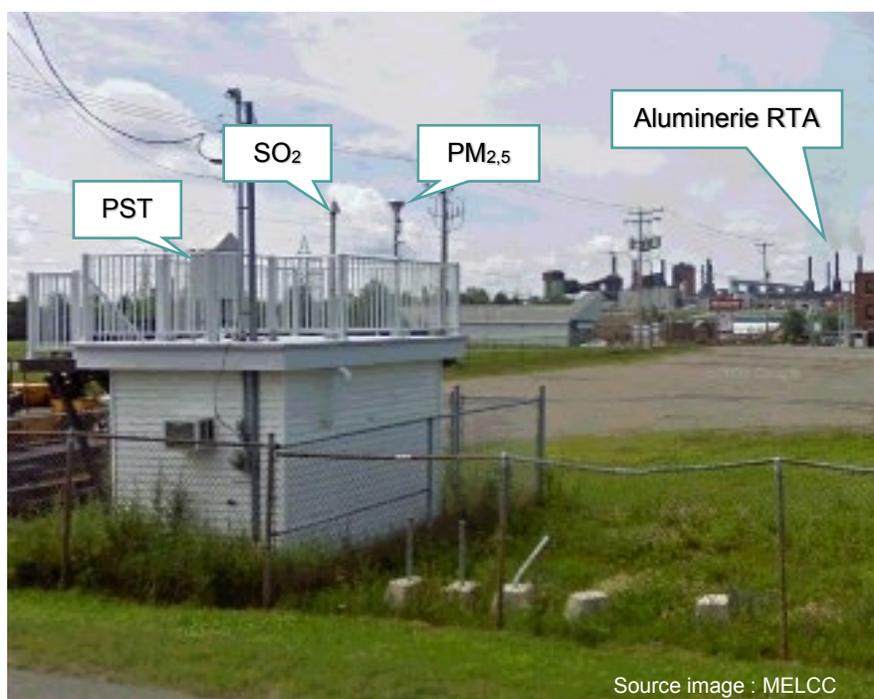


Figure 2. Station École Saint-Joseph (04026) à Shawinigan



Figure 3. Station Shawinigan–Saint-Marc (04130) le 24 février 2003

2 MÉTHODOLOGIE

Des données horaires pour le SO₂ et les PM_{2,5} ainsi que des données quotidiennes pour les HAP, les PM₁₀ et les PST ont été utilisées pour produire le présent rapport. Elles proviennent de la base de données de la qualité de l'air ambiant du Ministère (MELCC, 2019b). Les statistiques annuelles de ces données sont présentées aux annexes 1 à 8.

2.1 Moyennes annuelles

Les moyennes annuelles de tous les contaminants présentées dans ce document, à l'exception des HAP, contiennent au moins 75 % de données valides au cours d'une même année afin d'être considérées comme significatives selon le critère de complétude utilisé par le MELCC. Les moyennes annuelles contenant moins de 75 % de données valides sont tout de même présentées, mais à titre indicatif seulement et elles sont identifiées par un astérisque (*) dans les tableaux présentés aux annexes 1 à 8. Les moyennes annuelles d'HAP sont présentées sans critère de complétude, mais le nombre d'échantillons utilisés est indiqué le cas échéant. Par ailleurs, pour les contaminants mesurés en continu, soit les PM_{2,5} et le SO₂, seules les années contenant au moins 50 % de données valides ont été présentées, sans quoi elles sont considérées comme incomplètes.

2.2 Roses des vents et de pollution

Une rose des vents permet de connaître la fréquence de la provenance des vents sur une période donnée. Attention à ne pas confondre provenance des vents et direction des vents; par exemple, un vent provenant du nord se dirigera en fait vers le sud.

Les roses de pollution sont produites en calculant les concentrations moyennes d'un contaminant en fonction de la provenance du vent. Elles peuvent donc servir à démontrer l'influence de certaines sources d'émission de contaminants à une station précise.

2.3 Test de Wilcoxon

Le test statistique de Wilcoxon a été utilisé pour déterminer si les concentrations des contaminants dans l'air étaient différentes avant et après la fermeture de l'aluminerie de RTA à Shawinigan. Ce test compare les médianes de deux groupes d'échantillons différents et permet de déterminer si ces dernières sont significativement différentes. Il s'agit d'un test non paramétrique, c'est-à-dire qu'il ne nécessite pas de connaître au préalable la loi de distribution des données. Il offre l'avantage d'être robuste face à la présence potentielle de données extrêmes. Ce test a été effectué à l'aide du progiciel stats du logiciel R (R Core Team, 2017), plus précisément en utilisant la fonction *wilcox.test*. L'extrait de ce test est un seuil observé p-value dont la valeur doit être inférieure à 0,05 pour que la différence soit jugée significative au seuil de alpha = 5 %.

2.4 Tendances (Theil-Sen)

Les tendances ont été réalisées avec le logiciel R et le progiciel Openair en utilisant la méthode de Theil-Sen (Sen, 1968). Cette méthode non paramétrique basée sur la pente médiane est moins sensible aux valeurs aberrantes que les méthodes de régression traditionnelles, ce qui permet une évaluation plus fiable de la tendance (MELCC, 2019c). La méthode utilisée est la même que celle employée par Foucreault (2019).

3 RÉSULTATS ET ANALYSE

3.1 Vents

Les données de vitesse et de provenance des vents ont été récoltées à la station météorologique Rio Tinto Alcan située à même le site de l'aluminerie. Ainsi, il a été déterminé qu'entre 2012 et 2016 (figure 4), soit deux années complètes avant et après l'année de fermeture de l'aluminerie, les vents provenaient principalement du nord-ouest, du sud-ouest et de l'est-nord-est. La proportion des vents calmes, de moins de 0,1 km/h, était de 18 % durant cette période.

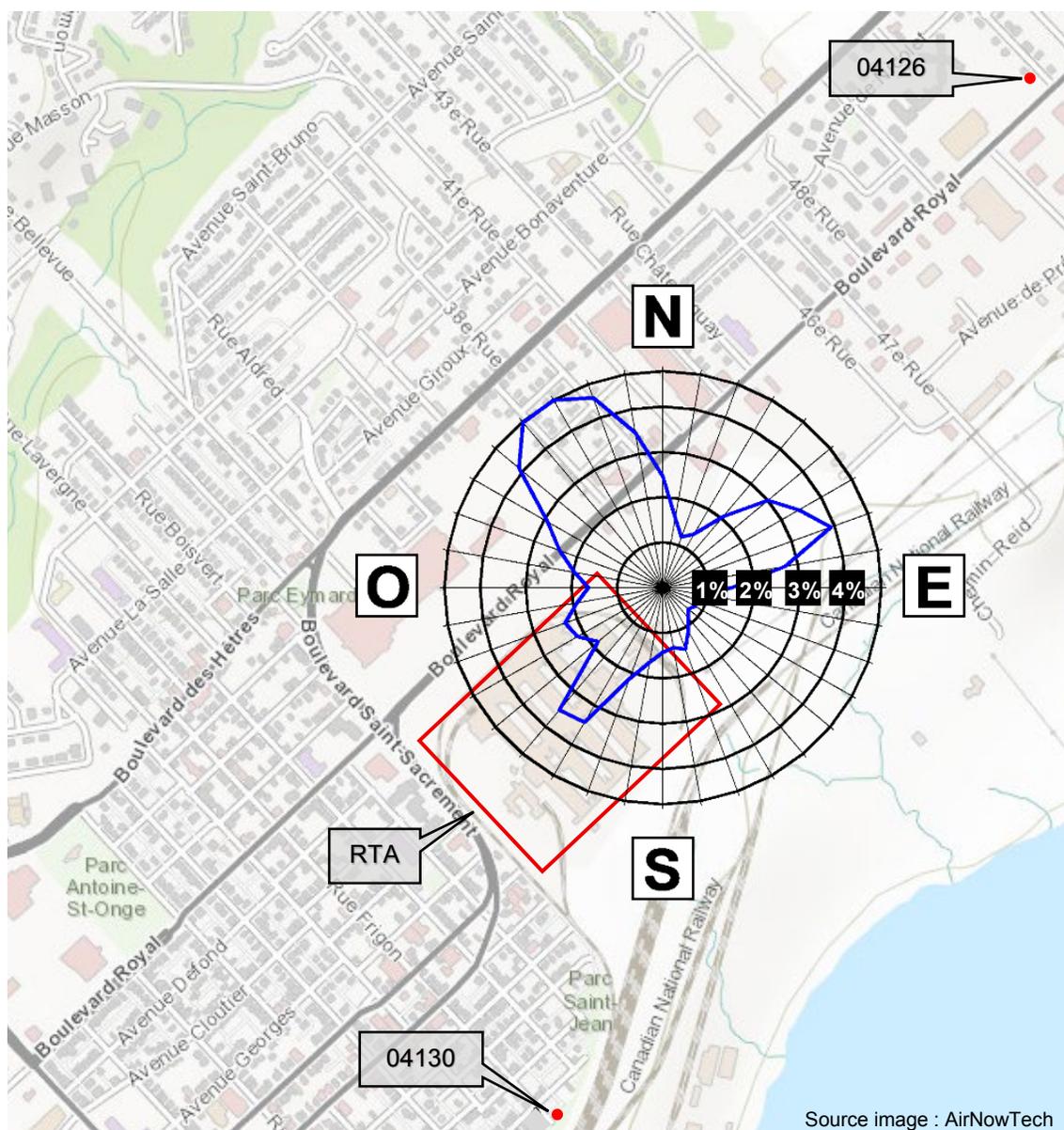


Figure 4. Rose des vents de 2012 à 2016 à la station météorologique Rio Tinto Alcan (ID climatologique 7018001; latitude 46°33'48,000" N, longitude 72°44'00,000" O)

3.2 Dioxyde de soufre

Les concentrations moyennes annuelles de SO₂ ont diminué entre 1978 et 2018 (figure 5b). Des baisses marquées des concentrations moyennes annuelles ont été observées en 2002 et en 2014, qui correspondent respectivement aux années de fermeture des usines de Norton et de RTA.

Le Règlement sur la qualité de l'atmosphère (RQA) (chapitre Q-2, r. 38), en vigueur de 1979 à juin 2011, comprenait une norme annuelle pour le SO₂ de 20 ppb, une norme quotidienne de 110 ppb et une norme horaire de 500 ppb. Le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA) (chapitre Q-2, r. 4.1), entré en vigueur en juin 2011, comprend une norme annuelle pour le SO₂ de 20 ppb, une norme quotidienne de 110 ppb et une norme sur quatre minutes de 400 ppb.

Aucun dépassement de la norme annuelle du RAA pour le SO₂ de 20 ppb, ni même de l'ancienne norme horaire du RQA de 500 ppb n'a été observé depuis 1991 à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130). Avant cette date, dix dépassements de la norme horaire et cinq dépassements de la norme annuelle avaient été enregistrés. Aucun dépassement de la norme horaire n'a été observé à la station École Saint-Joseph (04126) entre 2002 et 2011. Depuis la fermeture de l'usine Norton en 2002, les concentrations de SO₂ n'ont jamais excédé la norme quotidienne du RAA de 110 ppb. Par ailleurs, aucun dépassement de la norme du RAA de 400 ppb pour les concentrations de SO₂ sur quatre minutes n'a été observé aux deux stations du RSQAQ entre 2011 et 2018.

Un test de Wilcoxon comparant les concentrations horaires de SO₂ à la station 04130 avant (du 1^{er} janvier 2009 au 28 février 2014) et après (du 1^{er} mars 2014 au 31 décembre 2018) la fermeture de l'aluminerie démontre une différence statistiquement significative (p-value < 0,001).

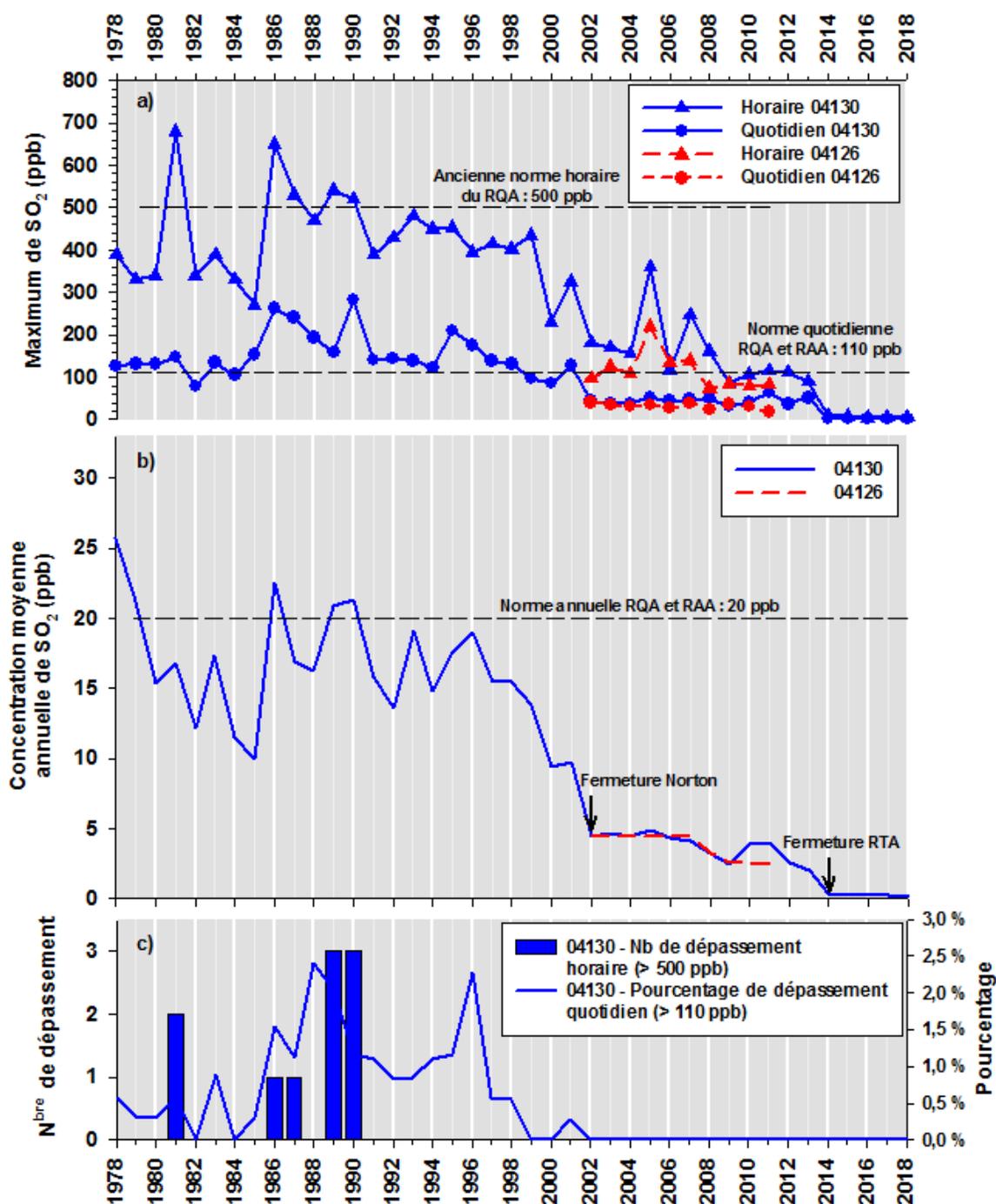


Figure 5. Évolution des concentrations horaires et quotidiennes maximales (a), des concentrations moyennes annuelles (b) ainsi que du nombre de dépassements de la norme horaire du RQA de 500 ppb (1979 à 2011) et du pourcentage des échantillons dépassant la norme quotidienne du RAA et du RQA de 110 ppb du SO₂ (c) analysés aux stations École Saint-Joseph (04126) et Shawinigan-Saint-Marc (04130) entre 1978 et 2018

La rose de pollution du SO₂ (figure 6) illustre aussi très bien l'influence marquée de l'aluminerie RTA sur les concentrations de SO₂ mesurées à la station Shawinigan-Saint-Marc

en 2012 et 2013. Cette influence devient pratiquement inexistante à la suite de sa fermeture, les profils en 2014, 2015 et 2016 étant concentriques au point d'impact, ce qui signifie qu'aucun panache ne s'est dirigé de l'usine vers les résidences.

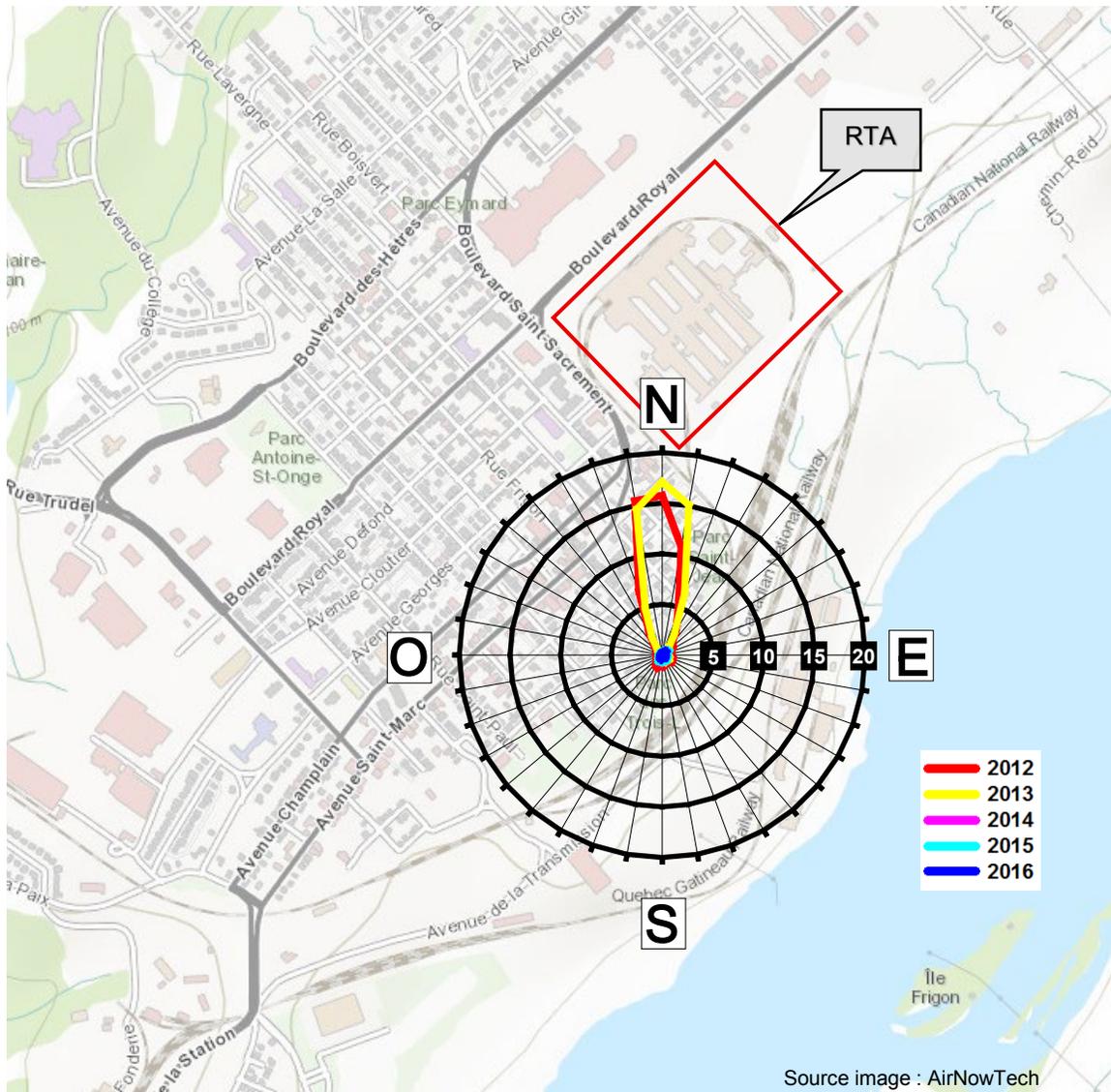


Figure 6. Roses de pollution des concentrations horaires de SO₂ (ppb) de 2012 à 2016 à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130)

En 2015, soit la première année complète de données après la fermeture de l'usine Shawinigan de RTA, la concentration annuelle moyenne de SO₂ à la station Shawinigan–Saint-Marc était une des plus faibles en comparaison avec les autres milieux urbains du Québec (figure 7). L'année 2011 a également été ajoutée pour présenter la différence des concentrations avant et après la fermeture de l'usine.

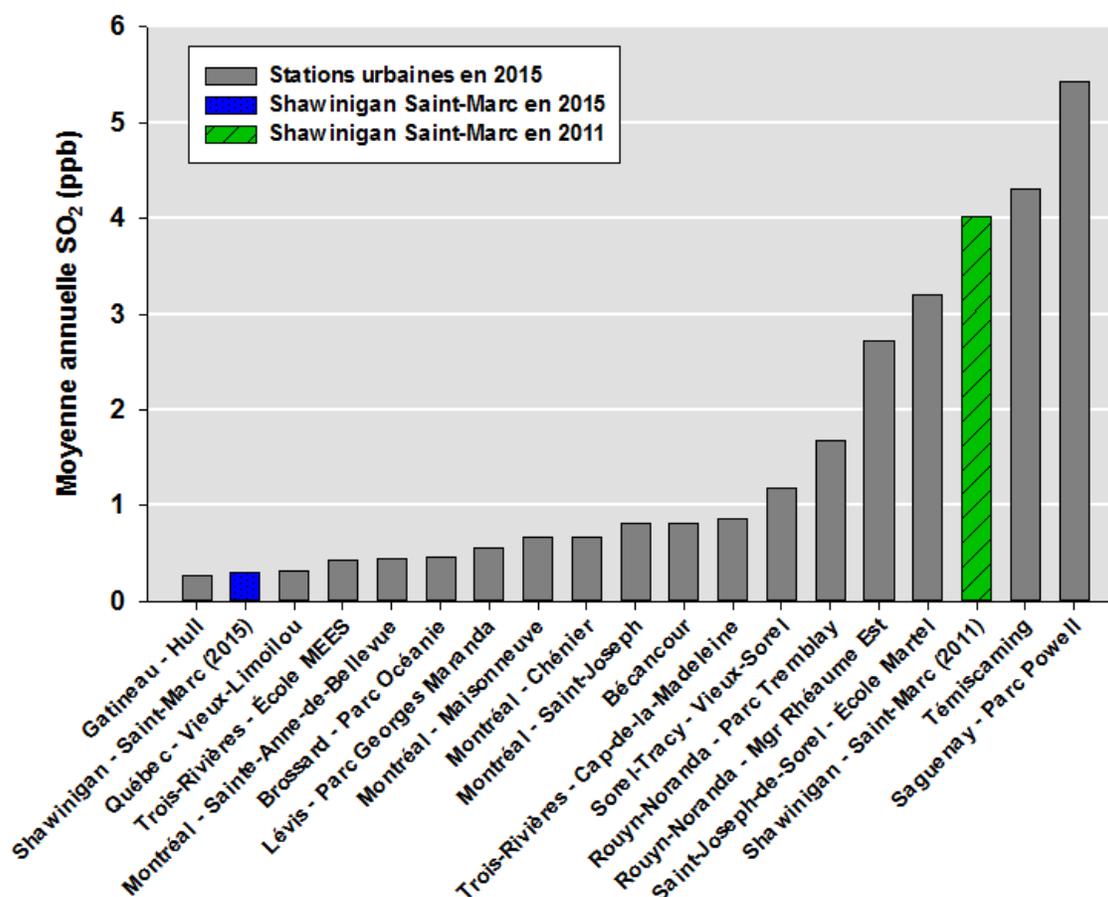


Figure 7. Comparaison des concentrations moyennes annuelles de SO₂ de la station Shawinigan–Saint-Marc en 2011 et 2015 avec celles des autres stations urbaines du RSQAQ en 2015

Ces résultats démontrent que la cessation des activités de l'aluminerie RTA a eu un effet significatif à la baisse sur les concentrations de SO₂ mesurées dans l'air à Shawinigan. Depuis la fermeture, les concentrations mesurées sont comparables à celles d'autres milieux urbains du Québec non influencés par des activités industrielles.

3.3 Hydrocarbures aromatiques polycycliques

L'aluminerie RTA était la dernière usine au Québec qui utilisait le procédé de type Söderberg pour produire de l'aluminium. Ce procédé est reconnu pour rejeter dans l'atmosphère des quantités importantes d'HAP, une famille de substances dont plusieurs sont hautement cancérigènes (DSP, 2011). Des dizaines d'HAP ont été analysés à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) entre 1999 et 2015. Il s'agit d'une des plus longues séquences chronologiques de suivi des concentrations d'HAP dans l'air au Québec. Parmi tous les HAP analysés, le benzo[a]pyrène (B[a]P) est fréquemment utilisé comme indicateur des concentrations d'HAP dans l'air. Une norme annuelle de 0,9 ng/m³ est prescrite par le RAA pour ce composé.

Les concentrations moyennes annuelles de B[a]P ont diminué à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) entre 1999 et 2015 (figure 8).

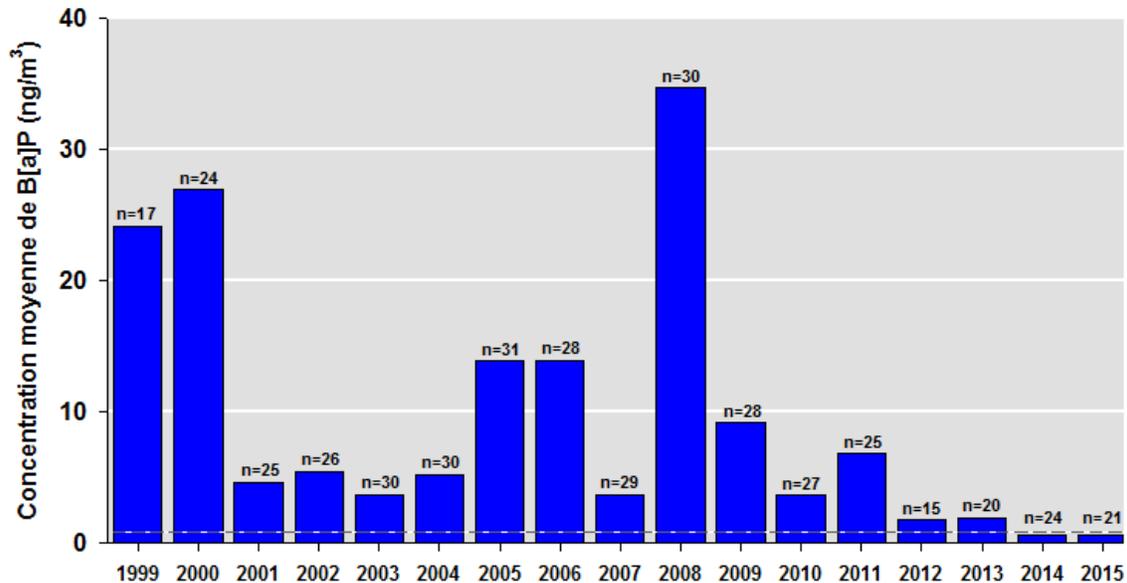


Figure 8. Évolution des concentrations moyennes annuelles de B[a]P à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) de 1999 à 2015. Le nombre d'échantillons utilisés pour calculer la moyenne est inscrit au-dessus de chaque bande bleue qui représente une année. La ligne pointillée représente la norme annuelle du RAA de 0,9 ng/m³.

Un test de Wilcoxon comparant les concentrations quotidiennes de B[a]P avant (du 1^{er} janvier 2012 au 28 février 2014) et après (du 1^{er} mars 2014 au 26 décembre 2015) la fermeture de l'usine démontre une différence statistiquement significative (p -value = 0,0071). D'ailleurs, les deux années suivant la fermeture de l'usine Shawinigan de RTA (2014 et 2015) sont les seules ne présentant aucun dépassement de la norme du RAA de 0,9 ng/m³ sur les concentrations annuelles moyennes de B[a]P.

Il n'est pas possible de comparer les concentrations de B[a]P dans l'air ambiant à Shawinigan à la suite de la fermeture de l'aluminerie en 2015 avec celles d'autres milieux urbains comparables au Québec étant donné que le Ministère ne possède pas de telles données. Le suivi des concentrations d'HAP dans l'air ambiant est généralement effectué par le Ministère pour documenter des problématiques particulières.

En résumé, les concentrations d'HAP ont diminué de manière significative à la suite de la fermeture de l'aluminerie RTA, comme le démontrent les profils du B[a]P, un indicateur des concentrations de la famille des HAP. Les concentrations de B[a]P respectent d'ailleurs la norme annuelle du RAA depuis la fermeture de l'usine.

3.4 Particules fines

Le RSQAQ a effectué le suivi des PM_{2,5} entre 2002 et 2014 à la station École Saint-Joseph (04126). Il effectue aussi un suivi à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) depuis 1998. Deux types d'appareils ont été utilisés pour mesurer les concentrations de PM_{2,5}, soit le TEOM-SES utilisant des principes de gravimétrie et le BAM-1020 utilisant l'absorption de rayonnement bêta comme technologie. Les appareils TEOM, qui sous-estimaient les concentrations de PM_{2,5} par temps froid, ont été graduellement remplacés par les BAM en 2009 à la station Shawinigan–Saint-Marc et en 2011 à la station École Saint-Joseph. Par exemple, la hausse des

concentrations moyennes annuelles observée en 2010 à la station 04130 et en 2012 à la station 04126 (figure 9b) est attribuable au changement d'analyseur de PM_{2,5}.

Des diminutions des concentrations maximales horaires, des concentrations moyennes et du nombre de jours de dépassement de la valeur seuil de 30 µg/m³ des PM_{2,5} (norme quotidienne du RAA à partir de 2011) sont observées aux deux stations de Shawinigan entre 1998 et 2018 (figure 9).

La nette diminution en 2002 des concentrations moyennes annuelles et du nombre de jours de dépassement de PM_{2,5} à la station 04130 est attribuable à la fermeture de l'usine Norton (DSP, 2011), tandis que la diminution du nombre de jours de dépassement observée en 2014 est attribuable à la fermeture de RTA. Les concentrations maximales sont aussi beaucoup plus faibles depuis la fermeture de l'aluminerie.

Selon les résultats d'un test de Wilcoxon, il existe une différence statistiquement significative (p-value < 0,001) entre les concentrations horaires de PM_{2,5} mesurées à l'aide d'appareils TEOM à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) avant la fermeture de l'usine Norton (1998 à 2001) et celles mesurées après sa fermeture (2001 à 2009). De plus, il existe une différence statistiquement significative (p-value < 0,001) entre les concentrations horaires de PM_{2,5} mesurées à l'aide d'appareils BAM à la station 04130 avant la fermeture de l'aluminerie RTA (du 16 octobre 2009 au 28 février 2014) et celles mesurées après sa fermeture (du 1^{er} mars 2014 au 31 décembre 2018).

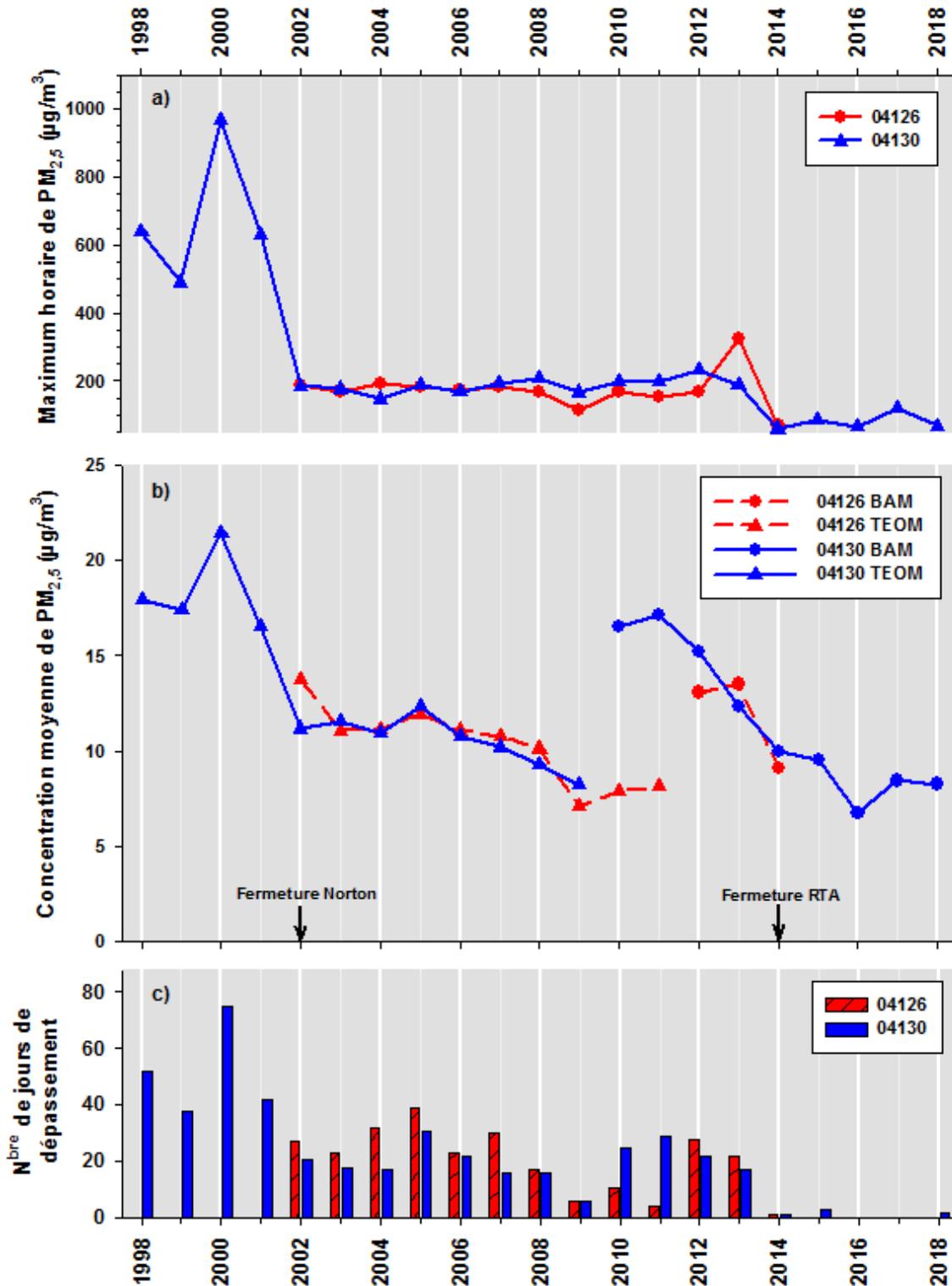


Figure 9. Évolution des concentrations horaires maximales (a), des concentrations moyennes annuelles (b) et du nombre de jours de dépassement (c) de la valeur seuil de 30 µg/m³ des PM_{2.5} (norme quotidienne du RAA à partir de 2011) analysés par des appareils BAM et TEOM aux stations École Saint-Joseph (04126) et Shawinigan-Saint-Marc (04130) entre 1998 et 2018

La rose de pollution des PM_{2,5} (figure 10) illustre d'ailleurs très bien l'influence marquée de l'aluminerie RTA sur les concentrations de PM_{2,5} mesurées aux stations Shawinigan–Saint-Marc et École Saint-Joseph en 2012 et 2013. Cette influence devient pratiquement inexistante en 2014, 2015 et 2016 à la suite de sa fermeture, les profils étant concentriques au point d'impact.

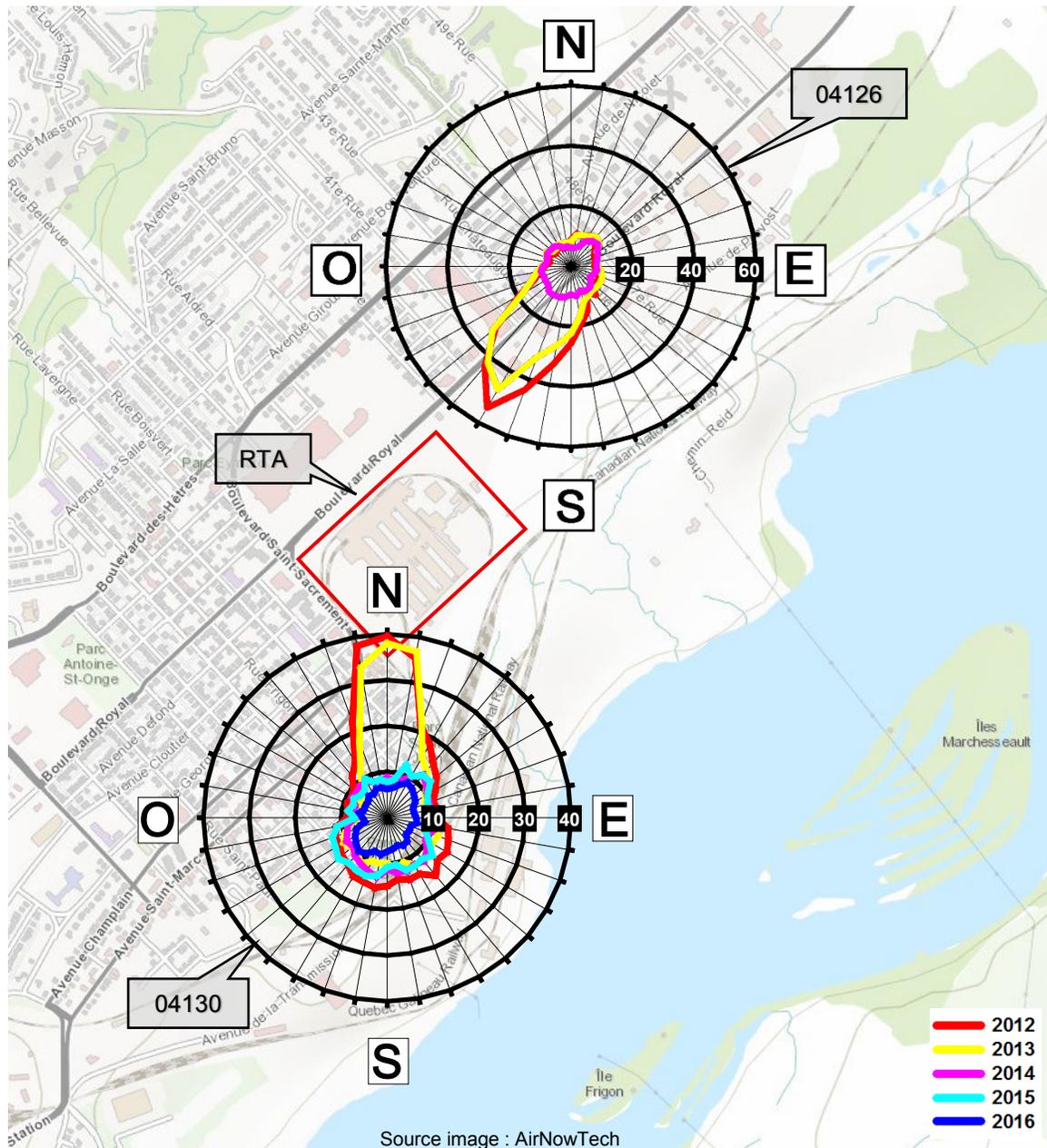


Figure 10. Roses de pollution des concentrations horaires des PM_{2,5} (µg/m³) de 2012 à 2016 à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) et de 2012 à 2014 à la station École Saint-Joseph (04126)

En 2015, soit la première année complète de données sans influence de l'usine Shawinigan de RTA, les concentrations moyennes de $PM_{2.5}$ à Shawinigan étaient parmi les plus élevées mesurées dans les autres milieux urbains du Québec (figure 11).

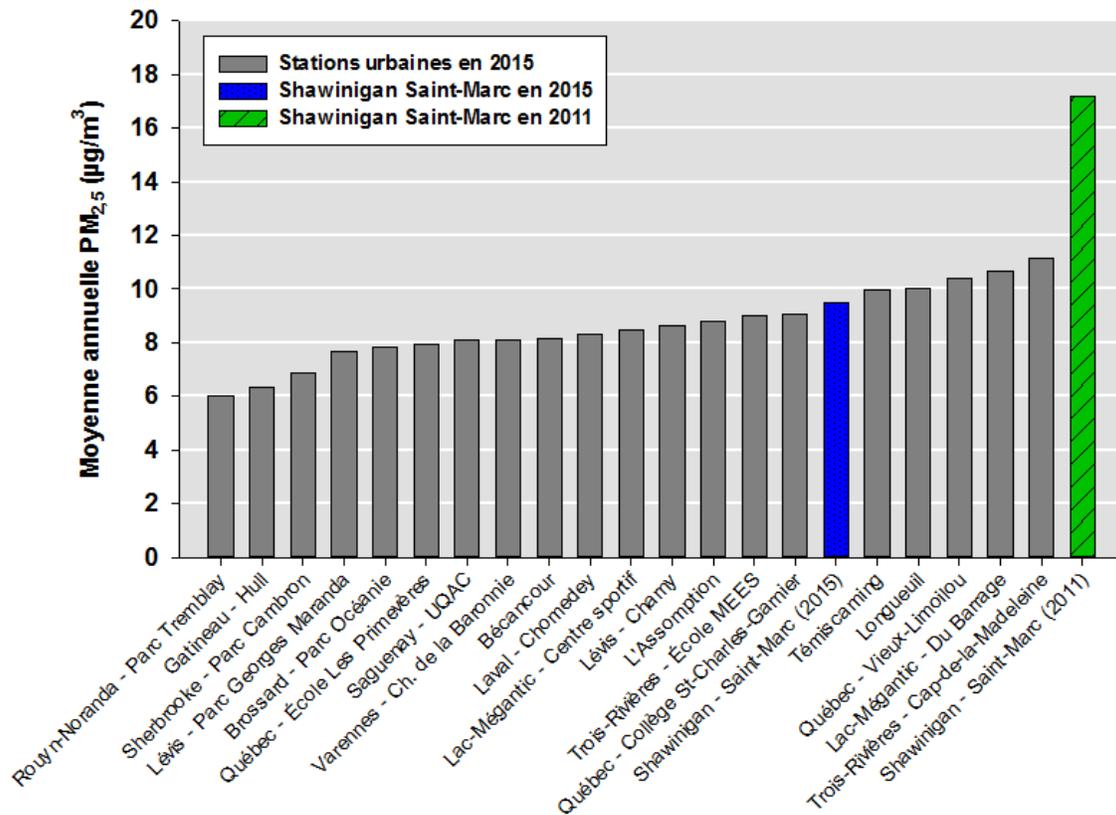


Figure 11. Comparaison des concentrations moyennes annuelles de $PM_{2.5}$ de la station Shawinigan–Saint-Marc en 2011 et 2015 avec celles des autres stations urbaines du RSQAQ en 2015

Cette observation, combinée au fait qu'il y a eu quelques dépassements de la norme quotidienne des $PM_{2.5}$ à la suite de la fermeture de l'aluminerie (figure 9c), suggère qu'il existe d'autres sources de $PM_{2.5}$ dans l'atmosphère à Shawinigan.

Les six jours de dépassement de la norme quotidienne du RAA de $30 \mu g/m^3$ pour les $PM_{2.5}$ (figure 9c) depuis la fermeture de l'usine de RTA ont tous été observés en hiver.

La figure 12 illustre les moyennes et les 98^{es} centiles des concentrations de $PM_{2.5}$ mesurées à la station Shawinigan–Saint-Marc pour chaque mois entre 2014 et 2018. Les moyennes des mois d'hiver et les 98^{es} centiles sont nettement plus élevés que les valeurs des autres saisons.

La figure 13 illustre les concentrations moyennes de $PM_{2.5}$ en hiver (décembre, janvier et février) après la fermeture de l'usine Shawinigan de RTA, soit de 2014 à 2018, en fonction des heures de la journée. Ce profil de concentration de $PM_{2.5}$, avec un maximum observable le matin et un autre la nuit, est typique de la pollution par le chauffage au bois (MELCC, 2019d).

La pollution par le chauffage au bois étant davantage observée l'hiver, l'ensemble de ces résultats concorde avec l'hypothèse que le chauffage au bois pourrait avoir un effet sur les concentrations de $PM_{2.5}$ dans l'air à Shawinigan.

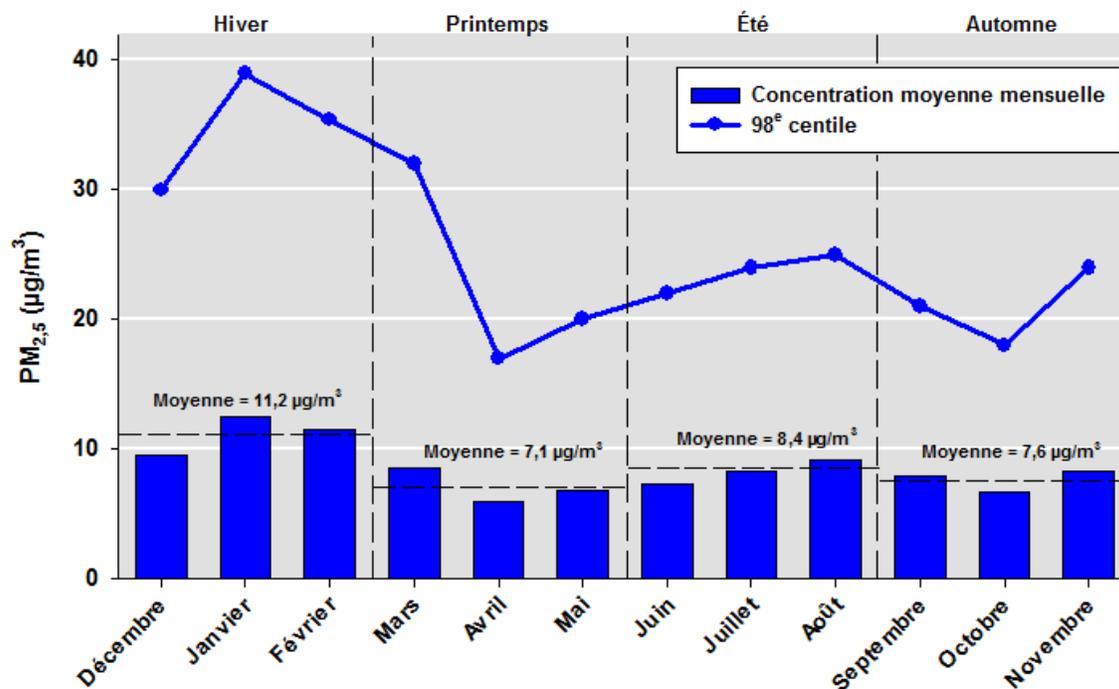


Figure 12. Moyennes et 98^e centile mensuels des concentrations de PM_{2,5} analysés à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) entre 2014 et 2018. Les lignes pointillées horizontales représentent les moyennes des concentrations pour chaque saison.

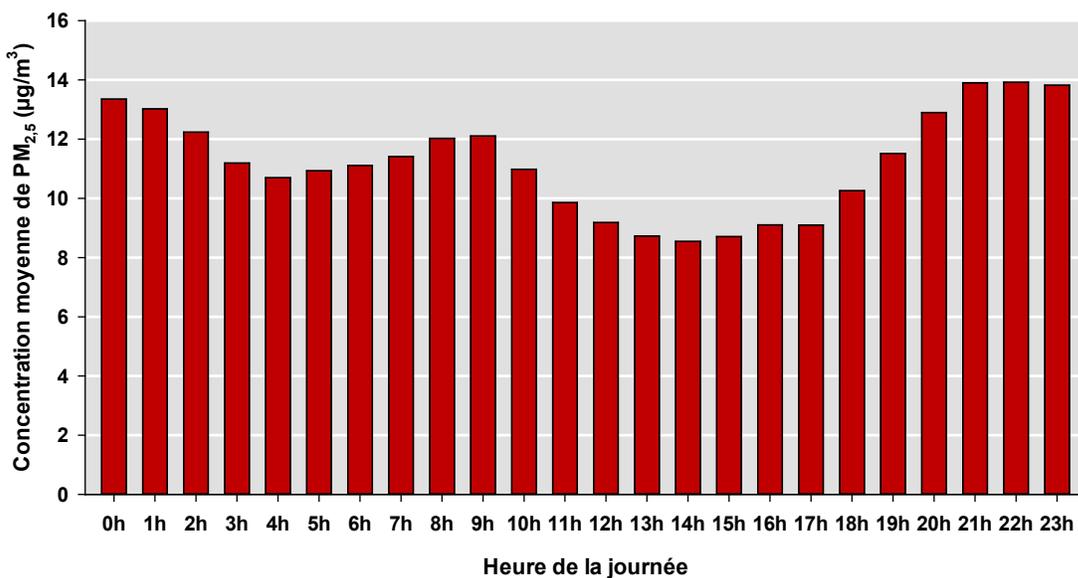


Figure 13. Concentrations moyennes de PM_{2,5} en hiver (décembre à février) entre 2014 et 2018 en fonction de l'heure de la journée

En résumé, la fermeture de l'aluminerie RTA a contribué significativement à la baisse des niveaux de $PM_{2,5}$ dans l'air à Shawinigan. Par contre, d'autres sources, dont le chauffage au bois, semblent à l'origine de certains dépassements des normes pour les $PM_{2,5}$ dans cette ville.

3.5 Particules respirables

Le MELCC a effectué le suivi des concentrations de PM_{10} à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) de 1994 à 2015. Ce contaminant ne possède pas de norme dans le RAA. La figure 14 illustre l'évolution des concentrations annuelles de PM_{10} à cette station. Selon une analyse de Theil-Sen, les concentrations quotidiennes de PM_{10} ont diminué de manière statistiquement significative (p -value < 0,001) entre 1994 et 2015. La diminution des concentrations quotidiennes de PM_{10} est aussi statistiquement significative à la suite de la fermeture de l'usine Norton, soit entre 2002 et 2015 (p -value < 0,05).

Il existe une différence statistiquement significative entre les concentrations quotidiennes de PM_{10} mesurées avant (1994 à 2001) et après (2002 à 2015) la fermeture de l'usine Norton selon les résultats d'un test de Wilcoxon (p -value < 0,001). Par contre, bien que les concentrations moyennes annuelles de PM_{10} de 2014 et 2015 soient les plus basses depuis 1994, il n'existe pas de différence statistiquement significative (p -value = 0,09) entre les concentrations quotidiennes de PM_{10} mesurées avant la fermeture de l'aluminerie RTA (du 1^{er} janvier 2002 au 28 février 2014) et celles mesurées après la fermeture (du 1^{er} mars 2014 au 31 décembre 2015). La fermeture de l'aluminerie RTA n'explique donc pas la diminution des concentrations quotidiennes de PM_{10} dans l'air à Shawinigan de 2002 à 2015.

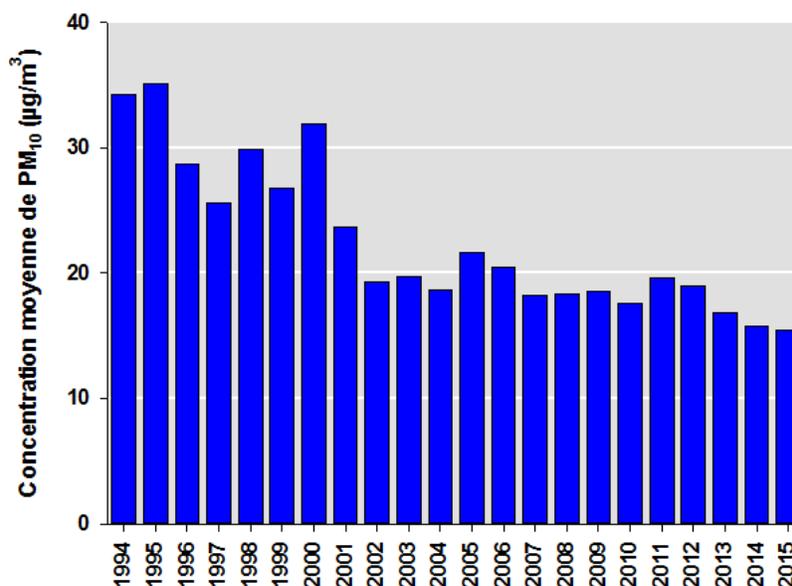


Figure 14. Évolution des concentrations annuelles moyennes de PM_{10} à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) de 1994 à 2015

D'ailleurs, les concentrations de PM_{10} mesurées à la station Shawinigan–Saint-Marc étaient les plus faibles observées parmi les milieux urbains du Québec en 2015 (figure 15).

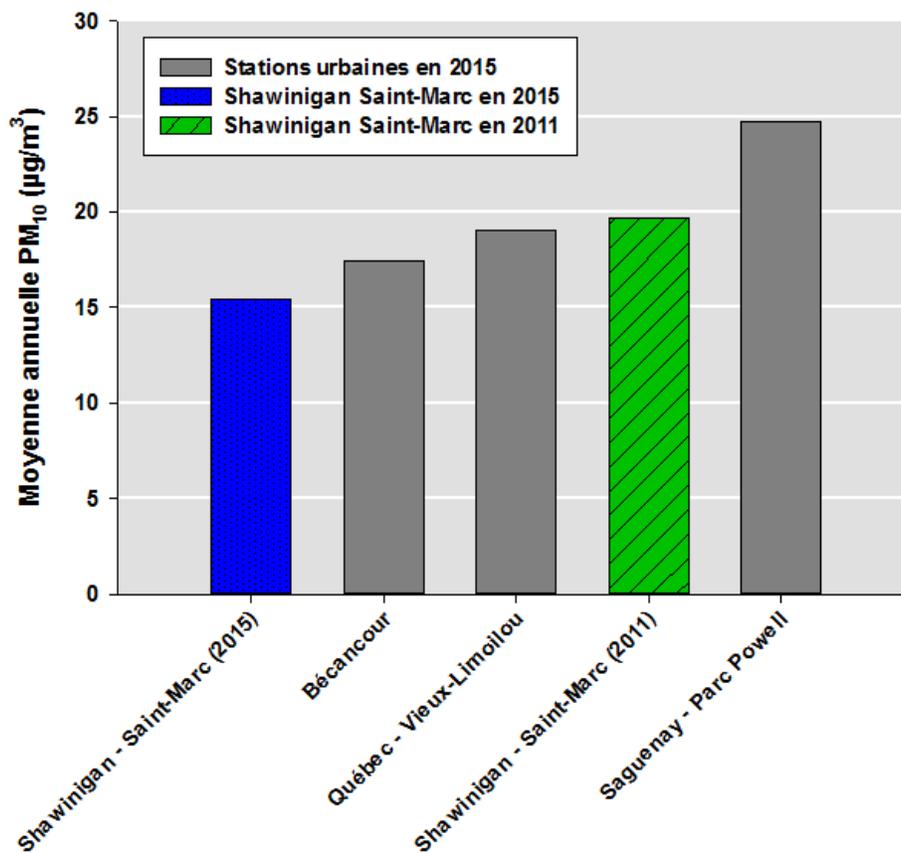


Figure 15. Comparaison des concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ de la station Shawinigan–Saint-Marc en 2011 et 2015 avec celles des autres stations urbaines du RSQAQ en 2015

3.6 Particules en suspension totales

Le RSQAQ a effectué le suivi des concentrations de PST à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) de 1978 à 2015 et à la station École Saint-Joseph (04126) entre 1986 et 2002. La figure 16 illustre l'évolution des concentrations annuelles de PST ainsi que le pourcentage des échantillons ayant dépassé la valeur seuil de 120 µg/m³ (norme du RAA pour les PST depuis juin 2011) à cette station.

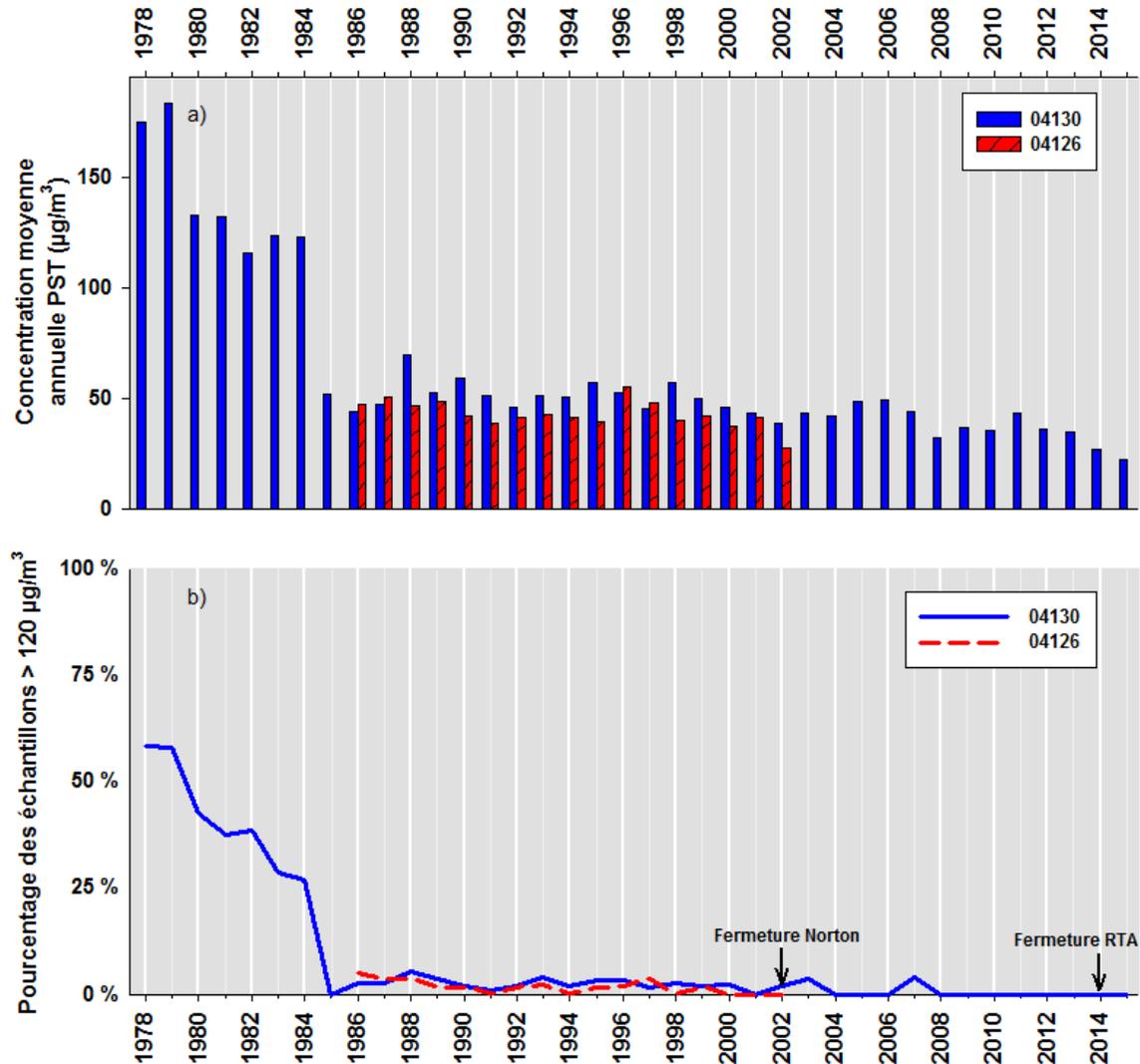


Figure 16. Évolution des concentrations moyennes annuelles (a) de PST à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) entre 1978 et 2015 et à la station École Saint-Joseph (04126) entre 1986 et 2002 et du pourcentage des échantillons ayant dépassé la valeur seuil de 120 µg/m³ (norme du RAA pour les PST à partir de juin 2011) (b)

Les concentrations moyennes annuelles de PST ont diminué entre 1978 et 2015 à la station 04130 et entre 1986 et 2002 à la station 04126. À la station Shawinigan–Saint-Marc (04130), elles ont d'abord diminué de manière importante entre 1978 et 1985, passant de concentrations de plus de 150 µg/m³ à des concentrations avoisinant 50 µg/m³. Cette diminution s'explique en partie par la fermeture de plusieurs usines dans cette région au cours de cette période, mais aussi par l'amélioration de leurs systèmes antipollution, notamment par l'installation d'épurateurs. Par la suite, les concentrations de PST ont continué de diminuer de manière statistiquement significative (p -value < 0,001) entre 1985 et 2015 selon une analyse de Theil-Sen.

Le pourcentage des échantillons dont la concentration de PST est supérieure à la valeur seuil de 120 µg/m³ a aussi diminué aux deux stations. À la station Shawinigan–Saint-Marc (04130), ce pourcentage a d'abord subi une baisse importante entre 1979 et 1985, passant de plus de 25 %

des échantillons dépassant la valeur seuil à moins de 6 % par la suite. D'ailleurs, aucun dépassement de la norme du RAA n'a été observé depuis 2008.

À la station Shawinigan–Saint-Marc (04130), il existe une différence statistiquement significative (p -value = 0,0037) entre les concentrations quotidiennes de PST mesurées avant la fermeture de l'aluminerie RTA (du 1^{er} janvier 2012 au 28 février 2014) et celles mesurées après la fermeture (du 1^{er} mars 2014 au 31 décembre 2015), selon les résultats d'un test de Wilcoxon.

La figure 17 compare les concentrations de PST de la station Shawinigan–Saint-Marc (04130) avec d'autres milieux urbains au Québec pour l'année 2015. Les concentrations de PST mesurées à la station 04130 sont parmi les plus faibles observées parmi les autres milieux urbains du Québec en 2015.

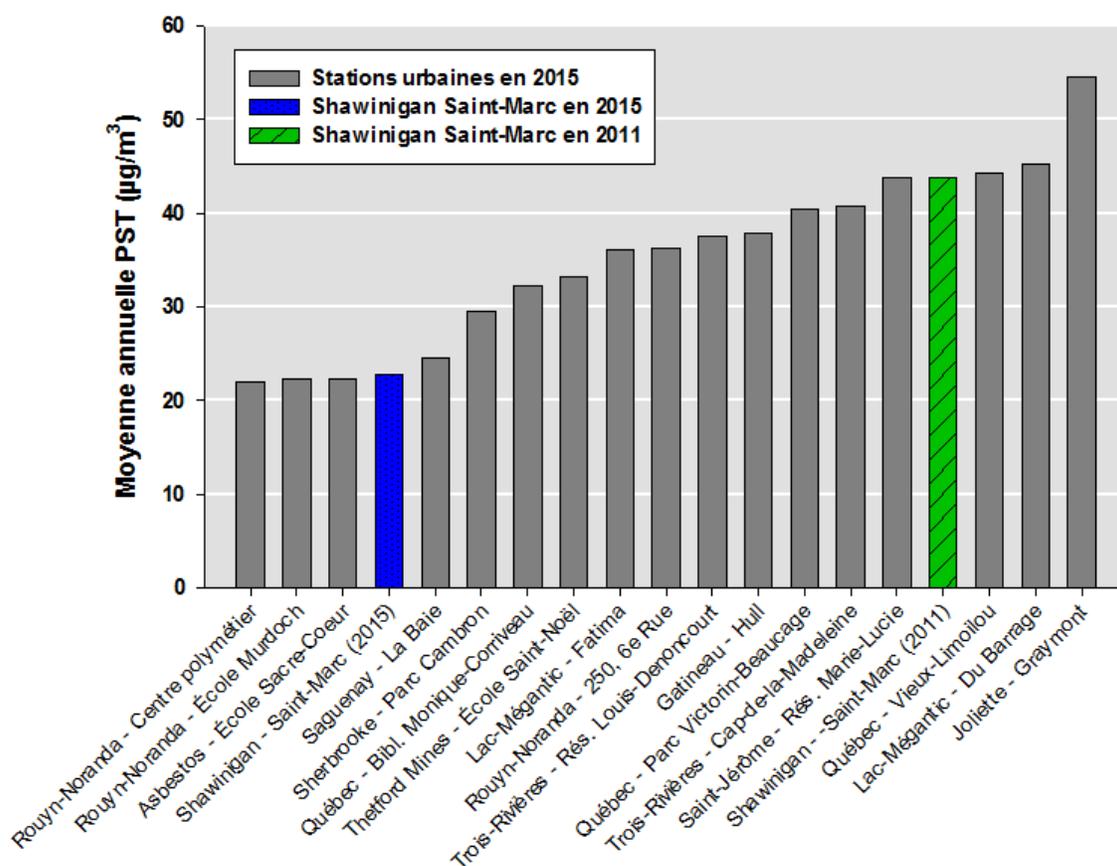


Figure 17. Comparaison des concentrations moyennes annuelles de PST de la station Shawinigan–Saint-Marc en 2011 et 2015 avec celles des autres stations urbaines du RSQAQ en 2015

En résumé, entre 1985 et 2015, les concentrations de PST ont été en constante baisse, la fermeture de l'aluminerie RTA ayant aussi contribué à les faire baisser significativement.

CONCLUSION

Le présent rapport a permis de dresser un portrait de la situation de la qualité de l'air à Shawinigan à l'aide des données recueillies à deux stations du RSQAQ.

La fermeture de l'aluminerie RTA à Shawinigan a eu un effet notable sur la qualité de l'air, qui est maintenant comparable aux autres milieux urbains du Québec. Les concentrations de SO₂, de PST et d'HAP dans l'air ont diminué de manière significative à la suite de la fermeture de l'aluminerie et respectent désormais les normes prescrites par le RAA. Les concentrations de PM_{2,5} ont aussi diminué de manière significative, mais des dépassements de norme ont tout de même été observés à Shawinigan en hiver, conséquence des émissions liées au chauffage au bois. Par ailleurs, l'aluminerie ne semblait pas être une source majeure de PM₁₀ puisque les concentrations de ce contaminant n'ont pas diminué de manière significative à la suite de sa fermeture.

Le suivi des concentrations de SO₂ dans l'air, un contaminant associé aux activités industrielles, n'est plus nécessaire puisque les concentrations de ce contaminant dans l'air ambiant à Shawinigan ne sont plus problématiques depuis la fermeture de l'aluminerie. Par contre, le suivi de la qualité de l'air demeure pertinent à Shawinigan, notamment pour documenter les polluants liés au chauffage au bois qui ont un effet sur la qualité de l'air de la ville en hiver.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DIRECTION DE SANTÉ PUBLIQUE DE LA MAURICIE ET DU CENTRE-DU-QUÉBEC (DSP), 2011. *Évaluation du risque pour la santé associé à la qualité de l'air ambiant à Shawinigan*. [En ligne], Québec, Agence de la santé et des services sociaux de la Mauricie et du Centre-du-Québec [www.santecom.qc.ca/Bibliothequevirtuelle/Mauricie/9782893402499.pdf].
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES CANADA (ECCC), 2019. *Conditions météorologiques et climatiques passées – Données historiques*. [En ligne], Gouvernement du Canada [https://climat.meteo.gc.ca/historical_data/search_historic_data_f.html].
- FOUCREULT, M.-A., 2019. *Bilan de la qualité de l'air au Québec 2016*. [En ligne]. Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 25 p. + 8 annexes [www.environnement.gouv.qc.ca/air/bilan/qualite-air-quebec-2016.pdf].
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC), 2019a. *Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec*. [En ligne], Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement [www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/Carte.asp].
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC), 2019b. *Banque de données sur la qualité de l'air ambiant*. Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement [Pour information] [infoair@environnement.gouv.qc.ca].
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC), 2019c. *Homogénéisation et calcul des tendances des températures*. [En ligne], Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement [www.environnement.gouv.qc.ca/climat/tendances/homogeneisation.htm#methodecalcul].
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC), 2019d. *Le chauffage au bois*. [En ligne], Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement [<http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/chauf-bois/index.htm>].
- R CORE TEAM, 2017. *R: A language and environment for statistical computing*. [En ligne], R Foundation for Statistical Computing, Vienne, Autriche [www.r-project.org/].
- 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.

ANNEXES

ANNEXE 1. Statistiques annuelles des concentrations horaires de dioxyde de soufre à la station École Saint-Joseph (04126)

Année	Moyenne	n ¹	Écart-type	Min. ¹	Centiles ¹							Max. ¹	Dépassements RQA ²		Dépassements RAA ³	
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	98 ^e	99 ^e		(n)		(n)	
													1 h (500 ppb)		24 h (110 ppb)	
2002*	4,39	5 069	9,20	0,00	0,01	0,17	0,84	3,27	13,21	38,57	46,63	97,52	0	0		
2003	4,52	8 128	8,74	0,00	0,15	0,41	1,11	3,95	13,09	35,82	43,71	124,26	0	0		
2004	4,44	8 399	8,94	0,00	0,17	0,37	0,96	3,38	13,07	36,38	45,02	109,28	0	0		
2005	4,43	8 327	9,27	0,00	0,15	0,37	0,91	3,45	13,50	36,10	44,47	219,61	0	0		
2006	4,47	8 185	9,24	0,00	0,09	0,29	0,81	3,39	13,95	37,22	46,08	133,97	0	0		
2007	4,39	8 380	9,77	0,00	0,05	0,19	0,60	2,77	14,17	41,01	49,65	139,23	0	0		
2008	3,26	8 404	7,67	0,00	0,04	0,19	0,57	1,99	9,29	31,46	40,39	73,75	0	0		
2009	2,59	8 374	7,20	0,00	0,04	0,15	0,39	1,23	5,59	29,34	41,28	85,09	0	0		
2010	2,57	7 390	7,50	0,00	0,05	0,16	0,36	1,01	5,48	29,61	42,92	79,36	0	0		
2011*	2,42	5 491	6,97	0,00	0,02	0,08	0,27	1,11	5,52	28,33	38,57	83,35	0	0		

Notes : *Année incomplète contenant moins de 75 % de données valides;

Les données sont exprimées en partie par milliard (ppb);

Les données complètes sont disponibles auprès du service Info-Air (www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/info-air.htm).

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

2. RQA : Règlement sur la qualité de l'atmosphère, <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2038>

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

ANNEXE 2. Statistiques annuelles des concentrations horaires de dioxyde de soufre à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130)

Année	Moyenne	n ¹	Écart-type	Min. ¹	Centiles ¹							Max. ¹	Dépassements RQA ²		Dépassements RAA ³	
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	98 ^e	99 ^e		(n)		(n)	
											1 h (500 ppb)		24 h (110 ppb)			
1978	25,75	7 414	36,33	0	0	10	10	30	60	150	180	390	0	2		
1979	21,25	6 575	33,89	0	0	0	10	20	60	130	170	330	0	1		
1980	15,34	7 120	26,73	0	0	0	10	20	40	100	140	340	0	1		
1981	16,83	7 197	28,57	0	0	0	10	20	40	110	140	680	2	2		
1982*	12,15	6 561	22,09	0	0	0	10	10	30	80	110	340	0	0		
1983	17,37	6 983	33,64	0	0	0	10	20	40	140	180	390	0	3		
1984	11,56	6 764	25,84	0	0	0	0	10	30	100	140	330	0	0		
1985	10,00	7 045	24,85	0	0	0	0	10	30	100	130	270	0	1		
1986	22,55	6 937	46,47	0	0	0	10	20	60	190	230	650	1	5		
1987	16,88	7 884	42,55	0	0	0	0	10	50	170	220	530	1	4		
1988	16,28	7 529	44,65	0	0	0	0	10	40	180	230	470	0	8		
1989	20,82	7 807	46,41	0	0	0	10	20	50	180	250	540	3	7		
1990	21,31	7 802	45,32	0	0	0	10	20	60	180	230	520	3	4		
1991	15,76	8 258	36,77	0	0	0	0	10	40	140	210	390	0	4		
1992	13,55	8 284	34,00	0	0	0	0	10	40	130	180	430	0	3		
1993	19,10	8 190	40,21	0	0	0	10	20	60	160	210	480	0	3		
1994	14,77	8 363	38,57	0	0	0	0	10	40	160	210	450	0	4		
1995	17,62	7 706	41,65	0,00	0,00	0,53	3,47	11,80	47,25	166,40	222,10	453,80	0	4		
1996	19,02	6 882	43,14	0,00	0,00	0,80	4,00	12,56	55,05	175,40	232,20	394,40	0	7		
1997	15,43	7 836	34,04	0,00	0,00	0,73	3,73	10,40	43,73	142,40	173,90	415,40	0	2		
1998	15,44	8 212	32,46	0,00	0,21	1,04	3,26	12,37	44,95	134,00	165,80	402,40	0	2		
1999	13,83	8 359	30,72	0,00	0,44	1,16	3,07	10,63	37,83	120,75	164,90	434,40	0	0		
2000	9,41	8 347	19,50	0,00	0,45	1,05	2,54	8,08	25,06	75,37	103,41	231,41	0	0		

Notes : *Année contenant moins de 75 % de données valides;

Les données sont exprimées en partie par milliard (ppb);

Les données complètes sont disponibles auprès du service Info-Air (www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/info-air.htm).

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

2. RQA : Règlement sur la qualité de l'atmosphère, <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2038>

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

Annexe 2 (suite)

Année	Moyenne	n ¹	Écart-type	Min. ¹	Centiles ¹							Max. ¹	Dépassements RQA ²		Dépassements RAA ³	
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	98 ^e	99 ^e		(n) 1 h (500 ppb)		(n) 24 h (110 ppb)	
2001	9,79	8 363	26,16	0,00	0,44	0,93	2,30	5,75	20,62	101,68	151,40	325,63	0	1		
2002	4,42	8 264	9,36	0,00	0,29	0,68	1,55	3,66	9,39	39,44	50,72	181,47	0	0		
2003	4,62	8 102	9,88	0,00	0,23	0,57	1,48	3,83	10,03	41,60	54,65	169,90	0	0		
2004	4,45	8 322	9,46	0,00	0,27	0,67	1,51	3,52	9,38	41,15	52,12	156,53	0	0		
2005	4,91	8 383	12,23	0,00	0,28	0,63	1,51	3,81	10,80	43,38	56,61	361,01	0	0		
2006	4,30	8 381	9,84	0,00	0,14	0,45	1,22	3,15	9,36	41,70	54,57	118,07	0	0		
2007	4,15	8 380	10,64	0,00	0,15	0,39	1,06	3,03	9,11	37,84	52,85	247,36	0	0		
2008	3,28	8 404	9,26	0,00	0,09	0,27	0,71	2,01	5,78	36,23	51,24	162,04	0	0		
2009	2,41	8 375	7,06	0,00	0,07	0,20	0,49	1,27	4,33	28,79	38,28	85,97	0	0		
2010	3,90	8 104	11,00	0,00	0,03	0,14	0,38	1,43	9,61	44,98	59,15	107,31	0	0		
2011	4,02	8 476	11,13	0,00	0,12	0,29	0,72	1,71	8,42	46,64	60,14	114,66	0	0		
2012	2,53	8 772	7,43	0,00	0,06	0,14	0,57	1,38	4,42	29,68	42,42	110,95	0	0		
2013	2,07	8 750	7,49	0,00	0,05	0,10	0,23	0,71	2,47	29,46	43,99	90,95	0	0		
2014	0,36	8 743	0,55	0,01	0,07	0,10	0,15	0,36	0,90	2,07	2,79	9,27	0	0		
2015	0,29	8 753	0,45	0,02	0,07	0,10	0,14	0,27	0,68	1,66	2,24	7,61	0	0		
2016	0,24	8 752	0,38	0,00	0,03	0,06	0,13	0,24	0,55	1,40	1,98	5,02	0	0		
2017	0,21	8 753	0,37	0,00	0,02	0,04	0,09	0,22	0,50	1,29	1,78	6,93	0	0		
2018	0,20	8 748	0,36	0,00	0,02	0,04	0,07	0,20	0,50	1,43	1,87	5,24	0	0		

Notes : *Année contenant moins de 75 % de données valides;
 Les données sont exprimées en partie par milliard (ppb);
 Les données complètes sont disponibles auprès du service Info-Air (www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/info-air.htm).

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

2. RQA : Règlement sur la qualité de l'atmosphère, <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2.%20r.%2038>

3. RAA : Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère, <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/atmosphere/raa.htm>

ANNEXE 3. Statistiques annuelles des concentrations quotidiennes de benzo[a]pyrène à la station Shawinigan – Saint-Marc (04130)

Année	Moyenne	n ¹	n < LD ¹	Écart-type	Min. ¹	Centiles ¹							Max. ¹
						10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	98 ^e	99 ^e	
1999	24,12	17	0	45,90	0,21	0,25	0,49	2,70	7,60	100,0	134,0	142,0	150,0
2000	26,93	24	0	51,46	0,09	0,67	1,58	4,55	22,00	82,50	174,0	197,0	220,0
2001	4,59	25	0	15,60	0,03	0,03	0,15	0,50	1,50	4,58	47,76	62,88	78,00
2002	5,40	26	5	13,47	0,03	0,06	0,23	0,50	3,10	8,95	47,00	55,50	64,00
2003	3,72	30	9	7,17	0,02	0,02	0,09	0,78	3,03	11,50	25,20	28,10	31,00
2004	5,16	30	12	10,69	0,02	0,02	0,11	0,50	1,30	21,60	35,04	38,52	42,00
2005	13,89	31	3	40,16	0,02	0,10	0,25	0,50	3,30	36,00	128,4	169,2	210,0
2006	13,85	28	7	38,68	0,02	0,02	0,08	0,65	3,20	26,00	143,8	151,9	160,00
2007	3,65	29	18	7,17	0,05	0,08	0,15	0,70	2,40	14,80	23,40	26,20	29,00
2008	34,68	30	7	115,4	0,10	0,20	0,36	0,80	3,35	28,40	447,8	473,9	500,0
2009	9,23	28	12	18,56	0,10	0,15	0,24	1,00	2,33	36,40	59,38	60,19	61,00
2010	3,63	27	17	6,63	0,10	0,18	0,55	0,65	3,00	13,20	21,76	24,88	28,00
2011	8,79	25	15	15,23	0,06	0,57	0,65	0,95	5,10	37,80	46,52	46,76	47,00
2012	1,76	15	12	2,48	0,15	0,42	0,53	0,60	0,90	6,36	6,89	6,94	7,00
2013	1,90	20	15	3,99	0,10	0,15	0,30	0,40	0,68	5,60	13,48	14,24	15,00
2014	0,59	24	11	0,67	0,05	0,05	0,10	0,13	1,00	1,34	2,22	2,31	2,40
2015	0,58	21	12	1,06	0,05	0,10	0,10	0,10	0,50	1,10	3,56	4,18	4,80

Notes : Les données sont exprimées en nanogrammes par mètre cube (ng/m³);

Les données complètes sont disponibles auprès du service Info-Air (www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/info-air.htm).

1. n : nombre de données; n < LD : nombre de données plus petit que la limite de détection; Min. : concentration minimale; 10^e, 25^e, 75^e, 90^e, 98^e, 99^e : centiles des concentrations; Max. : concentration maximale

ANNEXE 4. Statistiques annuelles des concentrations horaires de particules fines à la station École Saint-Joseph (04126)

Appareil	Année	Moyenne	n ¹	Écart-type	Min. ¹	Centiles ¹							Max. ¹	Dépassements RAA ² (n)
						10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	98 ^e	99 ^e		24 h (30 ppb)
BAM-1020	2012	13,1	7 749	17,0	0	2	4	7	15	31	71	88	167	28
	2013	13,5	7 840	16,0	0	3	5	8	16	29	66	82	326	22
	2014	9,1	8 347	7,1	0	2	4	7	12	18	30	35	69	1
	2002*	13,7	5 328	22,2	0	0	1,4	5,6	14,9	38,9	88,5	106,1	188,2	27
TEOM-SES	2003	11,1	8 724	16,3	0	0	1,7	5,6	13,5	26,8	66,7	83,8	170,0	23
	2004	11,1	8 301	17,8	0	0	1,4	4,8	12,7	27,1	74,0	93,0	191,7	32
	2005	12,0	8 402	17,8	0	0	1,6	5,1	14,5	32,4	72,0	87,4	182,2	39
	2006	11,1	8 312	17,5	0	0	1,6	5,0	13,2	26,7	72,3	92,2	170,1	23
	2007	10,8	8 453	18,3	0	0	1,4	4,3	11,7	27,5	77,7	96,7	180,8	30
	2008	10,1	8 431	16,0	0	0	1,8	4,9	11,4	25,2	62,6	83,7	166,8	17
	2009	7,1	8 008	11,4	0	0	0,7	3,4	8,3	17,3	48,0	61,1	112,6	6
	2010	7,9	8 096	13,4	0	0	0,9	3,3	8,8	19,4	55,1	70,4	169,5	11
2011*	8,2	6 402	12,8	0	0	1,5	4,1	9,6	18,5	50,7	69,6	154,3	4	

Notes : *Année contenant moins de 75 % de données valides;

Les données sont exprimées en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$);

Les données complètes sont disponibles auprès du service Info-Air (www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/info-air.htm).

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

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

ANNEXE 5. Statistiques annuelles des concentrations horaires de particules fines à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130)

Appareil	Année	Moyenne	n ¹	Écart-type	Min. ¹	Centiles ¹							Max. ¹	Dépassements RAA ² (n)
						10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	98 ^e	99 ^e		24 h (30 ppb)
BAM-1020	2010*	16,6	5 334	21,9	0	4	6	9	17	35	95	119	199	25
	2011	17,2	8 721	19,1	0	5	8	12	20	31	83	110	197	29
	2012	15,2	8 512	16,2	0	4	7	11	19	29	64	89	233	22
	2013	12,3	8 596	15,9	0	2	5	8	15	24	63	92	189	17
	2014	10,0	8 560	7,3	0	3	5	8	13	20	29	34	59	1
	2015	9,5	8 049	7,5	0	2	5	8	12	19	30	36	84	3
	2016	6,7	8 452	5,9	0	1	3	5	8	14	24	30	66	0
	2017	8,4	8 240	6,3	0	3	5	7	11	15	27	32	118	0
	2018	8,3	8 305	6,5	0	3	4	6	11	16	28	32	68	2
TEOM-SES	1998	17,9	8 081	36,1	0	0,5	2,9	8,2	18,2	39,9	112,7	169,7	638,6	52
	1999*	17,4	6 349	27,7	0	1,1	3,8	9,0	19,5	40,7	91,1	126,2	489,8	38
	2000	21,4	8 695	56,9	0	0,4	2,9	8,0	18,5	43,6	164,5	262,7	967,3	75
	2001	16,6	8 711	34,9	0	0,1	2,9	7,7	16,6	34,7	107,7	166,9	631,1	42
	2002	11,2	8 403	16,6	0	0,1	2,5	6,3	12,9	25,0	67,5	89,8	185,2	21
	2003	11,6	8 282	16,4	0	0,6	3,0	6,4	13,5	25,4	70,3	91,0	176,4	18
	2004	10,9	8 619	16,0	0	0,5	2,5	6,1	12,8	23,7	69,1	89,7	147,1	17
	2005	12,4	8 584	17,7	0	0,5	2,7	6,6	14,7	30,1	69,9	93,9	187,0	31
	2006	10,8	8 213	16,8	0	0,3	2,3	5,9	12,1	22,8	71,6	97,8	169,5	22
	2007	10,2	8 193	15,9	0	0,3	2,2	5,4	12,0	22,5	59,3	85,5	194,5	16
	2008	9,3	8 482	14,9	0	0,5	2,3	5,3	10,2	18,9	58,2	85,1	208,0	16
2009	8,2	6 712	12,5	0	0,2	2,0	4,7	9,6	17,4	49,6	67,9	166,7	6	

Notes : *Année contenant moins de 75 % de données valides.

Les données sont exprimées en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$);

Les données complètes sont disponibles auprès du service Info-Air (www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/info-air.htm).

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

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

ANNEXE 6. Statistiques annuelles des concentrations quotidiennes de particules respirables à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130)

Année	Moyenne	n ¹	Écart-type	Min. ¹	Centiles ¹							Max. ¹
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	98 ^e	99 ^e	
1994	34,27	45	46,64	8	12	19	25	32	49	323	323	323
1995	35,09	56	24,44	7	11	21	26	42	71	115	118	118
1996	28,68	56	14,06	6	15	19	27	33	47	62	83	83
1997	25,66	67	13,67	5	8	15	24	34	44	57	65	65
1998	29,85	61	19,43	5	10	16	25	37	54	69	122	122
1999	26,77	60	13,88	7	11	16	24	35	44	58	71	71
2000	31,91	58	37,67	4	8	14	19	32	74	175	198	198
2001	23,64	59	21,77	4	9	11	17	28	47	73	149	149
2002	19,28	57	16,15	5	7	10	14	22	34	68	93	93
2003	19,75	60	12,92	6	8	12	16	22	31	65	67	67
2004	18,70	53	10,23	5	8	12	17	23	31	50	54	54
2005	21,63	60	13,34	4	10	12	17	27	40	60	71	71
2006	20,44	61	13,71	5	9	11	17	26	36	50	86	86
2007	18,21	56	8,14	6	10	13	17	21	29	35	55	55
2008	18,32	56	13,22	4	7	10	14	21	35	64	66	66
2009	18,53	58	11,69	5	8	10	15	23	34	51	63	63
2010	17,53	58	12,30	5	6	8	14	24	35	54	62	62
2011	19,67	55	12,84	5	9	12	16	23	35	52	79	79
2012	19,00	48	9,71	5	7	12	17	24	31	48	48	48
2013	16,81	48	9,36	4	8	10	14	22	30	52	52	52
2014	15,72	51	7,15	0,5	7	11	14	21	25	27	38	38
2015*	15,43	36	9,63	0,5	4	9	13	20	33	43	43	43

Notes : *Année contenant moins de 75 % de données valides;

Les données sont exprimées en microgrammes par mètre cube (µg/m³);

Les données complètes sont disponibles auprès du service Info-Air (www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/info-air.htm).

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

ANNEXE 7. Statistiques annuelles des concentrations quotidiennes de particules en suspension totales à la station École Saint-Joseph (04126)

Année	Moyenne	n ¹	Écart-type	Min. ¹	Centiles ¹							Max. ¹	Dépassements RAA ² (n)
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	98 ^e	99 ^e		24 h (120 ppb)
1986	47,9	59	34,3	11	21,8	27,0	40,0	53,0	77,4	132,2	169,7	219	3
1987	51,0	56	32,7	7	16,0	25,8	46,0	72,0	86,0	121,8	151,1	183	2
1988	46,7	56	33,8	12	19,0	26,0	36,0	53,3	81,0	153,9	172,0	189	2
1989	49,1	59	24,9	12	24,0	29,0	44,0	60,5	79,0	105,0	115,7	129	1
1990	42,3	59	27,9	9	14,6	22,0	36,0	55,5	76,2	108,6	122,6	140	1
1991	38,9	57	23,5	8	13,6	22,0	34,0	48,0	67,0	101,6	106,0	111	0
1992	41,7	59	24,1	12	17,8	28,0	34,0	48,0	69,6	112,2	117,8	123	1
1993	43,1	47	26,3	9	18,2	24,0	36,0	56,0	80,4	105,5	114,3	123	1
1994	41,5	51	25,0	10	16,0	25,0	33,0	55,0	79,0	103,0	110,5	118	0
1995	39,6	61	24,7	1	14,0	22,0	36,0	48,0	63,0	110,8	123,8	134	1
1996	55,1	58	30,5	10	23,4	33,5	44,5	70,5	100,5	117,9	127,9	141	1
1997	48,4	56	49,8	10	16,0	23,8	37,0	56,3	80,5	166,8	252,3	348	2
1998	40,2	55	25,2	7	14,4	21,0	31,0	59,0	74,0	97,2	102,1	107	0
1999	42,4	59	26,0	8	15,0	25,0	35,0	58,5	80,8	97,4	114,4	137	1
2000	37,8	56	22,4	9	12,0	19,0	34,5	46,8	68,5	92,9	95,7	99	0
2001	41,5	56	21,7	8	18,0	25,8	39,0	50,0	65,5	101,3	103,8	106	0
2002*	27,9	23	19,3	3	11,2	14,0	23,0	32,0	54,2	75,3	78,1	81	0

Notes : *Année contenant moins de 75 % de données valides;

Les données sont exprimées en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$);

Les données complètes sont disponibles auprès du service Info-Air (www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/info-air.htm).

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

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

ANNEXE 8. Statistiques annuelles des concentrations quotidiennes de particules en suspension totales à la station Shawinigan–Saint-Marc (04130)

Année	Moyenne	n ¹	Écart-type	Min. ¹	Centiles ¹							Max. ¹	Dépassements RAA ² (n)
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	98 ^e	99 ^e		24 h (120 ppb)
1978	175,1	115	141,5	24	54,4	81,5	136,0	219,5	326,6	631,8	681,4	753	67
1979	183,7	117	134,7	21	50,6	73,0	147,0	271,0	386,2	534,0	557,6	602	68
1980	133,1	122	96,8	29	52,1	66,5	111,5	165,8	243,2	356,3	430,0	713	52
1981	132,0	117	118,3	22	38,0	57,0	90,0	162,0	305,2	463,8	490,7	630	44
1982	115,8	107	86,4	12	33,0	53,5	92,0	166,0	220,8	316,0	367,7	507	41
1983	124,0	56	111,4	21	42,5	50,8	79,5	146,8	269,0	479,2	480,9	482	16
1984	123,1	56	129,6	33	39,5	55,8	76,5	130,3	313,0	480,4	573,2	681	15
1985	52,3	54	21,8	15	28,3	37,3	51,0	65,0	77,0	109,1	110,9	112	0
1986	44,5	52	20,0	11	25,1	30,8	39,0	54,8	74,1	95,8	97,0	98	0
1987*	47,4	19	24,8	8	19,2	30,0	45,0	61,5	80,0	94,4	96,2	98	0
1988	69,7	58	67,6	17	24,4	34,5	50,0	75,0	107,6	257,8	329,4	420	4
1989	52,6	58	31,4	17	22,0	35,3	45,5	57,0	84,6	152,4	167,8	182	3
1990	59,2	58	27,9	12	28,7	38,3	56,0	73,8	95,2	118,7	132,3	150	1
1991	51,7	57	26,2	18	23,6	33,0	45,0	61,0	89,6	113,8	123,8	135	1
1992	46,4	58	27,2	11	20,0	27,3	37,0	58,5	79,5	103,7	126,8	157	1
1993	51,2	54	31,8	12	19,3	27,3	42,0	69,8	93,0	124,8	140,0	157	3
1994	50,6	56	34,2	14	25,5	31,3	41,0	58,3	81,0	112,6	171,6	242	1
1995	57,3	60	41,5	10	22,6	33,0	44,0	69,3	97,4	158,4	199,8	257	3
1996	52,7	58	26,6	15	24,4	33,3	46,0	65,0	84,2	123,9	130,5	139	3
1997	45,5	53	22,1	13	22,0	29,0	39,0	63,0	74,0	97,8	99,9	102	0
1998	63,7	45	39,2	13	27,2	38,0	58,0	75,0	92,4	175,0	208,0	241	3
1999*	50,2	42	25,0	19	22,0	31,3	49,0	61,0	81,2	112,0	123,5	135	1
2000	46,0	32	42,9	7	13,9	19,5	28,0	49,8	106,5	161,9	176,4	191	2

Notes : *Année contenant moins de 75 % de données valides;

Les données sont exprimées en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$);

Les données complètes sont disponibles auprès du service Info-Air (www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/info-air.htm).

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

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

Annexe 8 (suite)

Année	Moyenne	n ¹	Écart-type	Min. ¹	Centiles ¹							Max. ¹	Dépassements RAA ² (n)
					10 ^e	25 ^e	Médiane	75 ^e	90 ^e	98 ^e	99 ^e		24 h (120 ppb)
2001	43,8	32	25,0	6	21,0	23,8	39,0	54,3	76,9	104,6	108,3	112	0
2002	38,7	31	25,9	12	19,0	21,5	34,0	45,5	51,0	110,2	126,1	142	1
2003	43,5	29	26,6	16	21,4	29,0	35,0	46,0	79,6	114,2	120,1	126	1
2004	42,3	30	16,6	19	23,8	33,5	40,5	50,8	53,0	79,3	94,6	110	0
2005	48,8	28	22,3	12	27,0	29,0	46,0	63,5	76,8	93,9	94,5	95	0
2006	49,4	29	16,9	25	34,0	36,0	46,0	57,0	76,0	88,0	92,5	97	0
2007	44,1	25	21,9	23	24,8	31,0	40,0	48,0	59,8	103,5	115,8	128	1
2008	32,2	28	18,5	9	13,0	18,8	28,0	39,0	53,6	78,2	83,6	89	0
2009	37,2	30	20,9	10	16,9	22,0	30,5	47,5	67,3	91,4	91,7	92	0
2010	35,5	26	23,9	5	12,5	15,3	32,5	49,5	64,0	88,0	98,0	108	0
2011	43,8	27	21,8	10	23,4	28,5	41,0	57,5	71,2	90,8	100,4	110	0
2012	36,6	25	12,0	13	26,0	28,0	33,0	45,0	52,0	60,6	62,3	64	0
2013	35,2	23	19,0	12	13,0	19,5	32,0	48,0	55,8	74,7	75,3	76	0
2014*	27,4	20	12,7	3	13,6	18,3	27,0	38,5	42,3	46,2	46,6	47	0
2015*	22,8	20	16,3	8	9,0	11,0	18,0	28,0	42,3	63,0	68,5	74	0

Notes : *Année contenant moins de 75 % de données valides;

Les données sont exprimées en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$);

Les données complètes sont disponibles auprès du service Info-Air (www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/info-air.htm).

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

2. RAA : Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère, <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/atmosphere/raa.htm>



**Environnement
et Lutte contre
les changements
climatiques**

Québec 