

Qualité de l'air à Sept-Îles



Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée sous la coordination de la Direction du suivi de l'état de l'environnement du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC).

Renseignements

Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le centre d'information du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

Téléphone : 418 521-3830
1 800 561-1616 (sans frais)
Télécopieur : 418 656-5974
Courriel : info@mddelcc.gouv.qc.ca
Internet : www.mddelcc.gouv.qc.ca

Pour obtenir un exemplaire du document :

Direction du suivi de l'état de l'environnement du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

675, boulevard René-Lévesque Est, 7^e étage, boîte 22
Québec (Québec) G1R 5V7
Téléphone : 418 521-3820

Référence à citer :

WALSH, Pierre, Daniel BUSQUE et Guy GOSSELIN, (2015). *Qualité de l'air à Sept-Îles*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-73839-8 (PDF) 37 pages + 3 annexes.

Dépôt légal – 2015

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN 978-2-550-73839-8 (PDF)

© Gouvernement du Québec, 2015

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Auteurs	Pierre Walsh ¹ , Ph. D. Direction du suivi de l'état de l'environnement
	Daniel Busque ¹ Direction du suivi de l'état de l'environnement
	Guy Gosselin ¹ Direction du suivi de l'état de l'environnement
Analyse statistique	François D'Auteuil-Potvin ¹ Direction du suivi de l'état de l'environnement
Stations d'échantillonnage et appareils de mesures en continu	Christian Roy ¹ Direction du suivi de l'état de l'environnement
Analyses de laboratoire	Jean-Pierre Blouin ² Division des contaminants industriels inorganiques, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
	Paule Émilie Groleau ² Division des contaminants industriels organiques, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec

¹ Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Édifice Marie-Guyart, 675 boulevard René-Lévesque Est, 7^e étage Québec (Québec) G1R 5V7

² Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 850 boulevard Vanier, Laval (Québec) H7C 2M7

REMERCIEMENTS

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) tient à remercier la municipalité de Sept-Îles pour son soutien technique durant la réalisation de ce travail ainsi que la Direction de la santé publique de la Côte-Nord pour sa participation à la localisation des stations d'échantillonnage. Un remerciement aussi pour les commentaires et recommandations à Mathieu Beaupré³, Julien Hotton³, Gilles Boulet¹, Jean-François Brière¹, Yves Grimard¹, François Houde¹, Alain Gaudreault⁴, Élisabeth Tremblay⁴, Louis Martel², Danièle Richoz². Merci également pour l'échantillonnage, l'installation des stations et la calibration des instruments à Francis Beaudry-St-Arnaud⁴, Martine Baron⁴, Erick Desrosiers⁴, Maxime Daigle¹ et Patrick Pouliot¹.

¹ Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Édifice Marie-Guyart, 675 boulevard René-Lévesque Est, 7^e étage Québec (Québec) G1R 5V7

² Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 850 boulevard Vanier, Laval (Québec) H7C 2M7

³ Direction des politiques du milieu atmosphérique, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Édifice Marie-Guyart, 675 boulevard René-Lévesque Est, 7^e étage Québec (Québec) G1R 5V7

⁴ Direction régionale de l'analyse et de l'expertise de la Côte-Nord, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 818 boulevard Laure, Sept-Îles (Québec) G4R 1Y8

RÉSUMÉ

En juin 2009, le laboratoire mobile du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) a réalisé des mesures de la qualité de l'air dans les rues de Sept-Îles et, en 2010, le MDDELCC a publié sur son site Web un rapport dressant un bilan des différentes mesures de la qualité de l'air effectuées depuis les années 1980. Afin de parfaire la connaissance de la qualité de l'air dans le secteur urbain de la ville de Sept-Îles, le MDDELCC a exploité, de juin 2012 à juin 2013, deux stations temporaires d'échantillonnage, soit les stations Livingston (09060) et Gamache (09061), situées respectivement à l'ouest et à l'est de la ville.

La station Livingston a été dotée d'appareils de mesure en continu des particules fines ($PM_{2.5}$), de l'ozone (O_3), du dioxyde d'azote (NO_2) et du dioxyde de soufre (SO_2), ainsi que d'échantillonneurs pour les particules totales en suspension (PST), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les dioxines et furanes (DF) et les composés organiques volatils (COV). À la station Gamache, des échantillonneurs pour les PST et les COV ont été installés. Les métaux et des métalloïdes ont été analysés dans les PST aux deux stations.

Les résultats ont démontré que les normes et critères de qualité de l'air ont tous été respectés, qu'il s'agisse des paramètres mesurés dans les échantillons prélevés et analysés en laboratoire (PST, COV, métaux et métalloïdes, HAP et DF) ou des paramètres suivis par les appareils de mesure en continu ($PM_{2.5}$, O_3 , NO_2 et SO_2). De plus, les niveaux de concentration des différents contaminants sont souvent comparables à ceux qu'on trouve dans des milieux ruraux plutôt que dans les milieux urbains. C'est le cas, par exemple, des concentrations moyennes des $PM_{2.5}$ ($4,9 \mu g/m^3$), de l'ozone (28 ppb), du NO_2 (2,6 ppb) et du SO_2 (0,7 ppb). En ce qui concerne le NO_2 , sa concentration moyenne à Sept-Îles est même la plus faible de l'ensemble du réseau québécois pour l'année 2012.

À partir de l'ensemble des résultats des contaminants mesurés en continu, il a été possible de calculer l'indice de la qualité de l'air (IQA) à chacune des heures de la période d'échantillonnage. Dans 90 % des cas, l'IQA a été classé dans la catégorie « bonne », ce qui est un résultat exceptionnel. L'IQA a été le meilleur de l'ensemble des stations pour l'année 2012 et il a même été le meilleur enregistré depuis le début des mesures au Québec.

Les mesures effectuées pendant une année, soit de juin 2012 à juin 2013, ont permis de démontrer que la qualité de l'air à Sept-Îles était très bonne. L'application de la Loi sur la qualité de l'environnement et du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère, entre autres, permettra de maintenir une bonne qualité de l'air dans les années à venir.

RÉSUMÉ TECHNIQUE

Deux stations temporaires d'échantillonnage ont été installées par le MDDELCC afin de parfaire la connaissance de la qualité de l'air dans le secteur urbain de la ville de Sept-Îles. Les stations ont été en opération de juin 2012 à juin 2013. La station Livingston (09060) a été dotée d'appareils de mesure en continu des particules fines ($PM_{2,5}$), de l'ozone (O_3), du dioxyde d'azote (NO_2) et du dioxyde de soufre (SO_2), ainsi que d'échantillonneurs pour les particules totales en suspension (PST), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les dioxines et furanes (DF) et les composés organiques volatils (COV). La station Gamache (09061) a été dotée d'échantillonneurs pour les PST et les COV. Les métaux et métalloïdes ont été analysés sur les PST aux deux stations.

Les concentrations moyennes de PST aux deux stations sont similaires, quoique d'environ 10 % plus élevées à la station Gamache ($24,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $n = 34$) qu'à la station Livingston ($21,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $n = 34$). Les concentrations maximales de PST ont été de $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivement à Livingston et Gamache, soit sous la norme quotidienne de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'aluminium, le fer et le manganèse ont été détectés dans presque tous les échantillons alors que l'arsenic, le plomb le cadmium et le cobalt ont été détectés beaucoup moins fréquemment. D'autres éléments comme le béryllium, le chrome et le bismuth n'ont été détectés dans aucun des échantillons. Tous les métaux et métalloïdes analysés respectent les normes et les critères de qualité de l'air.

Un ensemble de 68 COV a été analysé dans des échantillons des stations Livingston ($n = 21$) et Gamache ($n = 20$). La plupart des COV n'ont été détectés dans aucun des échantillons. La majorité des résultats d'analyse se sont révélés sous les limites de détection pour le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et le xylène (BTEX). Les concentrations de COV ont toutes été sous les valeurs des normes et des critères de qualité de l'air.

Des analyses de HAP (48 composés) et de DF (28 composés) ont été réalisées sur des échantillons récoltés à la station Livingston. Les moyennes annuelles des concentrations des deux HAP ayant une norme de qualité de l'air, soit le naphtalène (moyenne de $0,008 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et le benzo(a)pyrène (moyenne de $0,0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sont inférieures à leurs normes respectives de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et de $0,0009 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Des facteurs d'équivalence de toxicité ont été utilisés pour exprimer l'ensemble du potentiel cancérigène des différents HAP et les résultats démontrent que le niveau de risque atteint est quasi nul ou négligeable. La concentration moyenne des DF atteint $30,6 \text{ fg ET}/\text{m}^3$, soit une valeur d'environ la moitié de la norme actuelle de $60 \text{ fg ET}/\text{m}^3$. Toutefois, cette moyenne aurait été beaucoup plus faible ($7,5 \text{ fg ET}/\text{m}^3$) sans la contribution d'un échantillon dont la concentration a atteint $376,9 \text{ fg ET}/\text{m}^3$.

La concentration moyenne de $PM_{2,5}$ est de $4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, une valeur qui classe la station Livingston au même niveau que les stations du Québec situées en milieu rural. La moyenne annuelle des concentrations d'ozone (28 ppb) à la station Livingston est similaire à celles observées dans les stations rurales du réseau de mesure québécois. La concentration moyenne de NO_2 (2,6 ppb ou $4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est nettement sous la norme annuelle ($103 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et elle est la plus faible des concentrations moyennes des stations du réseau québécois (résultats de 2012). La concentration moyenne de SO_2 est de 0,7 ppb ou $1,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et la concentration maximale sur

4 minutes a été de $131,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit des concentrations très peu élevées par rapport à la norme annuelle ($52 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et à la norme sur 4 minutes ($1\,320 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Les concentrations de SO_2 de la station Livingston sont similaires à celles des stations rurales du sud du Québec ou à celles des stations de villes dans lesquelles il n'y a pas de source d'émissions industrielles de SO_2 .

L'indice de qualité de l'air publié par le MDDELCC a été calculé à partir des résultats de mesure des $\text{PM}_{2.5}$, O_3 , NO_2 et SO_2 . L'air à Sept-Îles a été classé dans la catégorie bonne dans 90 % des heures et 73 % des jours pendant la période, ce qui représente le meilleur résultat parmi toutes les stations depuis que le MDDELCC calcule et publie l'indice de la qualité de l'air (IQA) en 2004.

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION.....	1
2.	STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE ET D'ANALYSE	1
2.1	STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE	1
2.2	MÉTHODES ET CALENDRIER D'ÉCHANTILLONNAGE.....	3
3.	RÉSULTATS ET DISCUSSION	5
3.1	RÉSULTATS DES ÉCHANTILLONNAGES SÉQUENTIELS	5
3.1.1	PARTICULES EN SUSPENSION TOTALES.....	5
3.1.2	MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES	7
3.1.3	COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS.....	11
3.1.4	HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES	12
3.1.5	DIOXINES ET FURANES.....	19
3.2	RÉSULTATS DES ÉCHANTILLONNAGES EN CONTINU	21
3.2.1	PARTICULES FINES	22
3.2.2	OZONE.....	24
3.2.3	DIOXYDE D'AZOTE	26
3.2.4	DIOXYDE DE SOUFRE	28
3.2.5	STATISTIQUES ANNUELLES ET MENSUELLES.....	30
4.	INDICE DE LA QUALITÉ DE L'AIR.....	32
5.	CONCLUSION	34
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	35

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1.	CONTAMINANTS MESURÉS ET MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE ET D'ANALYSE	4
TABLEAU 2.	CONCENTRATIONS DE PARTICULES EN SUSPENSION TOTALES	6
TABLEAU 3.	CONCENTRATIONS DES MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES À LA STATION LIVINGSTON	9
TABLEAU 4.	CONCENTRATIONS DES MÉTAUX ET DES MÉTALLOÏDES À LA STATION GAMACHE	10
TABLEAU 5.	CONCENTRATIONS DE COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS À LA STATION LIVINGSTON....	13
TABLEAU 6.	CONCENTRATIONS DE COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS À LA STATION GAMACHE.....	14
TABLEAU 7.	CONCENTRATIONS D'HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES.....	16
TABLEAU 8.	CONCENTRATIONS MOYENNES MENSUELLES DES CONTAMINANTS MESURÉS EN CONTIN	31
TABLEAU 9.	STATISTIQUES DESCRIPTIVES ET RESPECT DES NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR.....	32

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1. LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE	2
FIGURE 2. LES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE : (A) : LIVINGSTON (09060); (B) : GAMACHE (09061)	2
FIGURE 3. ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS DE PARTICULES EN SUSPENSION TOTALES	6
FIGURE 4. RELATION ENTRE LES CONCENTRATIONS DE PARTICULES EN SUSPENSION TOTALES AUX STATIONS LIVINGSTON ET GAMACHE	7
FIGURE 5. ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS DE NAPHTALÈNE ET DE BENZO(A)PYRÈNE.....	15
FIGURE 6. RELATION ENTRE LES CONCENTRATIONS DE NAPHTALÈNE (A), BENZO(a)PYRÈNE (B) ET LA TEMPÉRATURE MOYENNE DE LA JOURNÉE	18
FIGURE 7. ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS DE DIOXINES ET DE FURANES.....	20
FIGURE 8. RELATION ENTRE LES CONCENTRATIONS DE BENZO(a)PYRÈNE ET DE DIOXINES ET FURANES	20
FIGURE 9. DIAGRAMME EN BOÎTE	21
FIGURE 10. ROSE DES VENTS POUR LA PÉRIODE 2000 À 2009	22
FIGURE 11. CONCENTRATIONS MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLE DES PARTICULES FINES.....	23
FIGURE 12. CONCENTRATIONS MOYENNES DES PARTICULES FINES À LA STATION LIVINGSTON (JUN 2012 À JUN 2013) ET AUX STATIONS DU PSQA (2012).....	23
FIGURE 13. ROSE DE POLLUTION DES PARTICULES FINES ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	24
FIGURE 14. CONCENTRATIONS MOYENNES MENSUELLES DE L'OZONE.....	25
FIGURE 15. CONCENTRATIONS MOYENNES DE L'OZONE À LA STATION LIVINGSTON (JUN 2012 À JUN 2013) ET AUX STATIONS DU PSQA (2012).....	25
FIGURE 16. ROSE DE POLLUTION DE L'OZONE (ppb)	26
FIGURE 17. CONCENTRATIONS MOYENNES D'OZONE SELON L'HEURE DU JOUR EN ÉTÉ ET EN HIVER..	26
FIGURE 18. CONCENTRATIONS MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLE DU DIOXYDE D'AZOTE	27
FIGURE 19. CONCENTRATIONS MOYENNES DU DIOXYDE D'AZOTE À LA STATION LIVINGSTON (JUN 2012 À JUN 2013) ET AUX STATIONS DU PSQA (2012).....	27
FIGURE 20. ROSE DE POLLUTION DU DIOXYDE D'AZOTE (ppb).....	28
FIGURE 21. CONCENTRATIONS DE DIOXYDE DE SOUFRE.....	29
FIGURE 22. CONCENTRATIONS MOYENNES DU DIOXYDE DE SOUFRE À LA STATION LIVINGSTON (JUN 2012 À JUN 2013) ET AUX STATIONS DU PSQA (2012).....	29
FIGURE 23. ROSE DE POLLUTION DU DIOXYDE DE SOUFRE (ppb).....	30
FIGURE 24. INDICE DE LA QUALITÉ DE L'AIR (IQA) À LA STATION LIVINGSTON (JUN 2012 À JUN 2013) ET DES SECTEURS DE L'IQA (2012)	33

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1. CALENDRIER D'ÉCHANTILLONNAGE	38
ANNEXE 2. LISTE DES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS ANALYSÉS	39
ANNEXE 3. TRAITEMENT STATISTIQUE DES RÉSULTATS SOUS LES LIMITES DE DÉTECTION ET DE QUANTIFICATION	40

1. Introduction

Depuis quelques années, certains citoyens de la ville de Sept-Îles craignent que la qualité de l'air de leur ville soit affectée par les activités industrielles en cours et par celles que pourrait amener une augmentation des activités minières sur la Côte-Nord. Pour répondre à cette préoccupation, le MDDELCC a demandé en 2009 au laboratoire mobile du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) d'y effectuer une évaluation de la qualité de l'air. Ce travail a été suivi en 2010 par la publication d'un rapport du MDDELCC faisant état des résultats de l'échantillonnage de 2009 et de l'ensemble des résultats des mesures effectuées à Sept-Îles par le MDDELCC depuis les années 1970 (Couture 2010). Le rapport concluait que la qualité de l'air à Sept-Îles était bonne et que les normes et critères de qualité de l'air du Québec étaient respectés.

Ce dernier rapport n'a toutefois répondu qu'en partie aux attentes et, en septembre 2011, le maire de Sept-Îles a demandé au MDDELCC l'installation d'une station permanente de mesure de l'indice de qualité de l'air (IQA). Pour répondre aux préoccupations de la Ville de Sept-Îles, le MDDELCC a installé deux stations d'échantillonnage temporaires avec comme objectif d'évaluer la qualité de l'air et de calculer l'IQA sur un cycle complet d'une année.

Ce rapport présente les résultats de l'échantillonnage réalisé de juin 2012 à juin 2013 dans la ville de Sept-Îles. Le rapport présente en premier les concentrations des contaminants, traces inorganiques et organiques et, en deuxième partie, les résultats des appareils de mesures en continu des particules fines ($PM_{2,5}$), de l'ozone (O_3), du dioxyde d'azote (NO_2) et du dioxyde de soufre (SO_2) ainsi que le calcul de l'IQA.

2. Stations d'échantillonnage et méthodes d'échantillonnage et d'analyse

2.1 Stations d'échantillonnage

Deux stations d'échantillonnage ont été installées dans le secteur le plus urbanisé de la ville afin de documenter la qualité de l'air auquel la plus grande partie de la population est exposée. Les stations ont été installées au nord-ouest de la ville, sur la rue Livingston, et au sud-est de la ville, sur la rue Gamache (figure 1).

La station Livingston est une station mobile du MDDELCC montée dans une remorque qui peut être déplacée selon les besoins (figure 2). La remorque est chauffée et climatisée afin d'assurer le bon fonctionnement des appareils de mesure. La station Gamache consiste en une plateforme en aluminium sur laquelle deux échantillonneurs ont été installés.

La station Livingston (09060) est située à environ 550 mètres du rivage de la baie de Sept-Îles, à 750 m du boulevard Laure et à 2,46 kilomètres de la station Gamache (09061). La station Gamache (108, rue Gamache) est située plus près de certaines activités industrielles de l'est de la ville, soit à environ 400 mètres à l'ouest de réservoirs pétroliers et à moins de 1 kilomètre d'installations portuaires; elle est à 750 m de la baie.

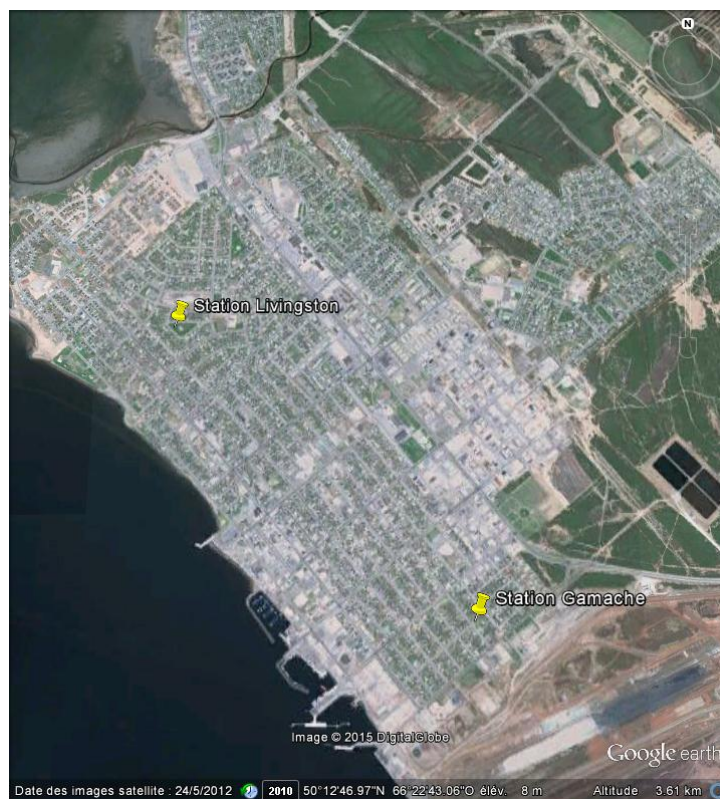


FIGURE 1. LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE



FIGURE 2. LES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE : (A) : LIVINGSTON (09060); (B) : GAMACHE (09061)

La station Livingston est équipée d'analyseurs en continu pour la mesure du dioxyde d'azote (NO_2), du dioxyde de soufre (SO_2), de l'ozone (O_3) et des particules fines ($\text{PM}_{2.5}$). Ces derniers mesurent les concentrations des contaminants dans l'air et transfèrent les données à un système d'acquisition.

La station Livingston (coordonnées : 50°13'2.80"N 66°23'43.10"O) comprend aussi des échantillonneurs séquentiels pour les particules en suspension totales (PST), les composés organiques volatils (COV), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les dioxines et furanes (DF). La station est munie d'une tour météo permettant la mesure en continu de la température, de l'humidité relative ainsi que de la vitesse et de la direction du vent.

La station Gamache (coordonnées : 50°12'7.70"N 66°22'13.30"O) comprend un échantillonneur à grand débit pour l'échantillonnage des PST et un boîtier permettant de protéger des intempéries les dispositifs d'échantillonnage de l'air pour l'analyse des COV.

Les stations ont été installées selon les directives en vigueur (MDDEFP 2013).

2.2 Méthodes et calendrier d'échantillonnage

Le tableau 1 résume les paramètres échantillonnés et mesurés ainsi que les méthodes d'échantillonnage et d'analyse. L'échantillonnage a été synchronisé avec le calendrier du réseau du programme de surveillance de la qualité de l'air (PSQA). Le calendrier d'échantillonnage détaillé est présenté à l'annexe 1. Tous les échantillonneurs séquentiels sont réglés pour être en opération pendant 24 heures, soit de 00^h00 à 23^h59 (heure normale de l'est). Pour les contaminants traces organiques associés généralement aux émissions liées au chauffage et à l'utilisation des combustibles (ex. : HAP et DF), une fréquence d'échantillonnage plus grande a été accordée à la saison froide. Les PST et les métaux et métalloïdes ont été échantillonnés de façon plus uniforme durant l'année. Les COV ont été mesurés régulièrement pendant toute l'année de façon à obtenir 20 jours d'échantillonnage simultanés aux deux stations.

Les particules totales en suspension sont échantillonnées sur des filtres avec des échantillonneurs à grand débit. Ces appareils récoltent typiquement les particules dont le diamètre aérodynamique est de moins de 100 à 150 microns (μm). Les métaux et métalloïdes sont analysés sur les filtres de PST aux deux stations.

Les échantillons d'air pour l'analyse des COV sont prélevés dans des canisters (bouteilles) faits d'un acier inoxydable traité qui réduit les réactions chimiques. Ils sont nettoyés avec de l'air pur avant chaque utilisation. Les canisters sont placés sous vide au laboratoire et un mécanisme permet leur remplissage graduel dans l'intervalle de temps choisi. Soixante-huit (66) composés organiques volatils ont été analysés (annexe 2).

Les DF et HAP, des composés semi volatils, sont prélevés avec un échantillonneur spécialisé muni d'une mousse absorbante permettant de capter les fractions solides et gazeuses de ces composés.

Les appareils de mesure en continu pour les $\text{PM}_{2.5}$, O_3 , NO_2 et SO_2 sont des appareils reconnus par l'Environmental Protection Agency des États-Unis pour la mesure de ces contaminants.

TABLEAU 1. CONTAMINANTS MESURÉS ET MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE ET D'ANALYSE

Station Gamache	
Contaminants échantillonnés	Méthodes d'échantillonnage et d'analyse
PST	Échantillonnage : échantillonneur à haut volume; <i>Designated Reference and Equivalent Methods</i> (EPA 2014) Analyses en laboratoire : MA. 100 – Part. 1.0 (CEAEQ 2012)
Métaux et métalloïdes	Échantillonnage : échantillonneur à grand débit Analyse en laboratoire : MA. 200 Mét. 1.2 (CEAEQ 2014)
COV	Échantillonnage : Prélèvements faits de façon passive dans des canisters sous vide en acier inoxydable rendu inertes Analyse en laboratoire : chromatographie en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse (CG / SM) MA. 401 -COV - canister 68 1.0 (méthode rédigée et accréditée mais non disponible)
Station Livingston	
Contaminants échantillonnés	Méthodes d'échantillonnage et d'analyse
PST	Même que station Gamache
Métaux et métalloïdes	Même que station Gamache
COV	Même que station Gamache
DF	Échantillonnage : <i>Tisch Environmental Polyurethane Foam Sampler Model TE-1000</i> (http://store.tischinternational.com/TE-1000), (EPA 1999a) Analyse en laboratoire : MA 400 D.F 1.1 (CEAEQ 2011)
HAP	Échantillonnage : <i>Tisch Environmental Polyurethane Foam Sampler Model TE-1000</i> (http://store.tischinternational.com/TE-1000), (EPA 1999b) Analyse en laboratoire : MA. 400 – HAP 1.1 (CEAEQ 2011)
PM _{2.5}	Échantillonnage et analyse : BAM 1020 2X de Met-One, US EPA (FEM), EQPM-0308-170
O ₃	Échantillonnage et analyse : <i>Photometric O3 Analyser Model 400E</i> <i>Teledyne Advanced Pollution Instrumentation</i>
NO ₂	Échantillonnage et analyse : <i>NO-NO2-NOx Analyser Model 42i de Thermo Scientific, US EPA Reference Method.</i>
SO ₂	Échantillonnage et analyse : <i>SO₂ Analyser Model 43i de Thermo Scientific, US EPA Reference Method.</i>

La valeur de $\frac{1}{2}$ de la limite de détection (LD) a été attribuée aux échantillons sous la LD. Les résultats des échantillons détectés mais non quantifiés sont calculés tel qu'il est décrit à l'annexe 3.

Lorsque la proportion d'échantillons au-dessus de la limite de détection est faible, il n'est pas possible d'estimer correctement une moyenne (Helsel 2012). Conséquemment, lorsque la proportion d'échantillons non détectés était de plus de 80 %, les moyennes des échantillons n'ont pas été calculées.

3. Résultats et discussion

Les résultats des échantillonnages séquentiels sont présentés en premier suivis des résultats des appareils de mesure en continu.

3.1 Résultats des échantillonnages séquentiels

3.1.1 Particules en suspension totales

Les effets des particules en suspension totales (PST) sont surtout associés aux souillures des surfaces et aux nuisances. La fraction fine des particules, soit les particules de moins de $2,5 \mu\text{m}$ de diamètre ($\text{PM}_{2.5}$) est davantage associée aux effets sur la santé puisque celles-ci pénètrent plus profondément dans les voies respiratoires.

Les concentrations moyennes de PST sont du même ordre aux deux stations (tableau 2) : les moyennes et maximum sont de $21,1$ et $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à la station Livingston et de $24,9$ et $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à la station Gamache. La figure 3 montre l'évolution des concentrations de PST aux deux stations. Les concentrations ont tendance à être plus élevées en été et plus faibles en hiver, ce qui est généralement observé puisque le couvert de neige réduit la mise en suspension des particules.

Les concentrations ont varié de façon relativement uniforme aux deux stations durant la période d'échantillonnage. Pour illustrer cette observation, les concentrations de PST ont été portées sur un graphique (figure 4) qui illustre la corrélation entre les deux stations. Il semble donc que les stations soient influencées en général par les mêmes phénomènes. Une analyse des concentrations journalières et des vents n'a pas permis de distinguer une influence de la zone industrielle située à l'est de la ville.

Les résultats des 68 concentrations de PST obtenues durant la période d'échantillonnage respectent la norme de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA).

TABLEAU 2. CONCENTRATIONS DE PARTICULES EN SUSPENSION TOTALES

Stations	Nombre d'échantillons	Moyennes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Minimum ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Livingston	34	21,1	7	77
Gamache	34	24,9	9	70

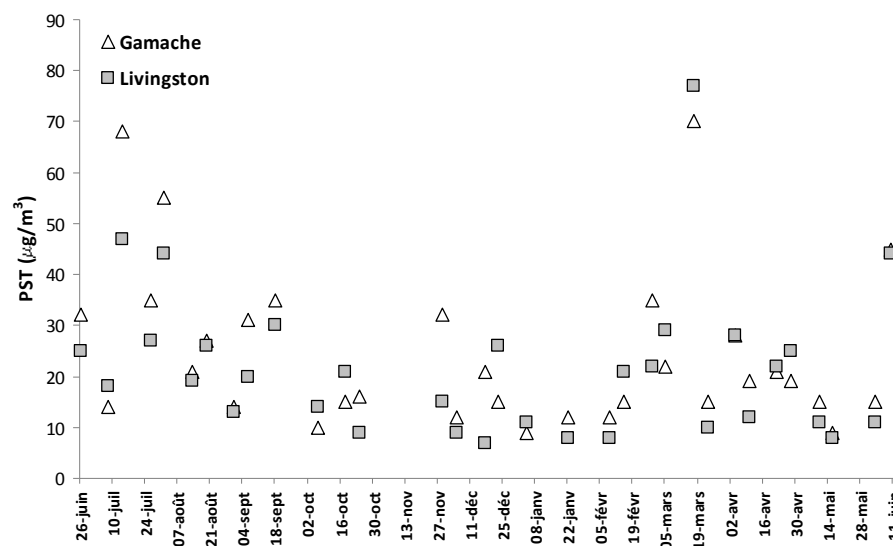


FIGURE 3. ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS DE PARTICULES EN SUSPENSION TOTALES

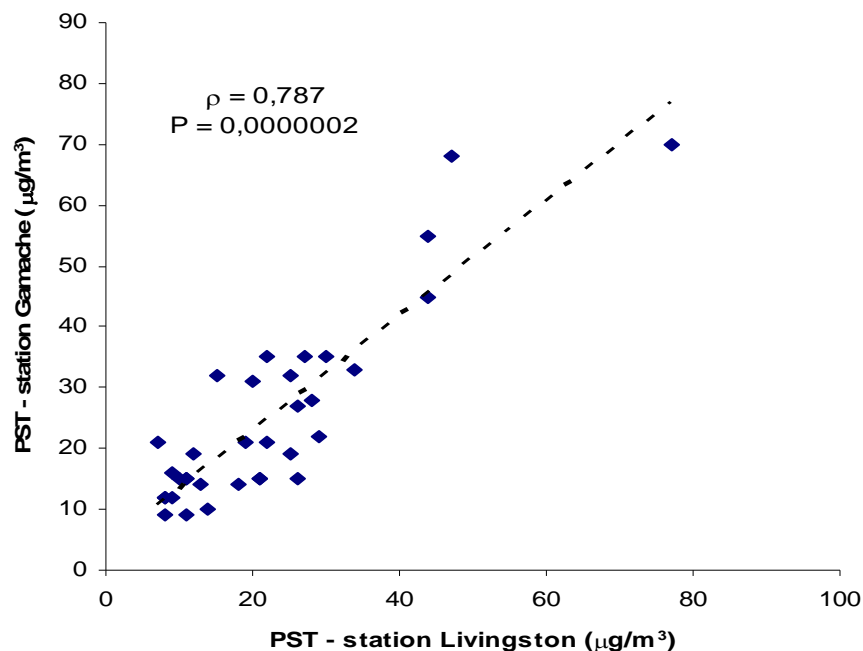


FIGURE 4. RELATION ENTRE LES CONCENTRATIONS DE PARTICULES EN SUSPENSION TOTALES AUX STATIONS LIVINGSTON ET GAMACHE

3.1.2 Métaux et métalloïdes

Les résultats des analyses de métaux et de métalloïdes sont rapportés aux tableaux 3 et 4. Les résultats de 18 éléments sont présentés ainsi que leurs normes et critères de qualité de l'air. À la colonne 6 des tableaux, on présente le nombre d'échantillons dont l'analyse a révélé des concentrations au-dessus de la limite de détection (LD). Le béryllium, le bismuth, le chrome, le tellure et le zinc n'ont été détectés dans aucun des échantillons. L'antimoine n'a été détecté que dans un seul échantillon sur les 68. La fréquence de détection a aussi été très faible pour plusieurs autres éléments, soit le cadmium (2/68), le calcium (4/68), le cobalt (5/68) et le nickel (6/68), le plomb (9/68) et le sélénium (5/68). Les éléments les plus fréquemment détectés sont l'aluminium (16/68), l'arsenic (25/68), le baryum (28/68), le fer (53/68), le manganèse (64/68) et le potassium (23/68). Les concentrations moyennes n'ont pas été calculées lorsque le nombre de résultats supérieurs à la LD était de moins de 7 sur 34.

Par ailleurs, le cuivre a été détecté et quantifié dans tous les échantillons, mais les résultats ne sont pas rapportés parce qu'ils semblent davantage reliés à une contamination des filtres par l'appareil d'échantillonnage lui-même (Adams et Farwell 1986).

Le fer et le manganèse ont été quantifiés dans presque tous les échantillons. Comme pour les PST, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les concentrations aux deux stations. Les concentrations de fer, de manganèse et de PST sont toutefois fortement corrélées entre elles à chaque station et entre les deux stations.

Parmi les éléments détectés, les concentrations moyennes et maximales sont toutes inférieures aux normes et critères. Pour l'aluminium, par exemple, la norme est un maximum sur 24 heures de $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et, dans les 24 échantillons (sur 68) mesurés au-dessus de la limite de détection, la concentration la plus élevée a été de $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La norme de l'arsenic est une moyenne annuelle de $0,003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et la moyenne calculée à la station Gamache est $0,0018 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit environ la moitié de la norme.

Le seul élément qui approche une norme ou un critère de qualité de l'air est le manganèse. Les concentrations moyennes de manganèse sont en effet de $0,022 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Livingston et de $0,025 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à la station Gamache alors que le critère de qualité de l'air est une moyenne maximale annuelle de $0,025 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dans la comparaison des résultats au critère du manganèse, il faut prendre en compte le fait que le critère de cet élément, ainsi que ceux du nickel et du fer, sont appliqués à la fraction des métaux contenue dans les particules de moins de 10 microns (PM_{10}) et non pas dans les PST. La concentration de manganèse des PM_{10} est forcément inférieure à celle des PST et au critère, étant donné que les PM_{10} ne représentent qu'une fraction des particules totales; ceci laisse donc une plus grande marge de respect du critère pour le manganèse.

Les concentrations de tous les métaux et métalloïdes respectent les normes et les critères de qualité de l'air.

TABLEAU 3. CONCENTRATIONS DES MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES À LA STATION LIVINGSTON

Contaminants	Normes ou critères		¹ LD (µg/m ³)	² MOY (µg/m ³)	³ n > LD	⁴ MIN (µg/m ³)	⁵ MAX (µg/m ³)
	Limites (µg/m ³)	Périodes					
<i>Éléments détectés</i>							
Aluminium	2,5	24 hres	0,1	0,165	10	< LD	2,0
Arsenic	0,003	1 an	0,001	0,0014	15	< LD	0,012
Baryum	0,05	1 an	0,001	0,0091	15	< LD	0,069
⁶ Fer	2,5	24 hres	0,1	0,33	28	< LD	1,6
⁶ Manganèse	0,025	1 an	0,002	0,0221	33	< LD	0,09
Potassium	nd ⁸	nd	0,1	0,0894	12	< LD	0,34
<i>Éléments non fréquemment détectés</i>							
Antimoine	0,17	1 an	0,001	nc ⁹	3	< LD	0,006
Cadmium	0,0036	1 an	0,0002	nc	6	< LD	0,0004
Calcium	nd	nd	0,5	nc	1	< LD	0,6
Cobalt	0,1	1 an	0,0002	nc	7	< LD	0,0007
⁶ Nickel	0,014	24 hres	0,003	nc	3	< LD	0,005
Plomb	0,1	1 an	0,002	nc	5	< LD	0,003
Sélénium	2	1 an	0,001	nc	2	< LD	0,001
<i>Éléments non détectés</i>							
Béryllium	0,0004	1 an	0,0002	nc	0	< LD	< LD
Bismuth	nd	nd	0,005	nc	0	< LD	< LD
Chrome ⁷	0,1	1 an	0,009	nc	0	< LD	< LD
Tellure	nd	nd	0,005	nc	0	< LD	< LD
Zinc	2,5	24 h	0,06	nc	0	< LD	< LD

¹LD : limite de détection analytique; ²MOY : moyenne arithmétique; ³n > LD : nombre d'échantillons plus grand que la limite de détection analytique; ⁴MIN : minimum; ⁵MAX : maximum; ⁶critères de qualité de l'air applicables à la fraction des métaux présents dans les particules de moins de 10 µm (PM₁₀); ⁷ norme du chrome trivalent; ⁸ nd : critère non déterminé; ⁹ nc : moyenne non calculée.

TABLEAU 4. CONCENTRATIONS DES MÉTAUX ET DES MÉTALLOÏDES À LA STATION GAMACHE

Contaminants	Normes ou critères		¹ LD (µg/m ³)	² MOY (µg/m ³)	³ n > LD	⁴ MIN (µg/m ³)	⁵ MAX (µg/m ³)
	Valeurs limites (µg/m ³)	Périodes					
Éléments détectés							
Aluminium	2,5	24 hres	0,100	0,115	14	< LD	0,700
Arsenic	0,003	1 an	0,001	0,0018	17	< LD	0,007
Baryum	0,05	1 an	0,001	0,0087	13	< LD	0,075
Cadmium	0,0036	1 an	0,0002	0,00055	24	< LD	0,004
Cobalt	0,1	1 an	0,0002	0,00018	9	< LD	0,001
⁶ Fer	2,5	24 hres	0,1	0,47	32	< LD	2,2
⁶ Manganèse	0,025	1 an	0,002	0,025	32	< LD	0,120
Plomb	0,1	1 an	0,002	0,0017	8	< LD	0,009
Potassium	nd ⁸	nd	0,1	0,089	12	< LD	0,23
Éléments non fréquemment détectés							
Calcium	nd	nd	0,5	nc ⁹	4	< LD	0,6
⁶ Nickel	0,014	24 hres	0,003	nc	5	< LD	0,006
Sélénium	2	1 an	0,001	nc	3	< LD	0,001
Zinc	2,5	24 hres	0,06	nc	1	< LD	0,08
Éléments non détectés							
Antimoine	0,17	1 an	0,001	nc	0	< LD	< LD
Béryllium	0,0004	1 an	0,0002	nc	0	< LD	< LD
Bismuth	nd	nd	0,005	nc	0	< LD	< LD
⁷ Chrome	0,1	1 an	0,009	nc	0	< LD	< LD
Tellure	nd	nd	0,005	nc	0	< LD	< LD

¹ LD : limite de détection analytique; ²MOY : moyenne arithmétique; ³n > LD : nombre d'échantillons plus grand que la limite de détection analytique; ⁴ MIN : minimum; ⁵ MAX : maximum; ⁶ critères de qualité de l'air applicables à la fraction des métaux présents dans les particules de moins de 10 µm (PM₁₀); ⁷ norme du chrome trivalent; ⁸ nd : critère non déterminé; ⁹ nc : moyenne non calculée.

3.1.3 Composés organiques volatils

Les composés organiques volatils (COV) comprennent une grande variété de substances formées d'au moins un atome de carbone et d'hydrogène. Comme leur nom l'indique, on les trouve à l'état gazeux dans l'air. Plusieurs COV participent aux réactions photochimiques dans l'atmosphère et contribuent à la formation de l'ozone et du smog. De plus, certains COV, comme le benzène et le 1,3-butadiène, par exemple, lorsqu'ils sont en concentrations élevées, peuvent augmenter les risques sur la santé.

À Sept-Îles, 20 échantillons d'air ont été prélevés à chacune des deux stations. Au total, 66 composés ont été analysés dans ces échantillons (annexe 2). Parmi ceux-ci, 19 ont présenté au moins à une reprise une valeur plus élevée que la limite de quantification de la méthode (LQM). Les résultats de ces 19 COV sont présentés aux tableaux 5 et 6. Comme pour les métaux, les concentrations sous la limite de détection ont été remplacées par une valeur égale à la moitié de la limite de détection dans le calcul des concentrations moyennes. Les résultats des échantillons avec détection, mais sans quantification possible, ont été remplacés par une valeur à mi-chemin entre la LD et la LQM (voir annexe 3). Les concentrations moyennes n'ont pas été calculées lorsque moins de 4 résultats pour un composé étaient au-dessous de la limite de détection.

Parmi les composés qui ont été détectés le plus fréquemment et pour lesquels une concentration moyenne est calculée, certains présentent des concentrations typiquement plus élevées dans l'air intérieur des édifices et des résidences que dans l'air extérieur. C'est le cas par exemple de l'acétone dont les concentrations médianes dans l'air intérieur sont environ de 20 à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (EPA 2011) et dont les concentrations moyennes dans l'air extérieur au Québec varient de 2,5 à 3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (D'Auteuil-Potvin *et al* 2015). La concentration moyenne d'acétone à la station Livingston est de 28,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, soit une concentration près de 10 fois plus élevées que celles observées dans un secteur industriel de Montréal. Il apparaît probable que certains échantillons aient été contaminés par l'air intérieur de la station Livingston ou par les manipulations de l'appareil d'échantillonnage.

Ce phénomène a été démontré par un échantillonnage spécial fait en marge de la présente campagne pour deux COV, l'acétaldéhyde et l'acroléine. Pour ces deux COV, un échantillonnage a été réalisé simultanément à l'extérieur et à l'intérieur de la remorque à la station Livingston. Les résultats des analyses ont confirmé ce problème : le dispositif d'échantillonnage permet vraisemblablement l'entrée d'air de l'intérieur de la station. Ainsi, des concentrations d'acétaldéhyde et d'acroléine ont été mesurées avec les canisters placés à l'intérieur de la station, mais les résultats étaient sous la limite de détection lorsque ceux-ci étaient placés à l'extérieur de celle-ci. Des actions sont entreprises pour que l'échantillonnage avec les canisters soit désormais à l'abri de ce problème. Il est donc possible que les concentrations rapportées pour les composés qui ont été détectés fréquemment proviennent en partie d'une contamination par l'air intérieur de la remorque de la station Livingston ou lors de la manipulation des échantillons.

Par ailleurs, les concentrations de chlorométhane et de dichlorodifluoroéthane, proviennent probablement de l'air extérieur puisque ces deux substances sont très répandues au niveau global. En effet, le chlorométhane est une substance dont les sources sont à 99 % naturelles et dont l'océan est le principal contributeur (ATSDR 1998). Des émissions naturelles abondantes et une demi-vie dans l'atmosphère d'un an ou plus font du chlorométhane

l'organochloré le plus abondant dans l'atmosphère. Le dichlorodifluoroéthane (R12) est un composé qui a été utilisé longtemps comme réfrigérant. L'utilisation du dichlorodifluoroéthane est maintenant très limitée, toutefois la très grande stabilité de cette substance fait en sorte qu'on la trouve encore dans l'atmosphère. Les concentrations de dichlorodifluoroéthane à Sept-Îles sont similaires à celles mesurées dans la région de Montréal. En effet, les moyennes aux deux stations sont de $2,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Livingston et $2,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Gamache, ce qui est similaire, par exemple, aux concentrations moyennes observées à la station St-Anicet, ($2,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$) qui est située en milieu rural et à la station St-Jean-Baptiste ($2,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dans un secteur industriel de Montréal (D'Auteuil-Potvin *et al* 2015).

Les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylène) sont des hydrocarbures aromatiques associés à l'utilisation des carburants. Les concentrations mesurées à Sept-Îles sont, pour la très grande majorité, sous les limites de détection (respectivement $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le benzène et $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les trois autres). Seuls le benzène et le toluène ont été détectés, mais à quelques reprises seulement. En comparaison, les concentrations moyennes dans un quartier résidentiel de Brossard, sur la rive sud de Montréal, sont plus élevées, soit respectivement $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $1,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $1,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (D'Auteuil-Potvin *et al.* 2015).

Dans tous les cas, les COV qui ont été détectés sont en concentrations inférieures aux normes et critères de qualité de l'air (MDDELCC 2014).

3.1.4 Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont des composés produits par la combustion du bois et des combustibles fossiles. Quinze échantillons d'hydrocarbures aromatiques polycycliques ont été prélevés à Sept-Îles et 48 composés ont été analysés (tableau 7).

La figure 5 présente l'évolution des concentrations de naphthalène et de benzo(a)pyrène. On remarque une élévation des concentrations durant la période hivernale, possiblement associée au chauffage au bois. Les figures 6a et 6b illustre la relation inverse entre la température moyenne de la journée et les concentrations de naphthalène et de BaP; les coefficients de corrélation de Spearman entre la température moyenne de la journée et les concentrations sont significatif tant pour le naphthalène ($r = -0,658$; $P < 0,01$) que pour le benzo(a)pyrène ($r = -0,739$; $P < 0,01$).

TABLEAU 5. CONCENTRATIONS DE COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS À LA STATION LIVINGSTON

Contaminants	Normes ou critères						
	Limites ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Période s	¹ LD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	² MOY ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	³ n > LD	⁴ MIN ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	⁵ MAX ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Composés détectés							
Acétone	380	1 an	0,7	28,92	20	< LD	70
	8600	4 min					
Acétate de vinyle	200	1 an	0,1	1,91	20	< LD	5,0
	400	4 min					
2-Butanone	740	4 min	0,1	1,75	20	< LD	3,0
Chlorométhane	4,5	1 an	0,1	1,32	20	< LD	2,40
2-Propanol	7800	4 min	1,3	16,61	20	< LD	49,0
Dichlorodifluoroéthane	nd ⁶	nd	0,4	2,16	18	< LD	3,20
Acétaldéhyde	nd	nd	0,9	19,05	18	< LD	44
Acroléine	nd	nd	0,09	1,68	18	< LD	5,5
1-Propène	3 400	1 an	0,03	0,17	8	< LD	0,61
Toluène	600	4 min	0,2	0,48	6	< LD	2,90
Composés détectés non fréquemment							
Benzène	10	24 hres	0,1	nc ⁷	3	< LD	1,0
Dichlorométhane	2	1 an	1,3	nc	2	< LD	14,0
	14000	1 heure					
1,2-Dichloropropane	4	1 an	0,07	nc	1	< LD	1,0
Hexane	140	1 an	0,08	nc	2	< LD	2,7
	5300	4 min					
Méthylisobutylcétone	400	4 min	0,1	nc	2	< LD	1,50
Tétrachloroéthylène	2	1 an	0,1	nc	1	< LD	3,80
Composés non détectés							
Acrylonitrile	12	1 an	0,05	nc	0	< LD	< LD
Trichlorofluoroéthane	nd	nd	0,6	nc	0	< LD	< LD
m,p-Xylènes	20	1 an	0,2	nc	0	< LD	< LD

¹ LD : limite de détection; ²MOY : moyenne arithmétique; ³n > LD : nombre d'échantillons plus grand que la limite de détection; ⁴ MIN : minimum; ⁵ MAX : maximum; ⁶ nd : critère non déterminé; ⁷ nc : moyenne non calculée.

TABLEAU 6. CONCENTRATIONS DE COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS À LA STATION GAMACHE

Contaminants	Normes ou critères						
	Limites ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Périodes	¹ LD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	² MOY ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	³ n > LD	⁴ MIN ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	⁵ MAX ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Composés détectés							
Acroléine	nd	nd	0,09	0,36	11	0,36	0,88
Acétone	380	1 an	0,7	11,75	20	5,1	21
	8600	4 min					
2-Butanone	740	4 min	0,1	0,45	11	< LD	1,4
Chlorométhane	4,5	1 an	0,1	1,13	20	0,90	1,60
Dichlorodifluoroéthane	nd ⁶	nd	0,4	2,33	18	< LD	3,30
2-Propanol	7800	4 min	1,3	11,7	15	< LD	34
Composés non fréquemment détectés							
Acétate de vinyle	200	1 an	0,1	nc ⁷	4	< LD	1,0
	400	4 min					
Acrylonitrile	12	1 an	0,05	nc	1	< LD	0,55
Benzène	10	24 hres	0,1	nc	3	< LD	1,1
Dichlorométhane	2	1 an	1,3	nc	1	< LD	20,0
	14000	1 heure					
1-Propène	3 400	1 an	0,03	nc	4	< LD	0,55
Toluène	600	4 min	0,2	nc	3	< LD	2,0
Trichlorofluoroéthane	nd	nd	0,6	nc	1	< LD	1,5
Composés non détectés							
Acétaldéhyde	nd	nd	0,9	nc	0	< LD	< LD
1,2-Dichloropropane	4	1 an	0,07	nc	0	< LD	< LD
Hexane	140	1 an	0,08	nc	2	< LD	2,80
	5300	4 min					
Méthylisobutylcétone	400	4 min	0,1	nc	0	< LD	< LD
Tétrachloroéthylène	2	1 an	0,1	nc	0	< LD	< LD
m,p-Xylènes	20	1 an	0,2	nc	0	< LD	< LD

¹ LD : limite de détection; ²MOY : moyenne arithmétique; ³n > LD : nombre d'échantillons plus grand que la limite de détection; ⁴ MIN : minimum; ⁵ MAX : maximum; ⁶ nd : critère non déterminé; ⁷ nc : moyenne non calculée.

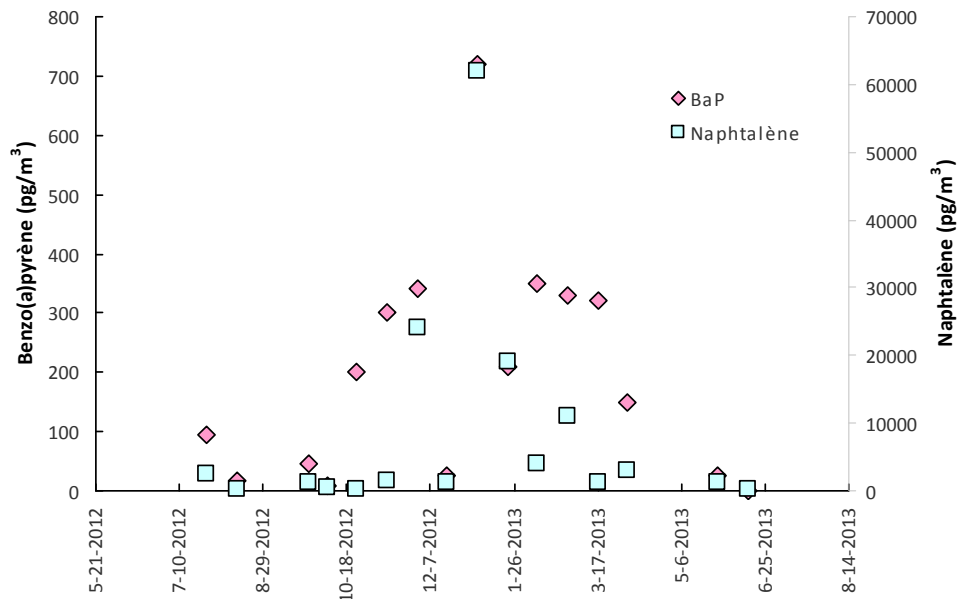


FIGURE 5. ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS DE NAPHTALÈNE ET DE BENZO(a)PYRÈNE

Les moyennes annuelles des concentrations de naphtalène ($0,008 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et de benzo(a)pyrène ($0,0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sont inférieures à leurs normes respectives de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $0,0009 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tableau 7). Les facteurs d'équivalence de toxicité utilisés par le MDDELCC pour exprimer l'ensemble des HAP en un équivalent BaP ont été appliqués aux concentrations des différents composés. La concentration moyenne totale en équivalent toxique (ET) est de $1,0 \text{ ng}/\text{m}^3$, soit une concentration seulement légèrement plus élevée que celle du BaP seul. La concentration de l'ensemble des HAP exprimée en ET de BaP correspond donc à un risque cancérigène équivalent à celui sur lequel la norme de BaP a été établie, soit un risque quasi nul ou négligeable selon l'approche du MDDELCC (MENV 2002ab).

TABLEAU 7. CONCENTRATIONS D'HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES

Seize (16) échantillons ont été prélevés et analysés. La concentration totale en équivalent toxique du BaP (ET) est de 1,024 ng/m³.

Composés	¹ n> LD	² Moy (pg/m ³)	FE	ET pg/m ³	Composés	n> LD	Moy (pg/m ³)	FE	ET pg/m ³
Naphtalène	16	8331	0,001	8,3	Pyrrène	16	1496	0,001	1,5
2-Méthyl-naphtalène	16	4204	-	0	2-Méthyl-fluoranthène	15	91	-	-
1-Méthyl-naphtalène	16	3116	-	0	Benzo(b)-fluoranthène	15	289	0,1	28,9
2-Chloro-naphtalène	16	3	-	0	Benzo(j)-fluoranthène	15	151	0,1	15,1
1-Chloro-naphtalène	7	7	-	0	Benzo(k)-fluoranthène	15	150	0,1	15
2-3-5-Triméthyl-naphtalène	8	367	-	0	7,12-Diméthyl-benzo(a)-anthracène	1	2	10	20
Fluorène	16	3119	0,001	3,1	Benzo(e)pyrène	16	243	0,01	2,4
Phénanthrène	16	6969	0,001	7,0	Benzo(a)pyrène	15	196	1	196
Anthracène	16	537	0,01	5,4	Pérylène	10	36	0,001	0,04
Carbazole	16	88	-	-	3-Méthyl-cholanthrène	0	< LD	1	-
Benzo(c)-phénanthrène	11	109	0,023	2,5	Anthanthrène	9	46	0,3	13,8
Benzo(c)-acridine	2	nd	-	-	Benzo(g,h,i)-pérylène	15	257	0,01	2,57
Benzo(a)-anthracène	13	258	0,1	25,8	Coronène	16	86	0,001	0,09

(SUITE) TABLEAU 7. HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES ANALYSÉS À LA STATION LIVINGSTON.

Composés	¹ n> LD	² Moy (pg/m ³)	FE	ET pg/m ³	Composés	n> LD	Moy (pg/m ³)	FE	ET pg/m ³
Chrysène	15	359	0,0 1	3,59	Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	16	157	0,1	15,7
2-Méthyl-chrysène	7	24	-	-	7H-Dibenzo(c,g)-carbazole	0	< LD	1	-
3-Méthyl-chrysène	7	24	-	-	Dibenzo(a,h)-acridine	1	nd	0,1	-
4-Méthyl-chrysène	0	< LD	-	-	Dibenzo(a,e)-fluoranthène	15	45	-	-
5-Méthyl-chrysène	2	nd	1	-	Dibenzo(a,c)-anthracène	12	15	5	75
6-Méthyl-chrysène	3	nd	-	-	Dibenzo(a,h)-anthracène	14	28	5	140
1-Nitro-pyrène	0	< LD	0,1	0	Dibenzo(a,j)-anthracène	13	23	-	-
1,3-Diméthyl-naphtalène	16	665	-	-	Dibenzo(a,e)-pyrène	10	18	1	18
Acéna-phtylène	16	1448	0,0 01	1,5	Dibenzo(a,h)-pyrène	0	< LD	10	-
Acénaph-tène	16	1390	0,0 01	1,39	Dibenzo(a,i)-pyrène	3	4	10	40
Fluoran-thène	16	2102	0,0 01	2,1	Dibenzo(a,l)-pyrène	14	38	10	380

¹ n > LD : nombre d'échantillons avec concentrations plus élevées que la limite de détection; ² MOY : moyenne arithmétique des échantillons; ³ FE : facteurs d'équivalence de toxicité relativement au benzo(a)pyrène; ⁴ ET : Concentration équivalente (équivalent toxique) au benzo(a)pyrène en pg/m³.

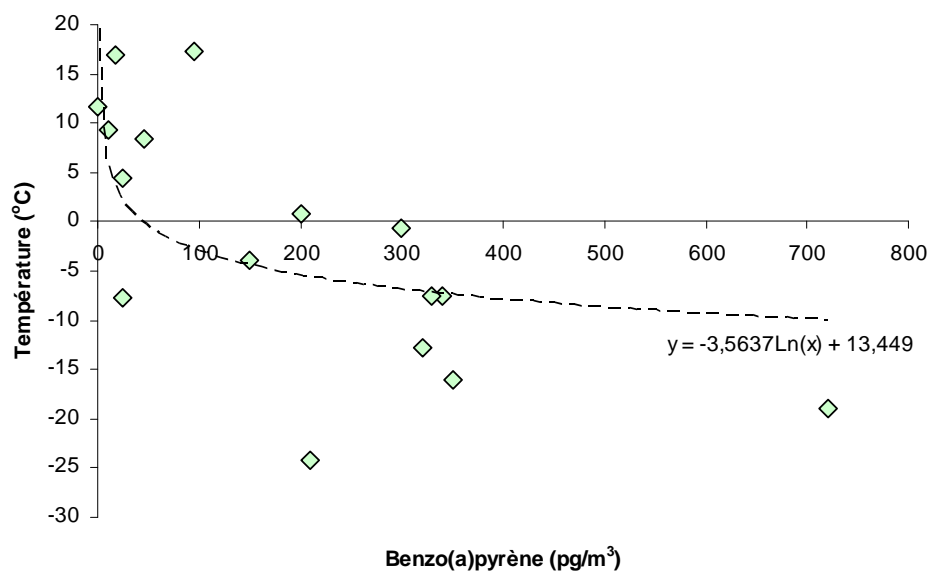
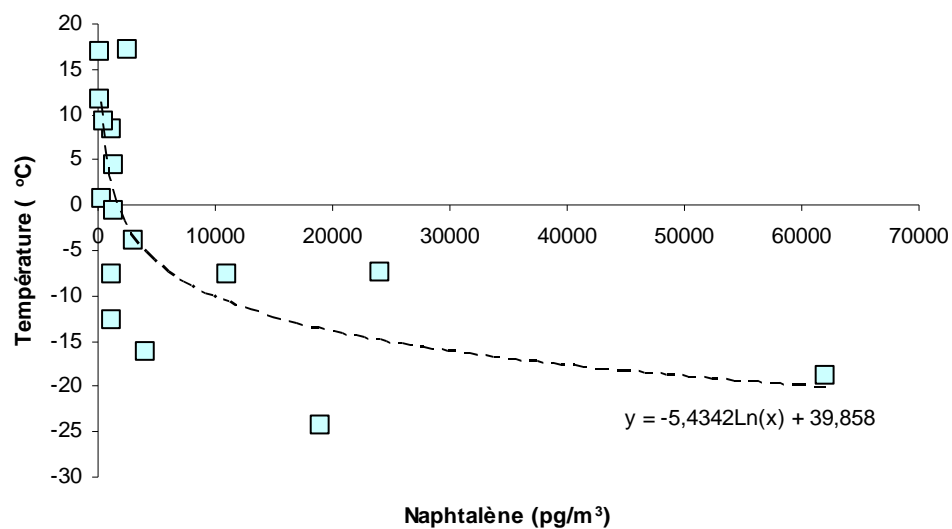


FIGURE 6. RELATION ENTRE LES CONCENTRATIONS DE NAPHTALÈNE (A), BENZO(a)PYRÈNE (B) ET LA TEMPÉRATURE MOYENNE DE LA JOURNÉE

3.1.5 Dioxines et furanes

Les dioxines et furanes constituent un ensemble de substances formé de 75 congénères de la famille des polychlorodibenzo-p-dioxines (PCDD) et de 135 congénères de la famille des polychlorodibenzofuranes (PCDF). Parmi les différents congénères de dioxines et furanes, ce sont les molécules qui possèdent des atomes de chlore aux positions 2, 3, 7 et 8 qui sont les plus toxiques. Pour chacune des molécules avec des atomes de chlore à ces positions, des facteurs d'équivalence de toxicité (FET) ont été déterminés selon leur potentiel relatif de cancérogénicité. La molécule étalon est le 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo(p)dioxine. Un mélange de dioxines et de furanes est exprimé en équivalent toxique (ET) de la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo(p)dioxine. La norme québécoise est une moyenne annuelle maximale de 60 femtogrammes (fg) d'équivalent toxique par mètre cube d'air (60 fg ET/m³).

Seize (16) échantillons ont été prélevés à Sept-Îles. Vingt-huit molécules distinctes ont été analysées et, de ce nombre, 26 ont présenté à au moins une reprise une valeur supérieure à la limite de détection. La figure 7 présente l'évolution temporelle des concentrations observées pour les dioxines et les furanes séparément. Comme dans le cas des HAP, les concentrations de dioxines et de furanes ont tendance à être plus élevées l'hiver puisqu'elles sont aussi produites par la combustion et notamment par la combustion du bois. Les concentrations de dioxines et de furanes totales sont corrélées tant au BaP qu'au naphthalène (figure 8), ce qui indique que leurs sources d'émissions pourraient être au moins en partie les mêmes, soit le chauffage au bois.

La concentration de l'échantillon du 27 février 2012 est beaucoup plus élevée que la concentration moyenne de dioxines et de furanes. La journée du 27 février est aussi caractérisée par des concentrations de particules fines, de dioxyde d'azote et de dioxyde de soufre plus élevées; cette journée a probablement été caractérisée par une faible dispersion des émissions atmosphériques. Le résultat ne semble pas en lien avec des émissions industrielles. Une source possible pourrait être, par ailleurs, le brûlage, dans des installations domestiques, de bois traité ou de matériel contenant des matières plastiques (EPA 1997).

La moyenne des concentrations exprimée en équivalent toxique est de 30,6 fg ET/m³, soit une valeur inférieure à la norme. La moyenne est toutefois fortement influencée par l'échantillon du 27 février 2013 qui s'élève à 376,9 fg ET/m³, soit 26,3 fg ET/m³ pour les dioxines et 350,6 fg ET/m³ pour les furanes. Sans cet échantillon, la moyenne serait plutôt de 7,5 fg ET/m³, une concentration moyenne faible par comparaison par exemple aux 49 fg ET/m³ mesurés à Rivière-des-Prairies et aux 31 fg ET/m³ mesurés au centre-ville de Montréal (MENV 2004).

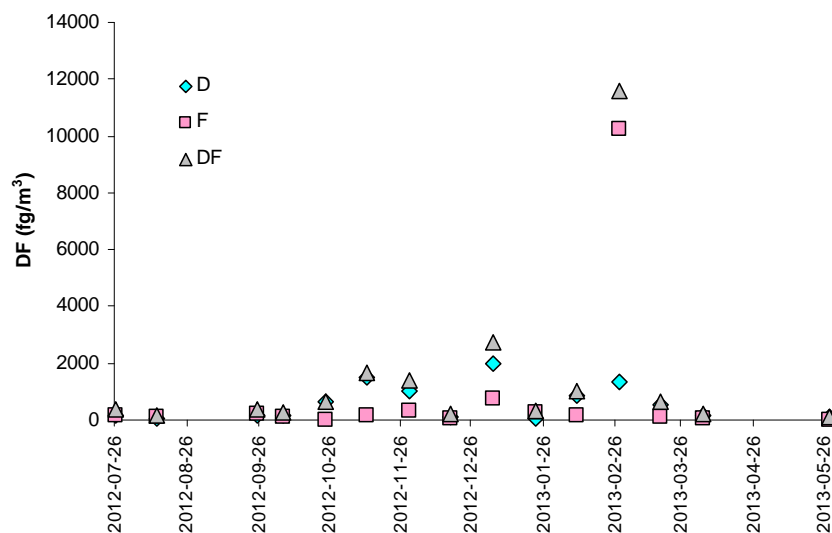


FIGURE 7. ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS DE DIOXINES ET DE FURANES

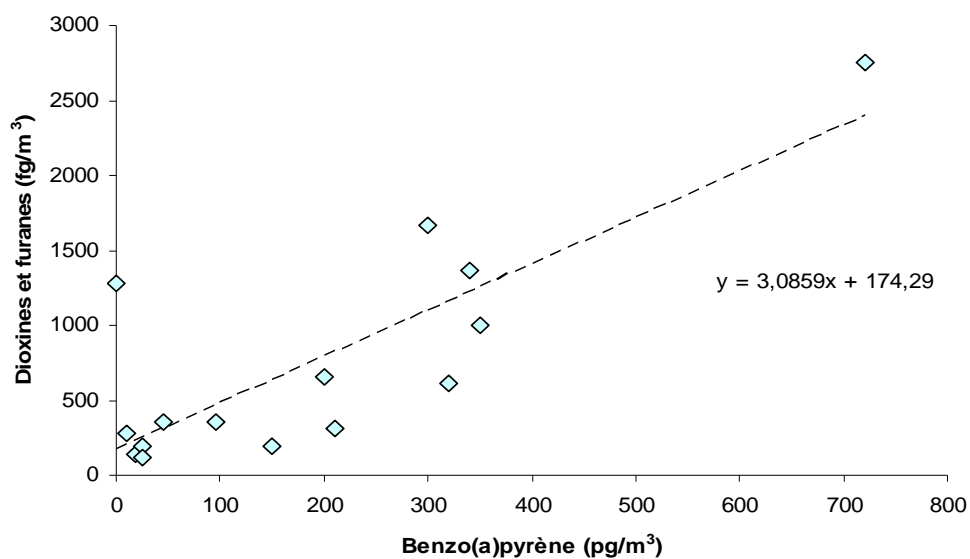


FIGURE 8. RELATION ENTRE LES CONCENTRATIONS DE BENZO(a)PYRÈNE ET DE DIOXINES ET FURANES

LE COEFFICIENT DE CORRÉLATION DE SPEARMAN ENTRE LE BaP ET LES DF EST SIGNIFICATIF (r = 0,665; P<0,01)

3.2 Résultats des échantillonnages en continu

La station Livingston a été pourvue des équipements permettant d'effectuer des mesures en continu des particules fines ($PM_{2,5}$), de l'ozone (O_3), des oxydes d'azote (NO et NO_2) et du dioxyde de soufre (SO_2).

Le suivi de paramètres avec des analyseurs en continu génère un grand nombre de résultats. Afin de faciliter la compréhension de l'ensemble des données d'une année complète de suivi, les résultats sont présentés sous forme d'histogrammes des concentrations mensuelles ou annuelles. Pour chacun des contaminants, on présente un graphique des variations mensuelles comprenant les centiles des distributions (5^e , 10^e , 25^e , 75^e , 90^e et 95^e) ainsi que la moyenne et la médiane (figure 9).

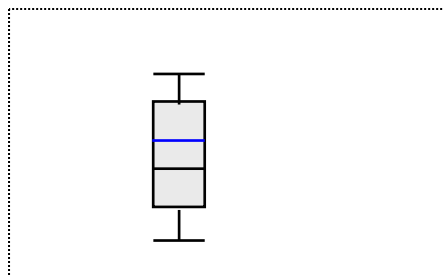


FIGURE 9. DIAGRAMME EN BOÎTE

Pour chacun des contaminants on présente aussi un histogramme des moyennes annuelles de l'ensemble des stations du programme de surveillance de la qualité de l'air (PSQA) pour l'année 2012 en incluant les résultats de Sept-Îles de façon à situer ceux-ci parmi l'ensemble des données du réseau.

La provenance des contaminants à la station a été analysée avec des roses de pollution qui présentent les concentrations observées selon la direction des vents observée à la station météorologique de l'aéroport de Sept-Îles. Les roses de pollution ont été tracées à partir des concentrations moyennes horaires à la station et à partir des directions de vent pour les heures correspondantes. La figure 10 présente la rose des vents de Sept-Îles réalisée à partir des données de 2000 à 2009 de la station météorologique de l'aéroport de Sept-Îles. Les vents sont majoritairement du secteur nord. La station Livingston est donc, en moyenne, beaucoup influencée par les émissions du secteur urbain de Sept-Îles, par le secteur industriel situé à l'est de la ville et beaucoup moins par le secteur industriel de Pointe-Noire.

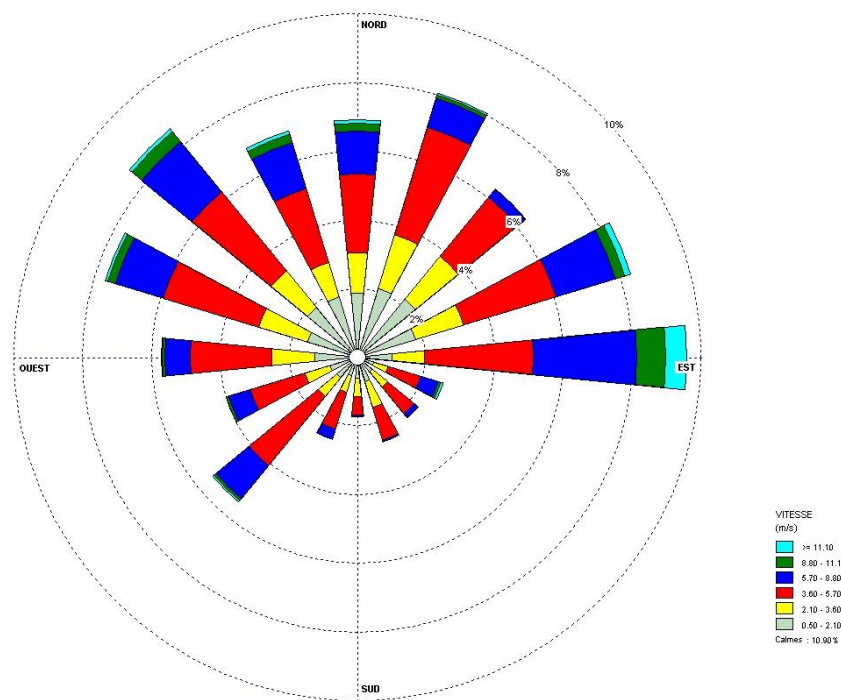


FIGURE 10. ROSE DES VENTS POUR LA PÉRIODE 2000 À 2009

3.2.1 Particules fines

Les statistiques des concentrations de $PM_{2.5}$ sont présentées au tableau 8 et à la figure 11. Les concentrations moyennes mensuelles varient de 3,5 à 6,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et la moyenne de la période d'échantillonnage est de 4,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les concentrations mensuelles sont assez stables autour de la moyenne annuelle et ne montrent pas une variation saisonnière importante (figure 11).

Les niveaux de $PM_{2.5}$ mesurés à la station Livingston placent Sept-Îles parmi les stations du PSQA qui affichent une très bonne qualité de l'air (figure 12). La station Livingston est même la station urbaine avec la plus faible concentration moyenne de $PM_{2.5}$ au Québec. Malgré l'activité urbaine de Sept-Îles, la concentration à la station Livingston est similaire à celles des stations installées en milieu rural dans le sud du Québec.

On ne note aucun dépassement de la norme quotidienne de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ du RAA. Le maximum journalier observé durant l'année à Sept-Îles est de 17,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, soit environ la moitié de la norme annuelle (tableau 9).

La figure 13 présente la rose de pollution des concentrations de $PM_{2.5}$ à la station Livingston. Certaines directions de vents sont associées à des concentrations moins élevées. C'est le cas par exemple pour la direction est pour laquelle la concentration moyenne mesurée est de 4,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contre 6,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la direction sud-sud-est (SSE) et 8,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par vents calmes. Les différences de concentrations selon les directions de vents sont toutefois peu élevées.

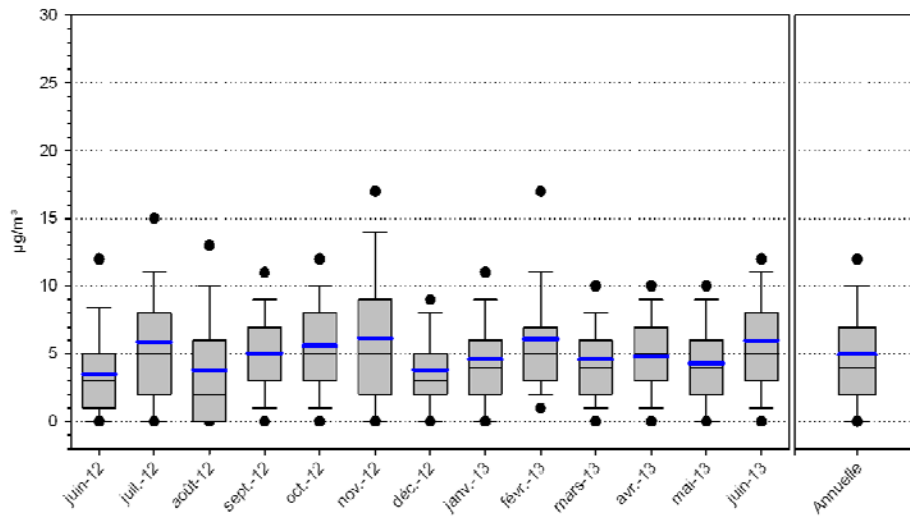


FIGURE 11. CONCENTRATIONS MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLE DES PARTICULES FINES

Au Québec, les particules fines en suspension ($PM_{2.5}$) sont émises relativement à parts égales par les sources d'émissions industrielles et les sources domestiques (MDDEP 2011). Le chauffage au bois est responsable à lui seul de 43,8% du total des émissions de $PM_{2.5}$. À Sept-Îles, les sources d'émissions industrielles sont relativement éloignées de la station Livingston, de sorte qu'il est vraisemblable que la proportion de $PM_{2.5}$ en provenance des transports et du chauffage domestique soit responsable de la plus grande partie des concentrations observées à la station. La répartition des sources d'émissions domestiques autour de la station est possiblement responsable en partie de la répartition des concentrations moyennes selon la direction du vent.

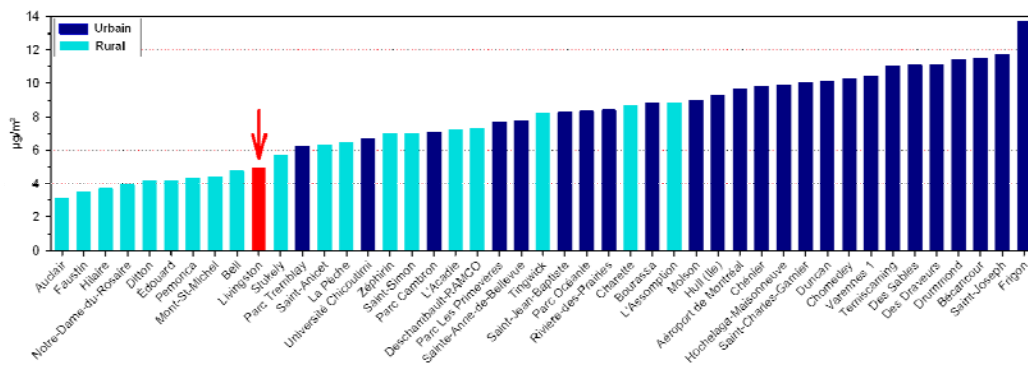


FIGURE 12. CONCENTRATIONS MOYENNES DES PARTICULES FINES À LA STATION LIVINGSTON (JUN 2012 À JUN 2013) ET AUX STATIONS DU PSQA (2012)

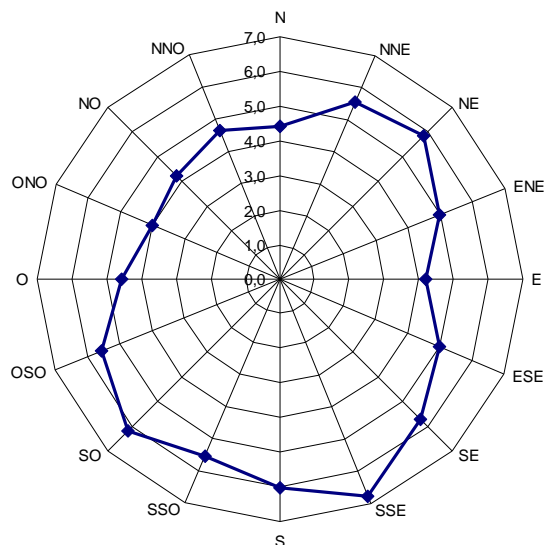


FIGURE 13. ROSE DE POLLUTION DES PARTICULES FINES ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

3.2.2 Ozone

Contrairement au SO_2 et au NO_2 , l'ozone (O_3) est un polluant secondaire formé dans la troposphère par l'action du rayonnement solaire sur des composés précurseurs comme le NO_2 et les COV. Les concentrations d'ozone présentent des cycles journaliers et saisonniers reliés au rayonnement solaire, avec des maximums quotidiens à la mi-journée et des maximums mensuels en juillet et août (EPA 2013; Gouvernement du Canada 2011). Ces variations temporelles des concentrations d'ozone sont typiques du sud de l'Ontario et du Québec où les émissions des précurseurs sont plus grandes et où la température est plus élevée⁵.

Plus au nord, comme à Sept-Îles, les variations des concentrations d'ozone dans l'air ambiant présentent des patrons différents. Le cycle annuel des concentrations d'ozone troposphérique présente plutôt un maximum en avril et un creux en août (figure 14). Ce cycle est expliqué, entre autre, par la baisse de la tropopause et l'intrusion d'ozone stratosphérique dans la troposphère au printemps⁶.

La moyenne annuelle mesurée (28 ppb) à la station Livingston est similaire à celles observées dans la majorité des stations rurales du PSQA (figure 15). À noter que les concentrations rurales d'ozone sont souvent plus élevées que les concentrations urbaines à cause de la réaction de l'ozone avec les émissions de NO produites, notamment, par les véhicules automobiles en milieu urbain.

⁵ Voir par exemple les variations annuelles des concentrations à Windsor (Ontario) et à L'Assomption (Québec) dans Gouvernement du Canada (2011).

⁶ Les sites de St-John's (Terre-Neuve) et de Kujimkujik (Nouvelle-Écosse) présentent des patrons similaires de variations annuelles à celui de la station Livingston, Gouvernement du Canada (2011).

Aucun dépassement de la norme horaire du RAA (160 µg/m³ ou 82 ppb) n'a été observé pendant toute la période de suivi. La norme sur 8 heures (125 µg/m³ ou 65 ppb) a aussi été respectée en tout temps (tableau 9).

La rose de pollution de l'ozone à la station Livingston est remarquablement homogène et n'indique aucune tendance identifiable (figure 16).

Les concentrations d'ozone montrent une variation journalière typique caractérisée par un maximum le jour et un minimum la nuit (figure 17). L'activité photochimique responsable de la formation de l'ozone est plus importante en été comme le démontre le contraste plus important en été entre les concentrations de nuit et de jour.

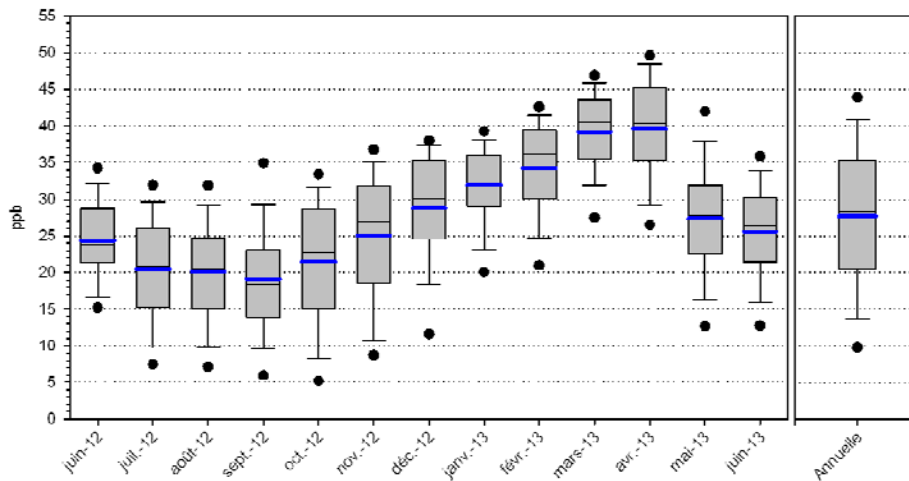


FIGURE 14. CONCENTRATIONS MOYENNES MENSUELLES DE L'OZONE

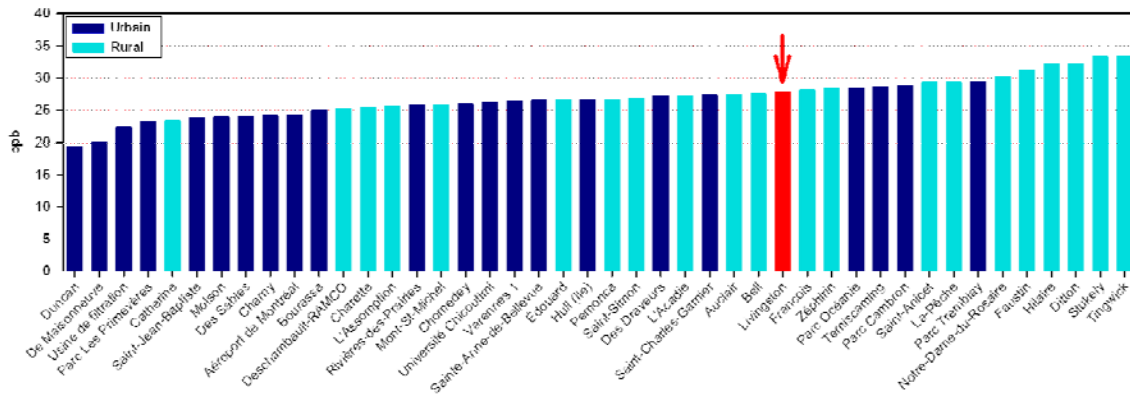


FIGURE 15. CONCENTRATIONS MOYENNES DE L'OZONE À LA STATION LIVINGSTON (JUN 2012 À JUN 2013) ET AUX STATIONS DU PSQA (2012)

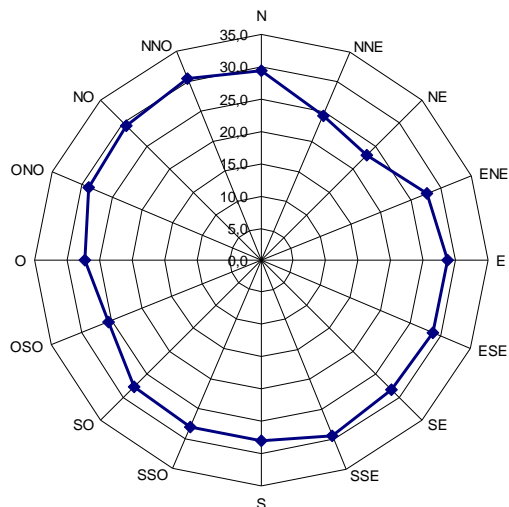


FIGURE 16. ROSE DE POLLUTION DE L'OZONE (ppb)

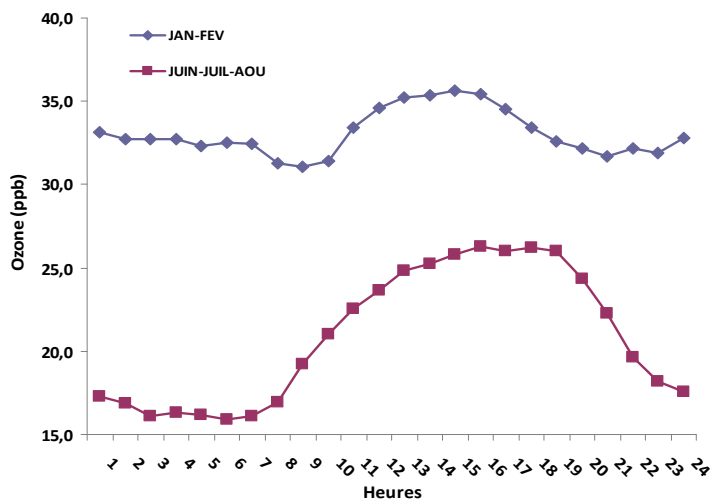


FIGURE 17. CONCENTRATIONS MOYENNES D'OZONE SELON L'HEURE DU JOUR EN ÉTÉ ET EN HIVER

3.2.3 Dioxyde d'azote

Les moyennes mensuelles et la moyenne annuelle des concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) à la station Livingston sont présentées à la figure 18 et au tableau 8. Les concentrations mensuelles varient de 1,87 ppb ($3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en mai 2013 à 3,6 ppb ($6,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en novembre 2012 et la moyenne annuelle est de 2,62 ppb ($4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Il n'y a pas de patron de variation mensuelle discernable.

Les concentrations de NO_2 à Sept-Îles sont de beaucoup inférieures aux normes annuelle, $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (55 ppb), quotidienne, $207 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (110 ppb) et horaire $414 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (220 ppb). Le

maximum horaire mesuré a été de 33,9 ppb, soit environ 15% de la norme (tableau 9). Le maximum quotidien a été de 11,0 ppb, soit 10% de la norme et finalement la moyenne annuelle mesurée a été de 2,6 ppb, soit 5% de la norme.

Par rapport aux autres stations d'échantillonnage du Québec, la station Livingston montre les concentrations de NO₂ les plus faibles. Ceci était attendu étant donné que, à l'exception de la station rurale de l'Acadie, les concentrations de NO₂ sont mesurées dans le PSQA dans des milieux urbains à forte densité (Montréal, Québec et Gatineau). Les concentrations de NO₂ mesurées à la station Livingston sont conséquemment beaucoup moins élevées par rapport à l'ensemble des stations du réseau (figure 19).

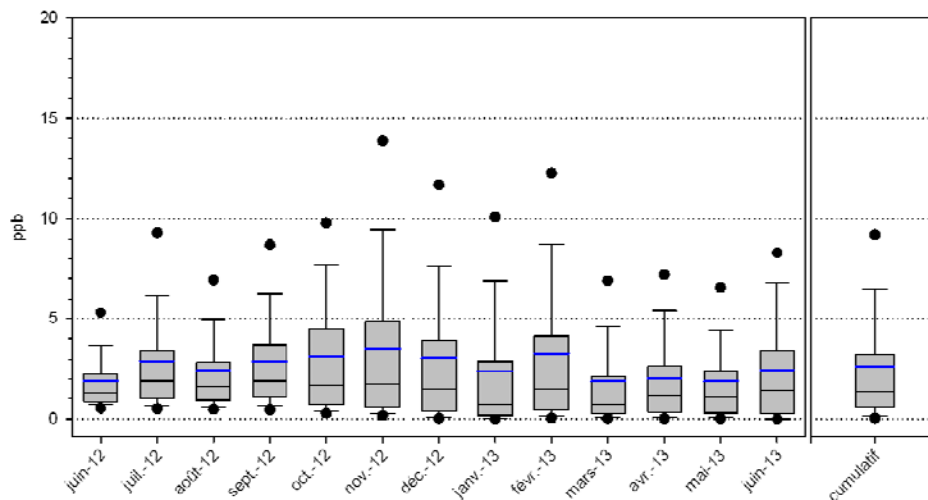


FIGURE 18. CONCENTRATIONS MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLE DU DIOXYDE D'AZOTE

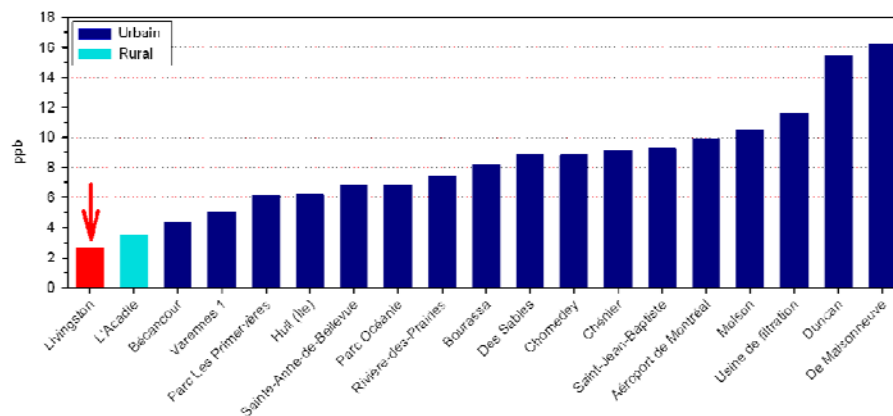


FIGURE 19. CONCENTRATIONS MOYENNES DU DIOXYDE D'AZOTE À LA STATION LIVINGSTON (JUN 2012 À JUN 2013) ET AUX STATIONS DU PSQA (2012)

Le dioxyde d'azote est formé lors de la combustion à haute température. En 2008, les véhicules automobiles étaient responsables de 75,8% des émissions au Québec (MDDEP 2011). La rose de pollution du NO₂ à la station Livingston (figure 20) montre des concentrations plus élevées pour le secteur SSE à OSO ainsi que NNE à NE. Le patron de variation selon les vents n'est pas clairement associé à des sources d'émissions particulières.

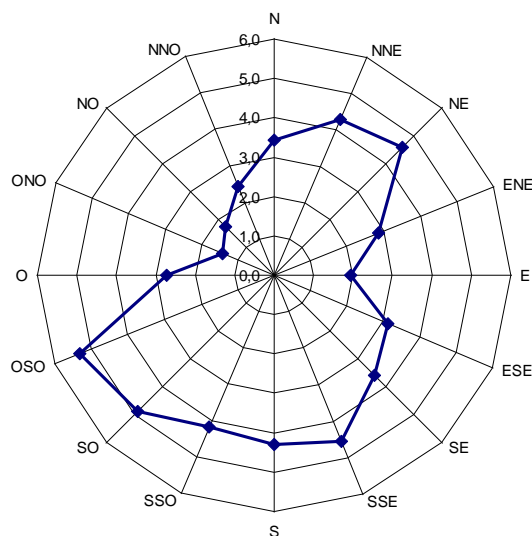


FIGURE 20. ROSE DE POLLUTION DU DIOXYDE D'AZOTE (ppb)

3.2.4 Dioxyde de soufre

Les concentrations moyennes mensuelles du dioxyde de soufre (SO₂) varient entre 0,31 et 0,94 ppb et la moyenne annuelle est de 0,67 ppb (figure 21 et tableau 8). Près de 90% des concentrations horaires mesurées ont été inférieures à 1 ppb. On ne distingue pas de patron de variation saisonnier.

La concentration moyenne annuelle (0,67 ppb ou 1,75 µg/m³) atteint environ 3% de la norme annuelle (52 µg/m³) et la concentration maximale sur 24 heures (6,1 ppb ou 16,0 µg/m³) représente 5,5% de la norme quotidienne (288 µg/m³). Le maximum observé sur 4 minutes a été de 131,1 µg/m³ soit 10% de la norme sur 4 minutes (1 310 µg/m³). Les concentrations de SO₂ à Sept-Îles n'atteignent qu'une très faible proportion des normes et, conséquemment, aucun effet sur la santé ou l'environnement n'est donc attendu quant à ce polluant.

Les concentrations de SO₂ à Sept-Îles se comparent (figure 22) à celles d'une station rurale du sud du Québec (Saint-Anicet) et aux concentrations observées aux stations urbaines et périurbaines où les concentrations sont les plus faibles, par exemple à la station de Gatineau et à certaines stations de l'Île de Montréal (Sainte-Anne-de-Bellevue, Molson et Chénier).

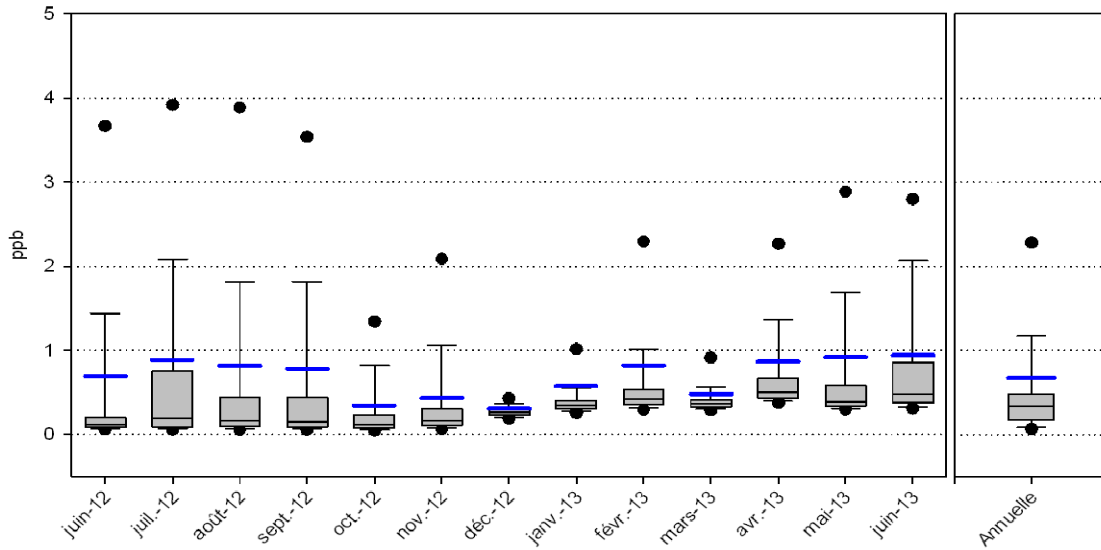


FIGURE 21. CONCENTRATIONS DE DIOXYDE DE SOUFRE

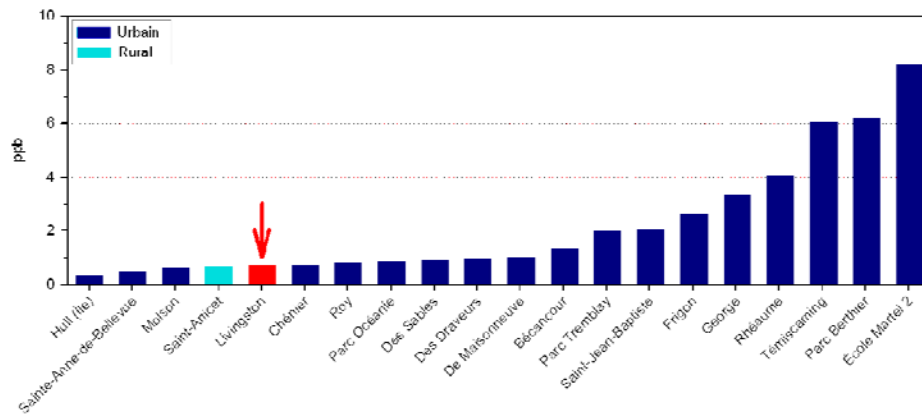


FIGURE 22. CONCENTRATIONS MOYENNES DU DIOXYDE DE SOUFRE À LA STATION LIVINGSTON (JUIN 2012 À JUIN 2013) ET AUX STATIONS DU PSQA (2012)

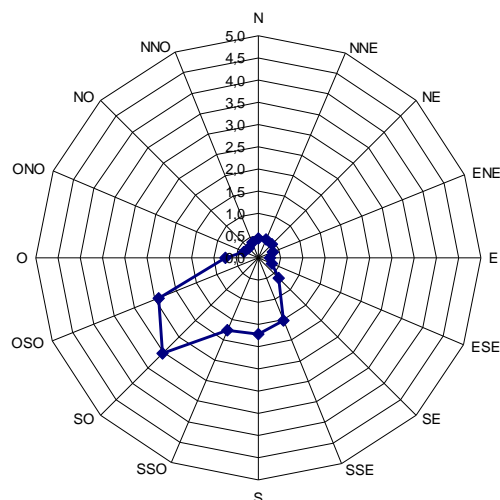


FIGURE 23. ROSE DE POLLUTION DU DIOXYDE DE SOUFRE (ppb)

Le SO_2 est un contaminant d'origine presque exclusivement industrielle. Les sources industrielles représentaient en 2008 plus de 80% des émissions de SO_2 au Québec (MDDEP 2011). À Sept-Îles, les principales sources d'émissions industrielles de SO_2 se trouvent au sud-ouest de la ville, dans le secteur de Pointe-Noire, à une distance d'environ 7,5 km de la zone urbanisée. À ces sources industrielles, on peut aussi ajouter les navires soit à quai ou à l'ancre dans ce secteur. La rose de pollution (figure 23) illustre bien le fait qu'à Sept-Îles, les sources de SO_2 se situent presque exclusivement dans ce secteur. Ainsi, la concentration moyenne par vent du sud-ouest (SO) est de 3,0 ppb, alors qu'elle n'est que de 0,4 ppb dans la direction opposée (NE).

3.2.5 Statistiques annuelles et mensuelles

Le tableau 8 présente les statistiques des concentrations de $\text{PM}_{2.5}$, O_3 , NO_2 , et SO_2 présentées dans les figures précédentes. Le tableau 9 présente les statistiques descriptives des contaminants selon les intervalles de temps correspondant aux normes de qualité de l'air. Les normes sont toutes respectées par une grande marge, particulièrement pour ce qui est du SO_2 , dont les sources principales d'émissions au Québec sont généralement industrielles et pour le NO_2 dont les sources sont l'industrie et le transport.

TABLEAU 8. CONCENTRATIONS MOYENNES MENSUELLES DES CONTAMINANTS MESURÉS EN CONTINU

	PM _{2.5} (µg/m ³)	O ₃ (ppb)	NO ₂ (ppb)	SO ₂ (ppb)
2012				
Du 21 au 30 juin	3,5	24,4	1,9	0,7
Juillet	5,9	20,4	2,9	0,9
Août	3,8	20,1	2,4	0,8
Septembre	5,0	19,1	2,9	0,8
Octobre	5,6	21,5	3,1	0,3
Novembre	6,1	25,1	3,6	0,4
Décembre	3,8	28,8	3,1	0,3
2013				
Janvier	4,6	32,0	2,4	0,6
Février	6,1	34,3	3,3	0,8
Mars	4,6	39,2	1,9	0,
Avril	4,8	39,6	1,9	0,9
Mai	4,3	27,4	1,87	0,9
Du 1 ^{er} au 16 juin	6,0	25,6	2,4	0,9
MOY	4,9	27,7	2,6	0,7
MIN	< LD	1,2	< LD	0,02
MAX	47,0	55,4	33,9	37,1
n ⁴	8 418	8 606	8 253	8 495

¹ MOY : moyennes des concentrations mesurées du 21 juin 2012 au 16 juin 2013; ² MIN : minimums; ³ MAX : maximums; ⁴ n : nombre de moyennes horaires à la base des calculs.

TABLEAU 9. STATISTIQUES DESCRIPTIVES ET RESPECT DES NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR.
 À NOTER QUE LES NORMES POUR L'OZONE, LE DIOXYDE D'AZOTE ET LE DIOXYDE DE SOUFRE ONT ÉTÉ EXPRIMÉES EN ppb

Concentrations mesurées à Sept-Îles												
		Normes	Min	10 ^e	25 ^e	Méd	Moy	75 ^e	95 ^e	98 ^e	99 ^e	Max
PM _{2,5}	24 h	30 µg/m ³	0,1	2,3	3,2	4,5	4,9	6,2	9,4	11,1	14,0	17,0
O ₃	1 h	82 ppb	1,2	13,7	20,5	28,3	27,7	35,4	43,9	46,7	48,2	55,4
	8 h	65 ppb	3,0	14,8	20,6	28	27,7	34,9	43,2	46,1	47,6	51,9
NO ₂	1 h	220 ppb	0	0,2	0,6	1,4	2,6	3,2	8,4	13,7	17,2	33,9
	24 h	110 ppb	0,04	0,5	1,1	2,1	2,6	3,5	7,0	8,7	10,2	11,0
	1 an	55 ppb	2,6									
SO ₂	4 min ¹ (max)	500 ppb (max)	0,18	0,4	0,5	0,65	1,6	0,9	5,9	13,2	20,8	131,1
	24 h	110 ppb	0,1	0,1	0,3	0,4	0,7	0,8	2,0	3,1	4,6	6,1
	1 an	20 ppb	0,67									

¹ Les concentrations de SO₂ rapportées à cette ligne sont les concentrations maximales sur 4 minutes à l'intérieur de chacune des heures durant la période complète d'échantillonnage (n = 8494 heures).

4. Indice de la qualité de l'air

La mesure des PM_{2,5}, O₃, NO₂, et SO₂ en continu à la station Livingston permet de calculer l'IQA. L'IQA est un instrument d'information et de sensibilisation qui présente la qualité de l'air sous une forme simplifiée comportant trois états possibles : bon, acceptable et mauvais. Des informations sur la méthode de calcul de l'IQA et sur sa représentativité spatiale sont disponibles sur le site WEB du MDDELCC⁷.

⁷ <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/iqa/index.htm>.

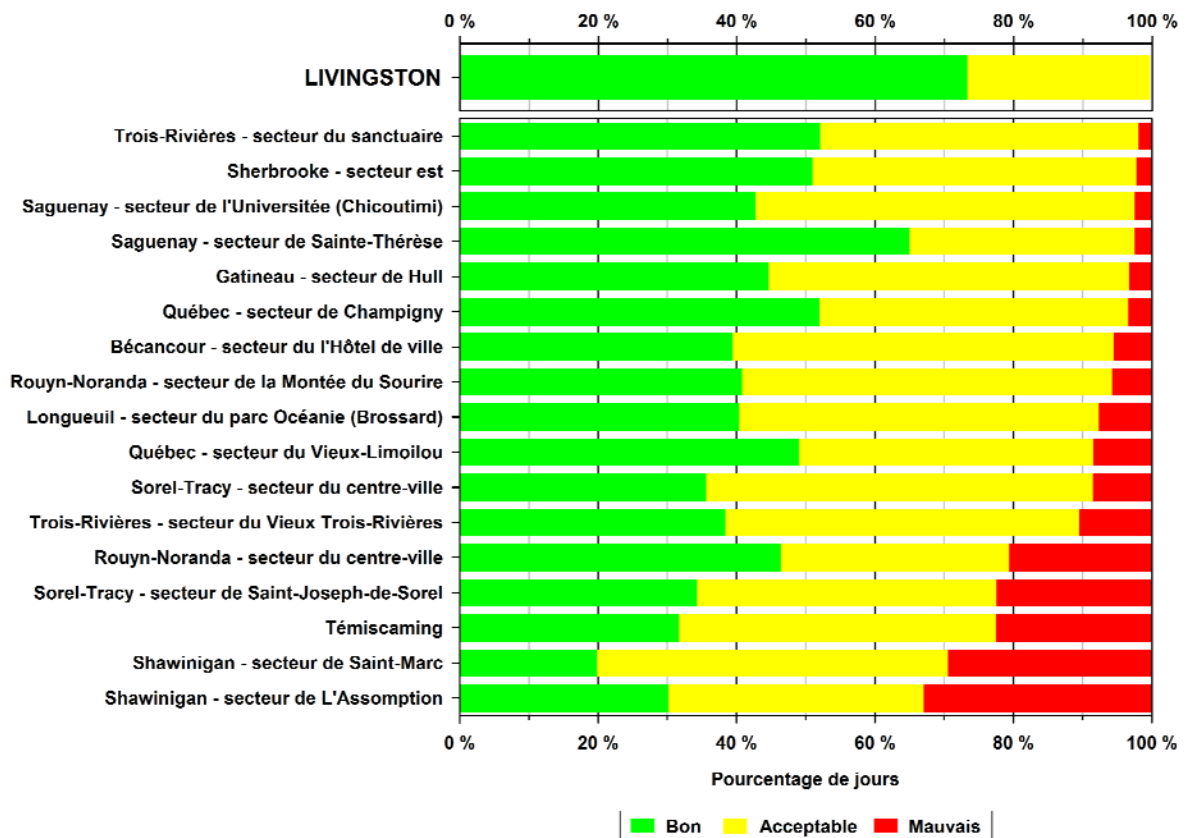


FIGURE 24. INDICE DE LA QUALITÉ DE L'AIR (IQA) À LA STATION LIVINGSTON (JUN 2012 À JUN 2013) ET DES SECTEURS DE L'IQA (2012)

Une compilation de l'IQA calculé à la station Livingston pour la période de juin 2012 à juin 2013 est illustrée à la figure 24. Les résultats sont présentés en termes de proportion de l'occurrence des 3 catégories de qualité de l'air. Ils sont comparés aux résultats de 2012 de 17 autres stations dans lesquelles on mesure l'IQA. La qualité de l'air à la station Livingston a été bonne dans 90% des heures et 73 % des jours.

Une seule journée a démontré des conditions de mauvaise qualité de l'air soit le 26 février 2013; le sous-indice des $PM_{2.5}$ (une moyenne mobile de 3 heures de $35 \mu g/m^3$) a alors été dépassé pendant 2 heures.

Le sous-indice de l'ozone est responsable de 79 % des jours pour lesquels la qualité de l'air a été classée acceptable plutôt que bonne et le sous-indice des $PM_{2.5}$ est responsable des autres 21 %. Les sous-indices du NO_2 et du SO_2 ont continuellement été dans la catégorie bonne.

À noter que, dans le cas de l'ozone, la majeure partie des concentrations au-dessus de 40 ppb (classements acceptables) ont été observées l'hiver. Ces concentrations sont vraisemblablement dues à une intrusion d'ozone provenant de la stratosphère, phénomène qui n'est pas relié à des activités humaines. Les classements acceptables de l'ozone qui ont eu lieu pendant l'été (juin – septembre) et qui sont vraisemblablement dus à l'activité

photochimique ou au transport à grande distance se limitent à seulement 8 heures (0,09% des données horaires). Par comparaison, au cours de la période de janvier à mai, pour laquelle on soupçonne un apport d'ozone en provenance de la stratosphère, on a observé 965 concentrations supérieures à 40 ppb. Rappelons que, dans aucun cas on a observé de concentrations supérieures à la norme de qualité de l'air de 82 ppb.

L'IQA à Livingston présente les meilleurs résultats par rapport aux résultats de 2012 des stations du réseau, soit le moins de journées de mauvaise qualité de l'air et le plus de journées de bonne qualité. De plus, les données historiques provenant du suivi de l'IQA (depuis 2004) confirment que cette station est celle qui a historiquement enregistré la meilleure qualité de l'air au Québec.

5. Conclusion

Une année complète de suivi de la qualité de l'air à Sept-Îles a permis de démontrer que la population de cette ville bénéficie d'un air de très bonne qualité. Les normes et les critères de qualité de l'air pour les particules totales, les métaux et les métalloïdes, pour les composés organiques volatils, les hydrocarbures aromatiques polycycliques ainsi que les dioxines et les furanes sont tous respectés. De plus, les équipements de mesure en continu n'ont enregistré aucun dépassement des normes des principaux contaminants atmosphériques, soit les particules fines ($PM_{2.5}$), l'ozone (O_3), le dioxyde d'azote (NO_2) et le dioxyde de soufre (SO_2). Finalement, le calcul de l'indice de la qualité de l'air (IQA) à partir des résultats des mesures en continu a montré que la qualité de l'air à Sept-Îles a été la meilleure enregistrée par les différentes stations du réseau québécois et a même été historiquement la meilleure depuis 2004, soit depuis que le MDDELCC compile l'IQA.

Les données collectées durant une année complète de suivi de la qualité de l'air à Sept-Îles confirment les évaluations effectuées précédemment selon lesquelles la qualité de l'air est très bonne. L'éloignement et les conditions météorologiques locales font en sorte que les problématiques de smog provenant d'une urbanisation plus dense et de la contribution transfrontalière qui affectent les régions méridionales du Québec, n'atteignent que très peu la ville de Sept-Îles. L'application de la Loi sur la qualité de l'environnement et notamment du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère permettra de maintenir une bonne qualité de l'air à Sept-Îles pour les années à venir.

Références bibliographiques

ADAMS, D. F. et S. O. FARWELL, 1986. *Sampling and Analysis*. P. 48-123. Dans *Air pollution : Supplement to Measurements, Monitoring, Surveillance, and Engineering Control*. Third Edition. Arthur C. Stern Editor. Academic Press, Orlando, USA.

ATSDR, 1998. *Toxicological Profile for Chloromethane*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Service. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta, Georgia. 234 p. et annexes.

[En ligne] [<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=587&tid=109>]

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC (2011a). *Détermination des dibenzo-para-dioxines polychlorés et dibenzofuranes polychlorés : dosage par chromatographie en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse*, MA. 400 – D.F. 1.1, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 33^op.

[En ligne] [<http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA400DF11.pdf>]

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, 2011b. *Détermination des hydrocarbures aromatiques polycycliques : dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse*. MA. 400 – HAP 1.1, Rév. 4, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2011, 27 p.

[En ligne] [<http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA400HAP11.pdf>]

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC (2012). *Détermination des particules : méthode gravimétrique*, MA. 100 – Part. 1.0, Rév. 4, Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec. 9 p.

[En ligne] [<http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA100Part10.pdf>]

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC (2014). *Détermination des métaux : méthode par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon*. MA. 200 – Mét 1.2, Rév. 5, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 36 p.

[En ligne] [<http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA200Met12.pdf>]

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC (2015). *Protocole pour la validation d'une méthode d'analyse en chimie, DR-12-VMC*, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 29 p.

[En ligne]^o[http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/accreditation/pala/DR12VMC_protocole_val_chimie.pdf]

COUTURE, Y, 2010. Évaluation de la qualité de l'air à Sept-Îles – Analyse globale de la situation à partir de données historiques et d'une campagne de mesures effectuées en 2009, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN : 978-2550-59337-9 (PDF), 32 p.

[En ligne] [<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/Sept-Îles/rapport2009.pdf>]

EPA, 1997. LOCATING AND ESTIMATING AIR EMISSIONS FROM SOURCES OF DIOXINS AND FURANS. Office of Air Quality Planning And Standards Office of Air And Radiation U.S. Environmental Protection Agency Research Triangle Park, North Carolina 27711 May 1997 EPA-454/R-97-003.

[En ligne] [<http://www.epa.gov/ttnchie1/le/dioxin.pdf>]

EPA, 1999a. *Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, Second Edition, Compendium Method TO-9A. Determination Of Polychlorinated, Polybrominated And Brominated/Chlorinated Dibenzo-p-Dioxins And Dibenzofurans In Ambient Air*, Center for Environmental Research Information, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, EPA/625/R-96/010b, 94 p.

[En ligne] [<http://www.epa.gov/ttnamti1/fîles/ambient/airtox/to-9arr.pdf>]

EPA, 1999b. *Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, Second Edition, Compendium Method TO-13A, Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Ambient Air Using Gas, Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)*, Center for Environmental Research Information, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, EPA/625/R-96/010b. 84 p.

[En ligne] [<http://www.epa.gov/ttnamti1/fîles/ambient/airtox/to-13arr.pdf>]

EPA, 2011. *Background Indoor Air Concentrations of Volatile Organic Compounds in North American Residences (1990 – 2005) : A Compilation of Statistics for Assessing Vapor Intrusion*. Office of Solid Waste and Emergency Response, U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC. EPA 530-R-10-001, 26 p. et annexes.

[En ligne] [<http://www.epa.gov/oswer/vaporintrusion/documents/oswer-vapor-intrusion-background-Report-062411.pdf>]

EPA, 2013. *Integrated Science Assessment Document for Ozone and Related Photochemical Oxydants*. National Center for Environmental Assessment-RTP Division Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Research Triangle Park, NCEPA 600/R-10-076F, 1251 p.

[En ligne] [<http://cfpub.epa.gov/ncea/isa/recordisplay.cfm?deid=247492#Download>]

EPA, 2014. *Reference Method for TSP*. Manual Reference Method: 40 CFR Part 50, Appendix B, Reference Method for the Determination of Suspended Particulate Matter in the Atmosphere (High-Volume Method). Federal Register: Vol. 47, page 54912, 12/06/82 and Vol. 48, page 17355, 04/22/1983 List of Designated Reference and Equivalent Methods, December 19, 2014.

[En ligne] [<http://www.epa.gov/ttnamti1/fîles/ambient/criteria/reference-equivalent-methods-list.pdf>]

GOUVERNEMENT DU CANADA, 2011. *Évaluation canadienne scientifique du smog : faits saillants et messages clés*. EN88-5/2011F-PDF, 68 p.

[En ligne] [<http://www.ec.gc.ca/Publications/AD024B6B-A18B-408D-ACA2-59B1B4E04863%5CEvaluationScientifiqueCanadienneDuSmogFaitsSaillantsEtMessagesCles.pdf>]

HELSEL D.R., 2012. *Statistics for censored environmental data using Minitab and R, 2nd edition*. John Wiley and Sons, New York. 344 p.

MDDEP, 2011. *Inventaire des émissions des principaux contaminants atmosphériques au Québec en 2008 et évolution depuis 1990*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 30 p.

[En ligne]. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/inventaire/rapport2008.pdf>

MDDEFP, 2013. *Lignes directrices concernant les stations de surveillance de la qualité de l'air, DR-12-SCA-09*, Québec, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, juillet 2013, 21 p.

MDDELCC, 2014. *Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère, Version 3*. Ministère du Développement durable de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 25 p.

[En ligne] [<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/criteres/Normes-criteres-qc-qualite-atmosphere.pdf>]

MENV, 2002a. *Cadre d'application et de détermination des critères de qualité de l'air*. Ministère de l'Environnement du Québec. Direction du suivi de l'état de l'environnement, 19 p..

[En ligne] [<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/criteres/cadre.pdf>]

MENV, 2002b. *Critères de qualité de l'air : méthode de détermination*. Ministère de l'Environnement du Québec. Direction du suivi de l'état de l'environnement, 46 p.

[En ligne] [<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/criteres/methodes.pdf>]

MENV, 2004. *Le chauffage résidentiel au bois. Sommaire des résultats obtenus de 1999 à 2002*. Ministère de l'Environnement du Québec. 4 p.

[En ligne] [<http://www.mddelc.gouv.qc.ca/air/chauf99-02/Sommaire-fr.pdf>]

ANNEXE 1. CALENDRIER D'ÉCHANTILLONNAGE

		Parc Livingston (09060)					Gamache (09061)						
		Météo	PM _{2.5} O ₃ SO ₂ NO NO ₂ NO _x	Métaux	Cr (+3 et +6)	COV	HAP / DF	Métaux	Cr (+3 et +6)	COV			
2012-06-26	mardi	Analyse en continu	Analyse en continu	E	Spécification seulement si la teneur en Cr total le justifie			E	Spécification seulement si la teneur en Cr total le justifie				
2012-07-02	lundi			E									
2012-07-08	dimanche			E		E		E					
2012-07-14	samedi			E							E		
2012-07-20	vendredi										E		E
2012-07-26	jeudi			E				E			E		E
2012-08-01	mercredi			E							E		
2012-08-07	mardi												
2012-08-13	lundi			E				E			E		E
2012-08-19	dimanche			E							E		
2012-08-25	samedi												
2012-08-31	vendredi			E				E			E		E
2012-09-06	jeudi			E							E		
2012-09-12	mercredi												
2012-09-18	mardi			E				E			E		E
2012-09-24	lundi			E							E		
2012-09-30	dimanche			E							E		
2012-10-06	samedi			E				E			E		E
2012-10-12	vendredi												
2012-10-18	jeudi			E							E		
2012-10-24	mercredi			E				E			E		E
2012-10-30	mardi												
2012-11-05	lundi												
2012-11-11	dimanche			E				E			E		E
2012-11-17	samedi			E							E		
2012-11-23	vendredi												
2012-11-29	jeudi			E				E			E		E
2012-12-05	mercredi			E							E		
2012-12-11	mardi												
2012-12-17	lundi			E				E			E		E
2012-12-23	dimanche			E							E		
2012-12-29	samedi												
2013-01-04	vendredi			E				E			E		E
2013-01-10	jeudi												
2013-01-16	mercredi												
2013-01-22	mardi			E				E			E		E
2013-01-28	lundi			E							E		
2013-02-03	dimanche												
2013-02-09	samedi			E				E			E		E
2013-02-15	vendredi	E					E						
2013-02-21	jeudi												
2013-02-27	mercredi	E			E		E		E				
2013-03-05	mardi	E					E						
2013-03-11	lundi												
2013-03-17	dimanche	E			E		E		E				
2013-03-23	samedi	E					E						
2013-03-29	vendredi												
2013-04-04	jeudi	E			E		E		E				
2013-04-10	mercredi	E					E						
2013-04-16	mardi												
2013-04-22	lundi	E			E		E		E				
2013-04-28	dimanche	E					E						
2013-05-04	samedi												
2013-05-10	vendredi	E			E		E		E				
2013-05-16	jeudi	E					E						
2013-05-22	mercredi												
2013-05-28	mardi	E			E		E		E				
2013-06-03	lundi	E					E						
2013-06-09	dimanche												
2013-06-15	samedi			E		E	E		E				
Nombre d'échantillons				39	1	20	18	39	1	20			

ANNEXE 2. LISTE DES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS ANALYSÉS

Composés	No. CAS	Composés	No. CAS
1-Propène	115-07-1	1,2-Dichloropropane	78-87-5
Dichlorodifluorométhane	75-71-8	Bromodichlorométhane	74-97-5
Chlorométhane, 1,2-	74-87-3	Trichloroéthylène	79-01-6
Dichloro-1,1,2,2-tétrafluoroéthane	76-14-2	1,4-Dioxane	123-91-1
Chlorure de vinyle (chloroéthène)	75-01-4	Isooctane	540-84-1
1,3-Butadiène	106-99-0	Heptane	142-82-5
Bromométhane	74-83-9	cis-1,3-Dichloropropène	10061-01-5
Chloroéthane	75-00-3	Méthyle isobutylcétone (MIBK)	108-10-1
Bromoéthène	593-60-2	trans-1,3-Dichloropropène	10061-02-6
Acétone	67-64-1	1,1,2-Trichloroéthane	79-00-5
Trichlorofluorométhane	75-69-4	Toluène	108-88-3
2-Propanol	67-63-0	2-Hexanone (MBK)	591-78-6
Acrylonitrile	107-13-1	Dibromochlorométhane	124-48-1
1,1-Dichloroéthène (1,1-Dichloroéthylène)	75-35-4	1,2-Dibromoéthane	106-93-4
Dichlorométhane	75-09-2	Tétrachloroéthylène (tétrachloroéthène)	127-18-4
3-Chloropropylène (chlorure d'allyle)	107-05-1	1,1,1,2-Tétrachloroéthane	630-20-6
1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroéthane	76-13-1	Chlorobenzène	108-90-7
Disulfure de carbone	75-15-0	Éthylbenzène	100-41-4
cis-1,2-Dichloroéthène (cis-1,2-dichloroéthylène)	156-59-2	m+p-Xylènes	108-38-3 et 106-42-3
1,1-Dichloroéthane	75-34-3	Bromoforme	75-25-2
2-Méthoxy-2-méthyl propane	1634-04-4	Styrène	100-42-5
Acétate de vinyle	108-05-4	1,1,2,2-Tétrachloroéthane	79-34-5
2-Butanone	78-93-3	o-Xylène	95-47-6
trans-1,2-Dichloroéthène	150-60-5	Isopropylbenzène	98-82-8
Hexane	110-54-3	1-Éthyle-4-Méthylbenzène	622-96-8
Acétate d'éthyle	141-78-6	1,3,5-Triméthylbenzène	108-67-8
Chloroforme	67-66-3	1,2,4-Triméthylbenzène	95-63-6
Tétrahydrofurane	109-99-9	Chlorure de benzyle	100-44-7
1,2-Dichloroéthane	107-06-2	1,3-Dichlorobenzène	541-73-1
1,1,1-Trichloroéthane	71-55-6	1,2-Dichlorobenzène	95-50-1
Benzène	71-43-2	1,4-Dichlorobenzène	106-46-7
Tétrachlorure de carbone	56-23-5	Hexachlorobutadiène	180-82-1
Cyclohexane	110-82-7	1,2,4-Trichlorobenzène	87-68-3

ANNEXE 3. TRAITEMENT STATISTIQUE DES RÉSULTATS SOUS LES LIMITES DE DÉTECTION ET DE QUANTIFICATION

LIMITE DE DÉTECTION D'UNE MÉTHODE (LDM) (CEAEQ 2015)

La limite de détection d'une méthode (LDM) est la plus basse concentration pour un composé analysé dans une matrice réelle qui, lorsqu'il subit toutes les étapes d'une méthode complète, incluant les extractions chimiques et le prétraitement, produit un signal détectable avec une fiabilité définie statistiquement différent de celui produit par un « blanc » dans les mêmes conditions. Lorsque les résultats d'analyses sont sous la LDM, ils sont notés « < LD ».

La LDM est la concentration équivalente à 3 fois l'écart type (s) obtenu lors de l'établissement de la LDM :

$$LDM = 3 \times s$$

LIMITE DE QUANTIFICATION D'UNE MÉTHODE (LQM) (CEAEQ 2015)

La limite de quantification d'une méthode est la concentration minimale qui peut être quantifiée à l'aide d'une méthode d'analyse avec une fiabilité définie. Lorsque les résultats d'analyses sont sous la LQM, ils sont notés « < DNQ », pour détecté non quantifié.

La LQM est la concentration équivalente à 10 fois l'écart type (s) obtenu lors de l'établissement de la LDM.

$$LQM = 10 \times s$$

TRAITEMENT STATISTIQUE DES RÉSULTATS SOUS LA LDM ET SOUS LA LQM

Dans une série de résultats d'analyse, lorsqu'un résultat est inférieur à la LDM, on remplace celui-ci par une valeur équivalente à la moitié de la LDM (LDM/2).

$$\text{Résultat} = \frac{LDM}{2}$$

Lorsque le résultat d'analyse est plus grand que la LDM, mais inférieur à la LQM, on remplace le résultat par :

$$\text{Résultat} = \frac{LQM + LDM}{2} \quad \text{ou} \quad 6,5 \times s \quad \text{ou} \quad \frac{LD}{3} \times 6,5$$

***Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques***

Québec 