



ÉTAT DE RÉFÉRENCE

BEAUPORT 2020

Administration portuaire de Québec
150, rue Dalhousie
C.P. 80, Succ. Haute-Ville
Québec, QC
G1R 4M8

De

AirMet Science Inc.

18 août 2016
Version finale

Table des matières

1	Introduction	5
2	Description des activités sur le territoire du Port de Québec	5
3	Climatologie	6
4	Réseaux d'échantillonnage, contaminants et normes	11
4.1	Réseau du MDDELCC	11
4.2	Réseau de l'APQ	12
4.3	Liste des contaminants, normes du CCME et normes d'air ambiant du RAA	13
5	État de référence	15
5.1	Particules PM _{2.5}	16
5.2	Particules de moins de 10 microns (PM ₁₀)	21
5.3	Particules en suspension totales (PM _{TOT})	24
5.4	Métaux: cuivre, nickel et zinc	28
5.4.1	Cuivre	29
5.4.2	Nickel	31
5.4.3	Zinc	33
5.5	Autres métaux et métalloïdes	35
5.6	Monoxyde de carbone (CO)	37
5.7	Dioxyde d'azote (NO ₂)	38
5.8	Dioxyde de soufre (SO ₂)	40
5.9	Ozone (O ₃)	41
6	Conclusion	43
7	Références	46

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Secteur des opérations du Port de Québec	5
Figure 2. Localisation de sources industrielles à proximité du secteur portuaire	6
Figure 3. Rose des vents de la tour météorologique de Beauport (2015), Environnement Canada	9
Figure 4. Vallée du St-Laurent.....	10
Figure 5. Localisation des stations d'échantillonnage du MDDELCC	11
Figure 6. Localisation des stations de l'APQ - communauté et Beauport	12
Figure 7. Moyennes quotidiennes PM _{2.5} à Vieux-Limoilou 2013.....	18
Figure 8. Moyennes quotidiennes PM _{2.5} à Primevères 2013	18
Figure 9. Moyennes quotidiennes PM _{2.5} à Vieux-Limoilou 2014.....	19
Figure 10. Moyennes quotidiennes PM _{2.5} à Primevères 2014	19
Figure 11. Moyennes quotidiennes PM _{2.5} à Vieux-Limoilou 2015.....	20
Figure 12. Moyennes quotidiennes PM _{2.5} à Primevères 2015	20
Figure 13. Moyennes quotidiennes PM _{2.5} à la 2 ^e Avenue 2015	21
Figure 14. Moyennes quotidiennes PM ₁₀ à Vieux-Limoilou 2013	22
Figure 15. Moyennes quotidiennes PM ₁₀ à Vieux-Limoilou 2014	23
Figure 16. Moyennes quotidiennes PM ₁₀ à Vieux-Limoilou 2015	23
Figure 17. Moyennes quotidiennes PM ₁₀ à la 2 ^e Avenue 2015.....	24
Figure 18. Moyennes quotidiennes PM _{TOT} à Vieux-Limoilou 2013	26
Figure 19. Moyennes quotidiennes PM _{TOT} à Vieux-Limoilou 2014	26
Figure 20. Moyennes quotidiennes PM _{TOT} à Vieux-Limoilou 2015	27
Figure 21. Moyennes quotidiennes PM _{TOT} à la 2 ^e Avenue 2015.....	27
Figure 22. Moyennes quotidiennes de cuivre à Vieux-Limoilou 2013-2015	30
Figure 23. Moyennes quotidiennes de cuivre à la 2 ^e Avenue 2015	30
Figure 24. Moyennes quotidiennes de nickel à Vieux-Limoilou 2013	32
Figure 25. Moyennes quotidiennes de nickel à Vieux-Limoilou 2015	32
Figure 26. Moyennes quotidiennes de nickel à la 2 ^e Avenue 2015	33
Figure 27. Moyennes quotidiennes de zinc à Vieux-Limoilou 2013-2015.....	34
Figure 28. Moyennes quotidiennes de zinc à la 2 ^e Avenue 2015	35
Figure 29. Moyennes mensuelles de CO à Vieux-Limoilou	38

Figure 30. Moyennes mensuelles de NO ₂ à Vieux-Limoilou	39
Figure 31. Moyennes mensuelles de NO ₂ à Primevères.....	40
Figure 32. Moyennes mensuelles de SO ₂ à Vieux-Limoilou	41
Figure 33. Moyennes mensuelles d'ozone à Vieux-Limoilou	43
Figure 34. Moyennes mensuelles d'ozone à Primevères.....	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Normales des températures à Québec (aéroport J-Lesage).....	8
Tableau 2 Normales des précipitations à Québec (aéroport J-Lesage)	8
Tableau 3. Fréquence et moyenne de la vitesse (km/h) par direction de vent (2015).....	10
Tableau 4. Normes d'air ambiant (RAA) et normes du CCME.....	14
Tableau 5. Résultats pour les PM _{2.5}	17
Tableau 6. Fréquence des valeurs supérieures à la norme de PM _{2.5} du RAA.....	17
Tableau 7. Résultats pour les PM ₁₀	21
Tableau 8. Résultats pour les PM _{TOT}	25
Tableau 9. Résultats pour le cuivre, le nickel et le zinc.....	28
Tableau 10. Résultats pour les autres métaux et métalloïdes (Vieux-Limoilou)	36
Tableau 11. Résultats pour le CO à Vieux-Limoilou	37
Tableau 12. Résultats pour le NO ₂	39
Tableau 13. Résultats pour le SO ₂ à Vieux-Limoilou.....	40
Tableau 14. Résultats pour l'ozone	42

1 Introduction

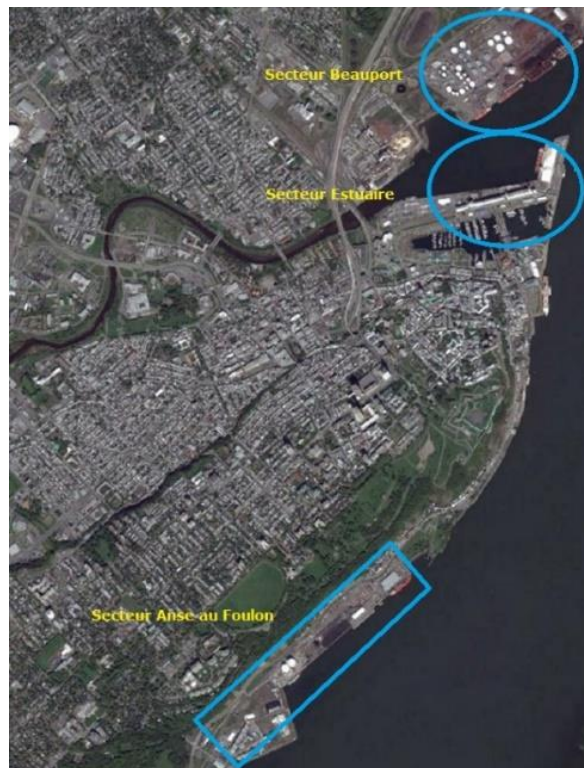
Dans le cadre du projet d'aménagement du quai multifonctionnel en eau profonde dans le secteur de Beauport, l'Administration portuaire de Québec (APQ) a mandaté AirMet Science Inc. pour décrire l'état de la qualité de l'air dans la communauté (quartier de Limoilou) près de ses installations à partir des données disponibles de 2013, 2014 et 2015 aux stations du MDDELCC et de l'APQ.

La qualité de l'air en milieu urbain peut être affecté par plusieurs facteurs et dans le cas de la zone d'intérêt, les principales activités ayant une incidence sur la qualité de l'air seront brièvement mentionnées.

2 Description des activités sur le territoire du Port de Québec

La zone portuaire est partagée en 3 secteurs soit, Anse au Foulon, Estuaire et Beauport (Figure 1).

Figure 1. Secteur des opérations du Port de Québec



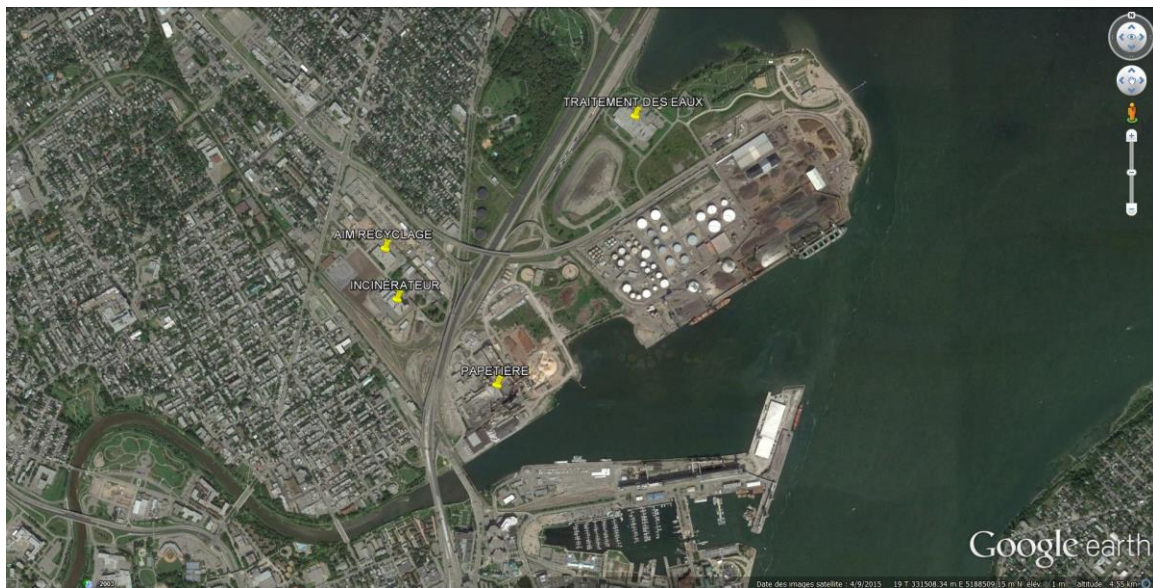
Dans le secteur de l'Anse au Foulon, on retrouve des activités de manutention, transport, entreposage de vrac nature (engrais, céréales, granules de bois, sucre, sel, etc).

Dans le secteur de l'Estuaire, on retrouve des activités de manutention, transport, entreposage de produits céréaliers, poudre de ciment et les activités de croisières, lesquelles se déroulent principalement durant les mois de septembre et octobre.

Le secteur de Beauport se caractérise par des activités de manutention, transport, entreposage de vrac solide et de produits pétroliers.

Le territoire de la Ville de Québec comprend plusieurs sources de contaminants atmosphériques d'origine industrielle et non-industrielle, et les activités effectuées sur le territoire du Port de Québec. On retrouve des sources industrielles à environ 1 kilomètre (à l'ouest) du secteur portuaire telles la papetière Stadacona, l'incinérateur de la Ville de Québec, AIM Recyclage, l'usine de traitement des eaux, l'usine Rothmans, une carrière, etc (Figure 2). Ces installations émettent ou sont susceptibles d'émettre divers contaminants dont des composés organiques volatils (COV), des oxydes d'azote, et des particules. Parmi les sources d'origine non-industrielle, on retrouve entre autres la combustion de combustibles pour le chauffage pour le secteur résidentiel et commercial, les sources mobiles telles que les camions et les voitures circulant sur les rues, les routes et les autoroutes et le transport ferroviaire. Ces sources rejettent chaque année d'importantes quantités de contaminants.

Figure 2. Localisation de sources industrielles à proximité du secteur portuaire



3 Climatologie

La région de la Ville de Québec est située dans une zone climatique de type continental froid et humide.

Les normales climatiques pour la température et la précipitation (Tableau 1 et Tableau 2) proviennent d'Environnement Canada pour la station de l'Aéroport Jean-Lesage (http://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/index_f.html).

La température moyenne annuelle de Québec est de 4.2°C, la moyenne du maximum est de 9.2°C et la moyenne du minimum est de -0.8°C.

Le maximum quotidien varie en moyenne entre 25°C en juillet et -7.9°C en janvier alors que le minimum va de 13.5°C en juillet à -17.7°C en janvier. Sur la période, le plus haut maximum a été de 35.6°C et le plus bas minimum de -35.4°C ce qui procure un écart de 71°C.

En ce qui concerne les précipitations, le total annuel moyen de pluie est de 899.3 mm et celui de la neige est de 303.4 cm, ce qui représente une précipitation totale de 1189.7 mm. Les hauteurs de pluie sont comprises entre 121.4 mm en juillet et 15.2 mm en février; ainsi en moyenne chaque mois de l'année peut connaître une précipitation sous forme de pluie. Les chutes de neige débutent en octobre en moyenne bien que la hauteur soit faible (3.2 cm) et le maximum est en décembre (72.4 cm) et janvier (71.9 cm). La couverture de neige au sol atteint son maximum en février (61 cm). La plus haute chute de pluie en une journée a été de 81.2 mm en septembre (le 14 septembre 1979) alors que la chute de neige maximale est celle du 15 décembre 2003 avec 52 cm.

Tableau 1. Normales des températures à Québec (aéroport J-Lesage)

	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
Moyenne quotidienne (°C)	-12.8	-10.6	-4.6	3.7	11.2	16.4	19.3	18.1	12.7	6.6	-0.7	-8.6
Maximum quotidien (°C)	-7.9	-5.6	0.2	8.3	17.0	22.3	25.0	23.6	17.9	11.1	2.9	-4.2
Minimum quotidien (°C)	-17.7	-15.6	-9.4	-1.0	5.4	10.5	13.5	12.5	7.5	2.0	-4.2	-12.8
Maximum extrême (°C)	10.0	11.7	17.8	29.9	33.0	33.9	35.6	34.4	33.9	28.3	20.0	13.9
Minimum extrême (°C)	-35.4	-36.1	-30.0	-18.9	-7.8	-0.6	3.9	2.2	-4.8	-10.0	-24.0	-32.3

Tableau 2 Normales des précipitations à Québec (aéroport J-Lesage)

	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
Pluie (mm)	22.7	15.2	30.2	67.5	115.9	111.4	121.4	104.2	115.5	94.6	69.1	31.7
Neige (cm)	71.9	63.6	46.4	13.2	0	0	0.0	0	0	3.2	32.7	72.4
Précipitation totale (mm)	86.6	74.5	76.1	83.5	115.9	111.4	121.4	104.2	115.5	98.3	102.5	99.9
Moyenne de la couverture de neige (cm)	45	61	59	15	0	0	0	0	0	0	3	21
Couverture de neige fin de mois (cm)	53	65	39	0	0	0	0	0	0	0	8	34
Extrême quotidien de pluie (mm)	34.2	53.4	56.9	55.4	54.2	78.0	59.9	55.4	81.2	56.9	45.5	45.7
Extrême quotidien de neige (cm)	33.0	37.4	43.9	33.0	7.1	0.3	0.0	0	0	17.3	32.0	52.0
Extrême quotidien de précipitation (mm)	53.4	53.4	63.5	55.4	54.2	78.0	50.9	55.4	81.2	56.9	45.7	49.6

Environnement Canada opère une tour météorologique dans le secteur de Beauport, à proximité de la zone portuaire. La rose des vents obtenue à cette station est montrée à la Figure 3; on notera que pour fins d'illustration, la rose des vents est positionnée au centre du secteur portuaire et non à la position réelle de la station (à Météo, environ 700 m au nord-est). On constate que les directions dominantes (2015) sont OSO et ENE avec une fréquence respective de 23.7% et 14.3%; la fréquence des vents calmes est de 3.4%.

La rose des vents montre que plus de 45% du temps, le vent est en provenance de Limoilou vers le Port de Québec alors qu'environ 25% du temps, les vents proviennent du Port et soufflent vers le quartier Limoilou.

La vitesse moyenne par direction de vent (Tableau 3) est la plus élevée pour les directions ENE (18.2 km/h) et E (15.6 km/h); la direction ENE a aussi enregistré la vitesse maximale (45 km/h).

Figure 3. Rose des vents de la tour météorologique de Beauport (2015), Environnement Canada

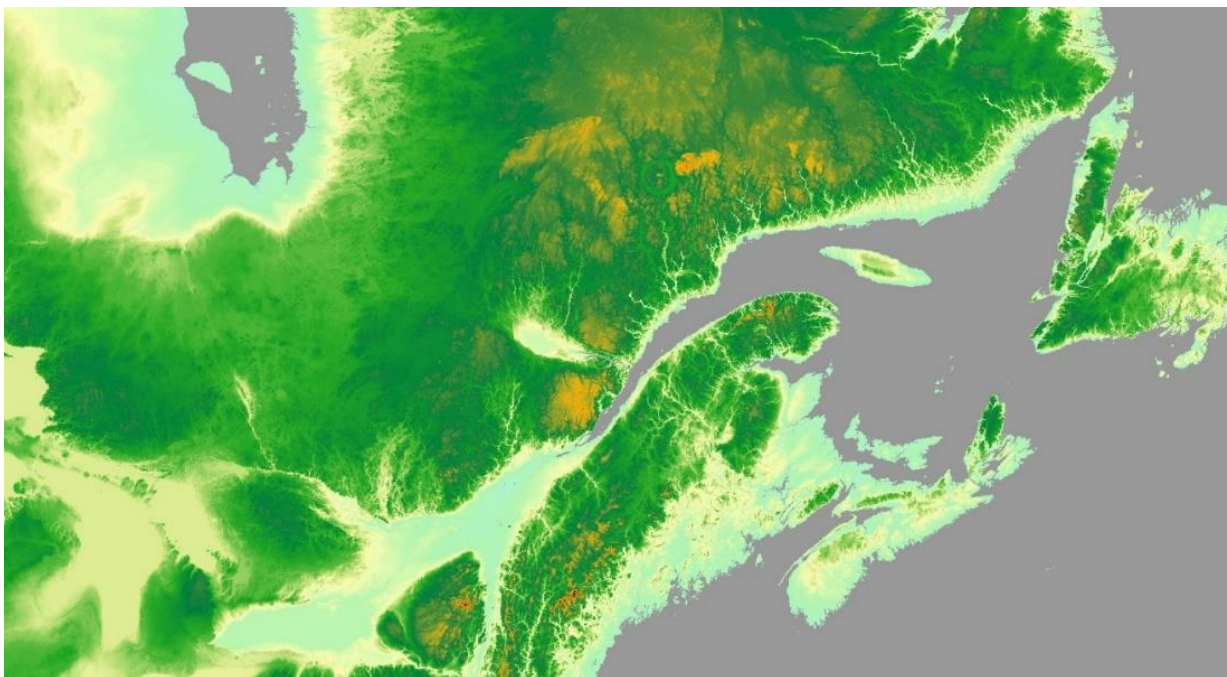


Tableau 3. Fréquence et moyenne de la vitesse (km/h) par direction de vent (2015)

DIRECTION	FRÉQUENCE %	VITESSE km/h		DIRECTION	FRÉQUENCE %	VITESSE km/h	
		MOYENNE	MAXIMUM			MOYENNE	MAXIMUM
N	3.09	7.9	23	S	1.74	7.3	20
NNE	2.16	7.7	30	SSO	1.29	10.2	27
NE	5.76	12.3	40	SO	9.74	7.1	40
ENE	14.29	18.2	45	OSO	23.71	14.4	39
E	9.06	15.6	38	O	14.74	12.7	38
ESE	0.50	5.5	13	ONO	4.73	11.5	38
SE	0.45	6.0	16	NO	2.70	10.9	37
SSE	0.71	7.4	24	NNO	1.92	8.0	29

Les deux directions dominantes (OSO et ENE) s'expliquent par l'effet de la vallée du St-Laurent. Tel qu'illustré à la Figure 4 la vallée du St-Laurent est un long corridor orienté SO-NE par où transitent les tempêtes. À l'approche des tempêtes, les vents s'orientent dans le sens de la vallée procurant à Québec le vent dénommé "nordet" et, lorsqu'elles s'en éloignent, le vent est canalisé dans l'autre axe de la vallée.

Figure 4. Vallée du St-Laurent



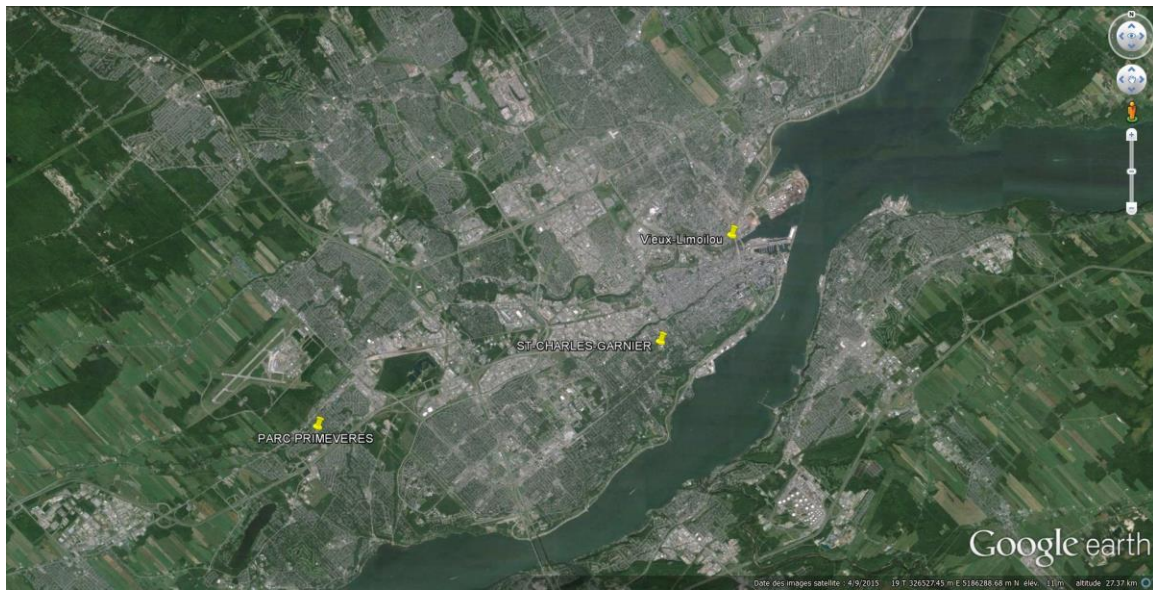
4 Réseaux d'échantillonnage, contaminants et normes

4.1 Réseau du MDDELCC

Le MDDELCC gère un réseau de surveillance de la qualité de l'air. Celui-ci comprend 67 stations de mesures réparties à travers la province.

Le territoire de la Ville de Québec compte trois stations soit la station du Parc Primevères (03021), la station Saint-Charles Garnier (03028) et la station Vieux-Limoilou (03006, auparavant nommée Des Sables) opérée en collaboration avec Environnement Canada; leur localisation est montrée à la Figure 5.

Figure 5. Localisation des stations d'échantillonnage du MDDELCC



La station Parc Primevères (Primevères) est située dans un quartier résidentiel de banlieue, au sud-est de l'aéroport. Outre les émissions locales (comme celles dues au chauffage et à la circulation), les émissions en provenance de l'autoroute 40, du Parc Industriel de St-Augustin, de l'aéroport et de l'ensemble du milieu urbain pourraient influencer cette station lors de certaines conditions météorologiques.

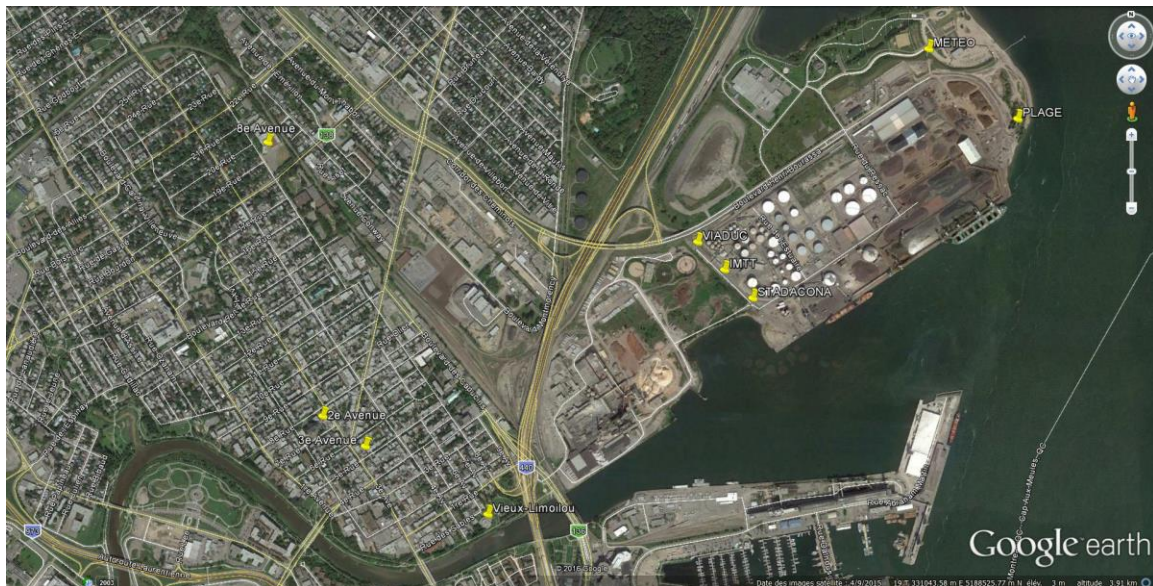
La station St-Charles-Garnier est localisée en milieu résidentiel urbain et peut être influencée par l'ensemble des sources urbaines associées au transport, au chauffage etc.; il n'y a pas de sources industrielles importantes à proximité. Le secteur portuaire de l'Anse au Foulon est à plus de 1.3 km au sud; ceux de l'Estuaire et Beauport à plus de 4.5 km au nord-est.

La station Vieux-Limoilou est localisée dans la partie sud du quartier Limoilou en bordure de la rivière St-Charles (voir aussi Figure 6). Cette station peut être influencée par les émissions urbaines tout autour, le secteur industriel, les autoroutes, la papetière (500 m environ au nord-est) et les activités effectuées sur le territoire du Port de Québec ; le secteur portuaire de l'Estuaire est à environ 1 km à l'est et celui de Beauport à 1.3 km et plus au nord-est.

4.2 Réseau de l'APQ

L'APQ dispose également d'un réseau de surveillance de la qualité de l'air ambiant (Figure 6). Ce réseau comprend cinq (5) stations de mesure au pourtour du secteur de Beauport, trois (3) dans le secteur de l'Anse au Foulon et trois (3) dans la communauté (quartier Limoilou). Dans Limoilou, les stations de la 3^e Avenue et de la 8^e Avenue ont débuté l'échantillonnage à la fin de 2015; les données y sont donc insuffisantes pour fins d'analyse. À la station de la 2^e Avenue, les observations sont disponibles depuis mi-juin 2015. Cette station est susceptible d'être influencée par les émissions urbaines tout autour, les autoroutes, le secteur industriel (environ 800 m au nord-est), la papetière (environ 1 km à l'est) et les activités effectuées sur le territoire du Port de Québec. Le secteur portuaire de l'Estuaire est à 1.5 km et plus à l'est-sud-est et le secteur de Beauport à 1.5 km et plus au nord-est.

Figure 6. Localisation des stations de l'APQ - communauté et Beauport



Les concentrations de $PM_{2.5}$ mesurées à la station de la 2^e Avenue sans égard aux sources potentielles, sont publiées sur le site Internet de l'APQ sur une base quotidienne depuis le mois de novembre 2015 au lien suivant:

<http://www.portquebec.ca/communaute/developpement-durable/particules-fines>.

4.3 Liste des contaminants, normes du CCME et normes d'air ambiant du RAA

Les contaminants échantillonnés aux stations du MDDELCC et de l'APQ comprennent dans leur ensemble les particules totales (PM_{TOT}), les particules fines ($PM_{2.5}$) dont le diamètre est inférieur à 2.5 μm , les particules de diamètre inférieur à 10 μm (PM_{10}), les métaux, l'ozone (O_3), les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO_2) et le monoxyde de carbone (CO). Les contaminants gazeux (O_3 , NO_x , SO_2 , CO) ne sont pas échantillonnés aux stations de l'APQ.

Les mesures des $PM_{2.5}$ sont disponibles sur une base horaire aux stations du MDDELCC et sur une minute à la station de la 2^e Avenue. Les concentrations des contaminants gazeux (MDDELCC) sont disponibles sur une base horaire; les concentrations de PM_{10} , PM_{TOT} et des métaux et métalloïdes sont sur une base de 24 heures. Les métaux autres que le nickel sont dosés à partir des PM_{TOT} et le nickel à partir des PM_{10} . Lorsqu'une concentration est inférieure à la limite de détection on lui attribue une valeur égale à la moitié de cette limite.

Compte tenu de sa localisation et des paramètres mesurés, la station Vieux-Limoilou (03006) est la station retenue pour évaluer la qualité de l'air à l'état de référence près de la zone portuaire. Les données (2013 à 2015) ont été fournies par le MDDELCC à la demande de l'APQ. On notera que le MDDELCC ne rend pas publiques les concentrations de nickel de 2014 à la station Vieux-Limoilou.

Pour fins de comparaison avec un milieu résidentiel de banlieue on présentera aussi des résultats pour la station Primevères située à l'extrémité ouest de la ville; les PM_{10} et les métaux ne sont pas dosés à la station Primevères. Les données de la station St-Charles-Garnier ne seront pas utilisées.

Selon les exigences de l'ACÉE, les contaminants examinés dans le cadre de la présente analyse sont les suivants:

- les particules de moins de 2.5 microns ($PM_{2.5}$);
- les particules de moins de 10 microns (PM_{10});
- les particules totales (PM_{TOT});

- le cuivre, le nickel, le zinc et les autres métaux et métalloïdes;
- le monoxyde de carbone (CO);
- le dioxyde d'azote (NO₂);
- le dioxyde de soufre (SO₂);
- l'ozone (O₃).

Au niveau fédéral, le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) a publié des normes pour les particules fines (PM_{2.5}) et l'ozone (CCME, 2011). Aucune norme n'est proposée par le CCME pour les PM_{TOT}, PM₁₀, les métaux, le dioxyde d'azote (NO₂), le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de soufre (SO₂).

Au niveau provincial, le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA) adopté en 2013 prescrit les normes d'air ambiant et des normes d'émission pour diverses installations industrielles et d'autres exigences relatives à la mesure et au contrôle.

Dans le cadre de la présente étude, l'APQ a considéré les normes évolutives du CCME (PM_{2.5} et ozone) et les normes d'air ambiant du RAA (Tableau 4). Les valeurs pour le cobalt, le manganèse et le sélénium ne sont pas des normes d'air ambiant mais des critères de qualité de l'atmosphère (MDDELCC, 2015). Il n'y a pas de norme pour les PM₁₀ au RAA.

En ce qui concerne les PM_{2.5}, la norme de 24 heures du CCME est une moyenne triennale du 98^e centile annuel des concentrations quotidiennes moyennes sur 24 heures; la norme d'un an est une moyenne triennale des concentrations annuelles moyennes. Pour l'ozone, la norme sur 8 heures du CCME est la moyenne triennale de la 4^{ème} valeur annuelle la plus élevée des maximums quotidiens des concentrations moyennes sur 8 heures. Pour le dioxyde de soufre, la valeur maximale sur 4 minutes du RAA peut être dépassée jusqu'à 0.5% du temps sur une base annuelle, mais sans toutefois ne jamais dépasser 1310 µg/m³. Finalement, on notera que certains des contaminants échantillonnés ne font pas l'objet d'une norme ou d'un critère.

Tableau 4. Normes d'air ambiant (RAA) et normes du CCME

CONTAMINANT	PÉRIODE	NORME D'AIR AMBIANT RAA	NORME CCME
		(µg/m ³)	(µg/m ³)
Particules en suspension totales (PM _{TOT})	24 heures	120	-
Particules de moins de 2.5 microns (PM _{2.5})	24 heures	30	28 (2015) 27 (2020)
	1 an		10 (2015) 8.8 (2020)

CONTAMINANT	PÉRIODE	NORME D'AIR AMBIANT RAA	NORME CCME
Particules de moins de 10 microns (PM ₁₀)	na	-	-
Nickel (sur PM ₁₀)	24 heures	0.014	-
Cuivre (Cu)	24 heures	2.5	-
Zinc (Zn)	24 heures	2.5	-
Dioxyde d'azote (NO ₂)	1 heure	414	-
	24 heures	207	-
	1 an	103	-
Monoxyde de carbone (CO)	1 heure	34000	-
	8 heures	12700	-
Dioxyde de soufre (SO ₂)	4 minutes	1050	-
	24 heures	288	-
	1 an	52	-
Ozone (O ₃)	1 heure	160	-
	8 heures	125	124 (2015) 122 (2020)
autres métaux et métalloïdes			
Aluminium	na	-	-
Antimoine	1 an	0.17	-
Arsenic	1 an	0.003	-
Baryum	1 an	0.05	-
Béryllium	1 an	0.0004	-
Bismuth	na	-	-
Cadmium	1 an	0.0036	-
Calcium	na	-	-
Chrome	1 an	0.1	-
Cobalt	1 an	0.1	-
Étain	na	-	-
Fer	na	-	-
Manganèse	0.025	n.a.	-
Plomb	1 an	0.1	-
Sélénium	1 h	2	-
Tellure	na	-	-
Thallium	1 an	0.25	-
Vanadium	1 an	1	-

na: non applicable pas de norme

5 État de référence

Dans cette section on compare les concentrations mesurées (ou calculées) des divers contaminants aux normes d'air ambiant respectives.

Les concentrations sont exprimées en µg/m³.

5.1 Particules PM_{2.5}

Le Tableau 5 résume les résultats pour les PM_{2.5} aux stations du MDDELCC et à la station de la 2^e Avenue. Aux stations Vieux-Limoilou et Primevères, les critères de complétude sont rencontrés pour le calcul des moyennes annuelles et des percentiles P98.

Les concentrations moyennes annuelles à Vieux-Limoilou varient entre 9.56 µg/m³ et 10.42 µg/m³; la moyenne triennale des moyennes annuelles est de 10.02 µg/m³ soit une valeur très légèrement supérieure à la norme de 10 µg/m³ du CCME.

À la station Primevères les moyennes annuelles sont comprises entre 7.92 µg/m³ et 8.45 µg/m³; la moyenne triennale des moyennes annuelles est de 8.24 µg/m³, valeur inférieure à la norme de 10 µg/m³ du CCME. La station Primevères, en milieu résidentiel de banlieue, a un niveau moyen inférieur à celui de la station Vieux-Limoilou.

Les valeurs de P98 (annuel) sont entre 22.44 µg/m³ et 26.45 µg/m³ à la station Vieux-Limoilou; la moyenne triennale des P98 est de 25.10 µg/m³, valeur inférieure à la norme de 28 µg/m³ pour 2015 et 27 µg/m³ pour 2020 du CCME.

À la station Primevères, les P98 annuels sont compris entre 23.71 µg/m³ et 24.94 µg/m³; la moyenne triennale des P98 est de 24.26 µg/m³, valeur aussi inférieure à la norme de 28 µg/m³ pour 2015 et de 27 µg/m³ pour 2020 du CCME.

La moyenne pour la période de données disponibles (juin à décembre 2015) à la station de la 2^e Avenue est de 6.97 µg/m³ et le percentile P98 des moyennes quotidiennes est de 18.5 µg/m³. On notera que le critère de complétude pour le calcul de la moyenne annuelle n'est pas satisfait compte tenu que les observations ont débuté à la mi-juin. Néanmoins, pour la période disponible, le niveau moyen de PM_{2.5} y est inférieur à celui de Primevères et Vieux-Limoilou; la station Primevères est localisée dans un milieu résidentiel de banlieue, passablement différent de celui de la 2^e Avenue. Pour la période commune, de juin à décembre 2015, le niveau moyen de Primevères et de la 2^e Avenue est de près de 7 µg/m³, inférieur à celui de Vieux-Limoilou (9.21 µg/m³).

À la station Vieux-Limoilou, un total de sept journées (Tableau 6) ont connu une concentration supérieure à la norme de 30 µg/m³ du RAA, soit 0.67% des valeurs quotidiennes i.e. que 99.33% des concentrations sont inférieures à cette norme; quatre journées se sont produites en 2013 (1.13%), une en 2014 (0.28%) et deux en 2015 (0.60%).

À la station Primevères, on dénombre un total de cinq concentrations supérieures à la norme de 30 µg/m³ du RAA, soit 0.47% des valeurs quotidiennes i.e. que 99.53% des concentrations sont inférieures à cette norme; deux journées se sont produites en 2013 (0.57%), une en 2014 (0.28%) et deux en 2015 (0.56%).

Aucune concentration n'est supérieure à la norme de 30 µg/m³ du RAA à la station de la 2^e Avenue sur la période disponible, le maximum quotidien mesuré étant de 20.91 µg/m³.

Tableau 5. Résultats pour les PM_{2.5}

AN	MOYENNE µg/m ³	NOMBRE	ÉCART-TYPE	MAXIMUM	P98
Vieux-Limoilou					
2013	10.07	355	6.48	44.88	26.42
2014	9.56	356	5.13	31.29	22.44
2015 année juin-déc	10.42	333	5.27	33.88	26.45
	9.21	196	3.93	23.08	19.62
Primevères					
2013	8.45	352	5.60	34.92	24.94
2014	8.36	357	5.58	32.67	23.71
2015 année juin-déc	7.92	357	5.48	35.21	24.15
	6.94	207	4.08	22.08	17.71
2^e Avenue					
2015	6.97	188	4.28	20.91	18.5

Tableau 6. Fréquence des valeurs supérieures à la norme de PM_{2.5} du RAA

	NOMBRE	%	NOMBRE	%	NOMBRE
	Vieux-Limoilou		Primevères		2^e Avenue
2013	4	1.13	2	0.57	na
2014	1	0.28	1	0.28	na
2015	2	0.60	2	0.56	0
TOTAL	7	0.67	5	0.47	0

norme quotidienne: 30 µg/m³ ; na: non applicable données non disponibles

Les Figure 7 à Figure 13 illustrent les concentrations moyennes quotidiennes aux trois stations pour chaque année.

Figure 7. Moyennes quotidiennes PM_{2.5} à Vieux-Limoilou 2013

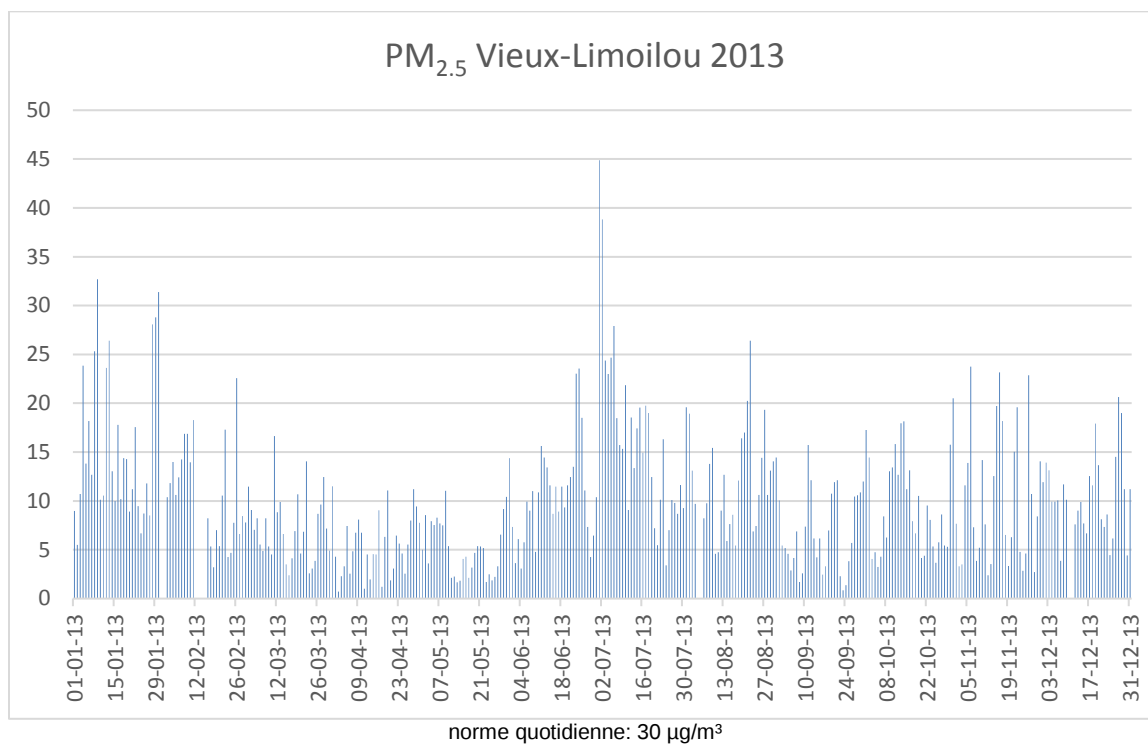


Figure 8. Moyennes quotidiennes PM_{2.5} à Primevères 2013

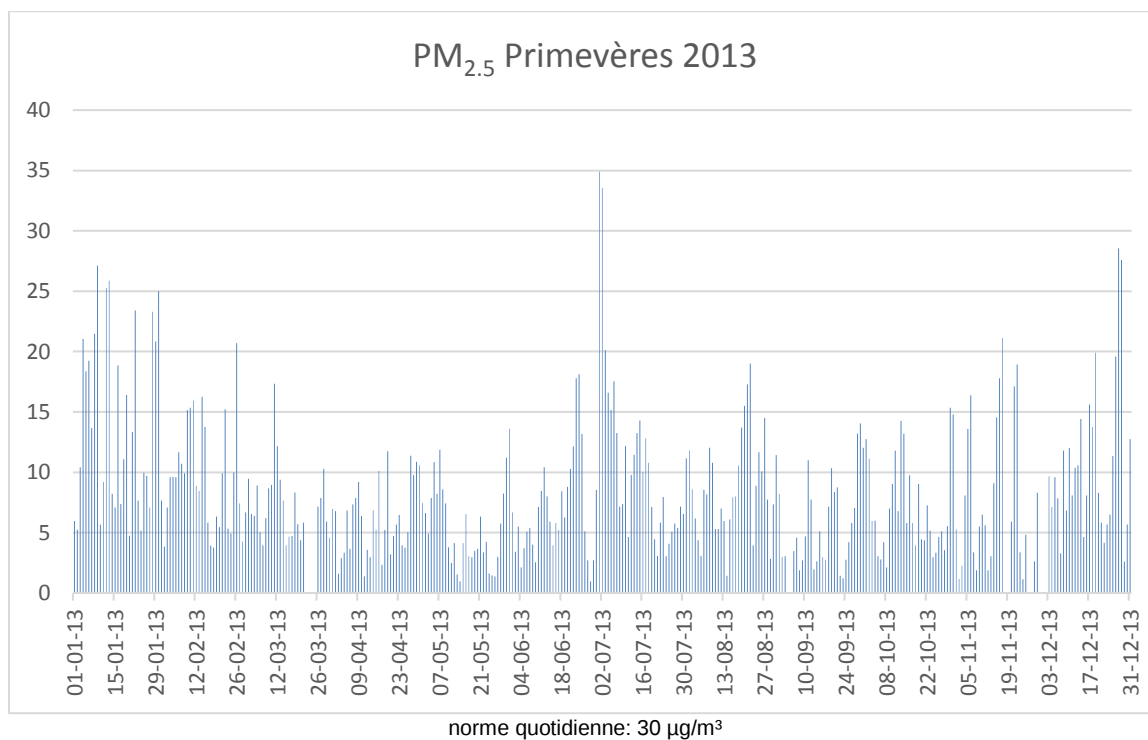


Figure 9. Moyennes quotidiennes $PM_{2.5}$ à Vieux-Limoilou 2014

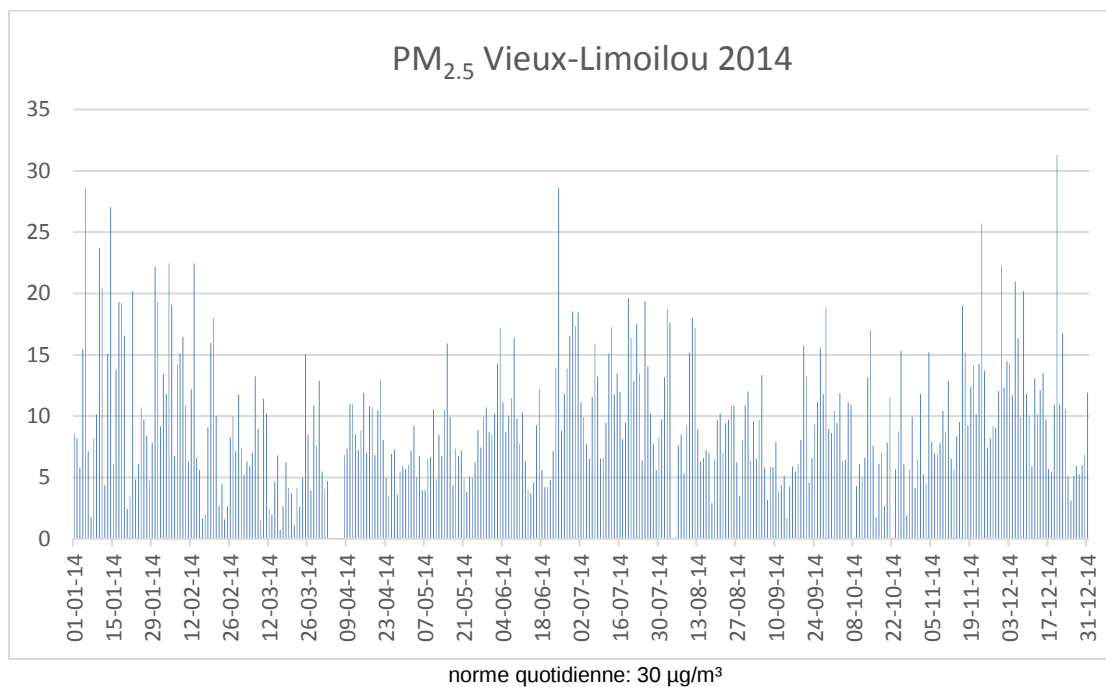
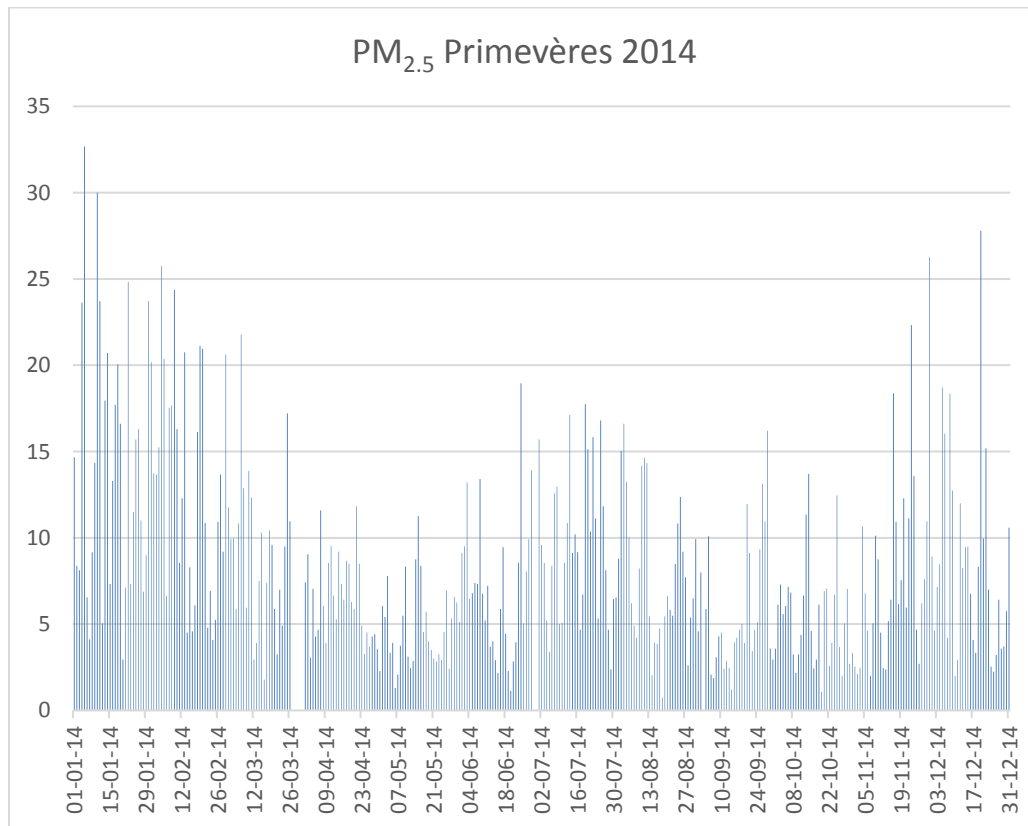


Figure 10. Moyennes quotidiennes $PM_{2.5}$ à Primevères 2014



norme quotidienne: 30 µg/m³

Figure 11. Moyennes quotidiennes PM_{2.5} à Vieux-Limoilou 2015

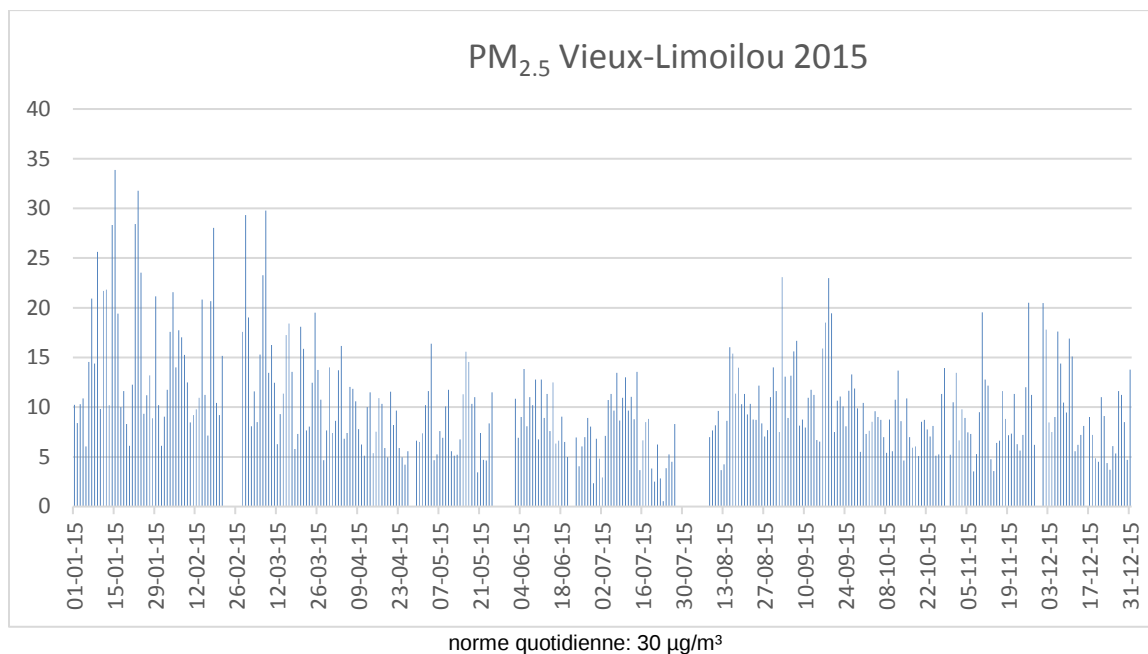


Figure 12. Moyennes quotidiennes PM_{2.5} à Primevères 2015

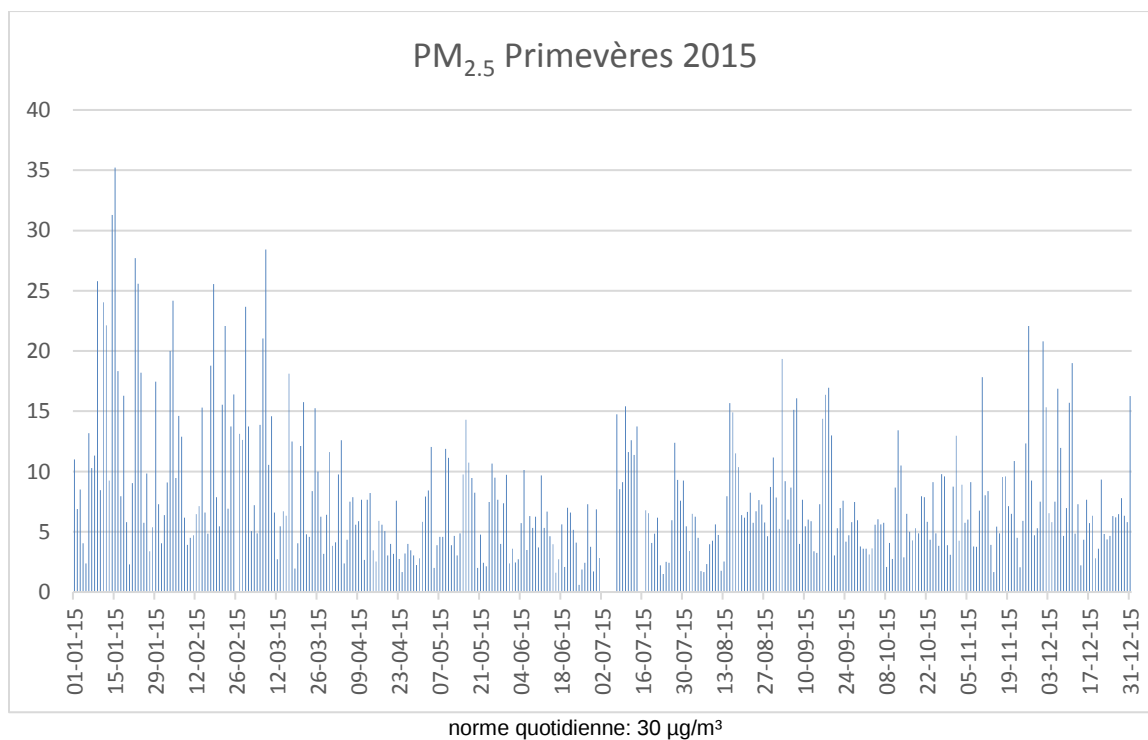
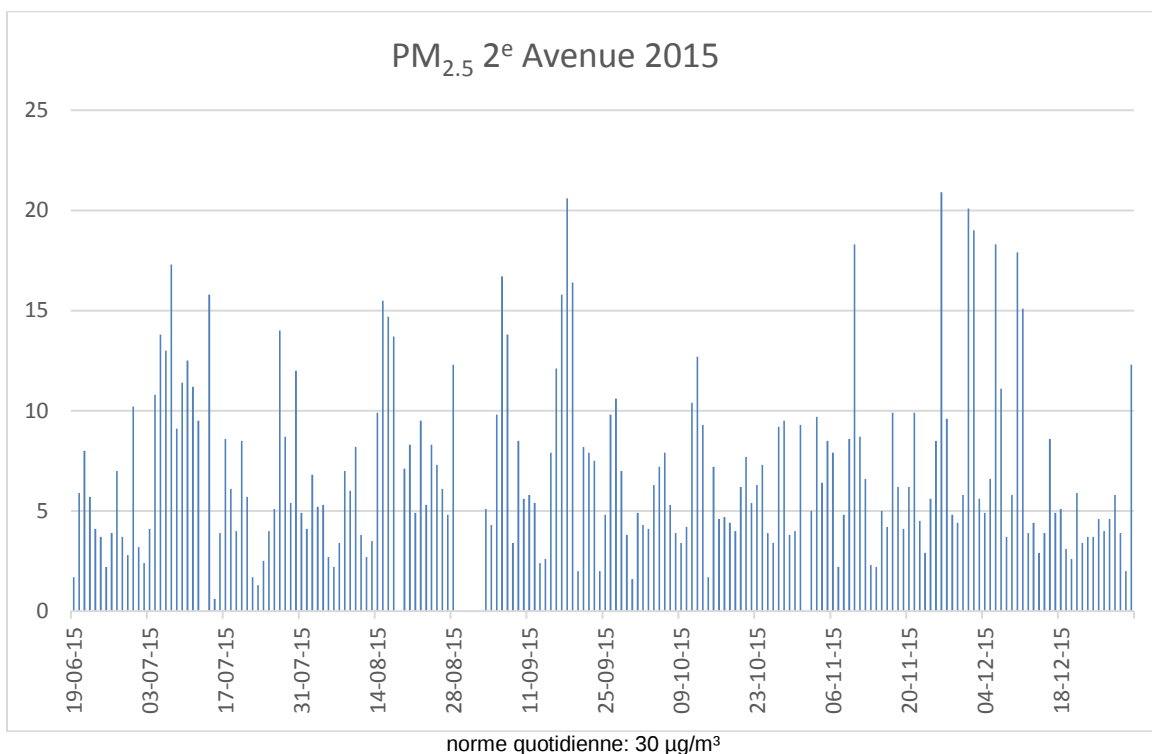


Figure 13. Moyennes quotidiennes PM_{2.5} à la 2^e Avenue 2015

5.2 Particules de moins de 10 microns (PM₁₀)

Les particules PM₁₀ ont un diamètre inférieur à 10 µm et comprennent également les PM_{2.5}. La proportion de ces dernières dans les PM₁₀ varie de 30% à 80% selon les sources impliquées et le milieu. Le CCME n'a pas établi une norme pour les PM₁₀. Il n'y a pas non plus de norme d'air ambiant pour les PM₁₀ au RAA. Les résultats sont au Tableau 7.

Tableau 7. Résultats pour les PM₁₀

µg/m ³	PM ₁₀	Vieux-Limoilou	2 ^e Avenue
2013	Moyenne	21.50	na
	Nombre	56	na
	Écart-type	12.08	na
	Maximum	72	na
	P98	61.60	na
2014	Moyenne	21.08	na
	Nombre	155	na
	Écart-type	11	na
	Maximum	77	na
	P98	53.10	na

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM₁₀	Vieux-Limoilou	2^e Avenue
2015	Moyenne an juin-déc	19.03 16.71	16.11
	Nombre	130	194
	Écart-type	10.13	9.61
	Maximum	55	56.3
	P98	44.0	39.81

na: non applicable données non disponibles

À la station Vieux-Limoilou, les moyennes annuelles 2013, 2014 et 2015 sont respectivement de 21.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 21.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, et 19.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

À la station de la 2^e avenue, la moyenne pour la période (juin à décembre 2015) est de 16.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; la différence entre le nombre d'échantillons de la 2^e Avenue et de la station Vieux-Limoilou est due au fait que l'échantillonnage (séquentiel) à cette dernière est aux trois ou six jours; à la station de la 2^e Avenue, les mesures obtenues à chaque jour ont débuté à la mi-juin. Pour cette même période, la moyenne de Vieux-Limoilou (16.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) est proche de celle de la 2^e Avenue.

On présente aux Figure 14, Figure 15 et Figure 16 les concentrations quotidiennes de PM₁₀ à la station Vieux-Limoilou pour chaque année et à la Figure 17 celles de la station de la 2^e Avenue.

Figure 14. Moyennes quotidiennes PM₁₀ à Vieux-Limoilou 2013

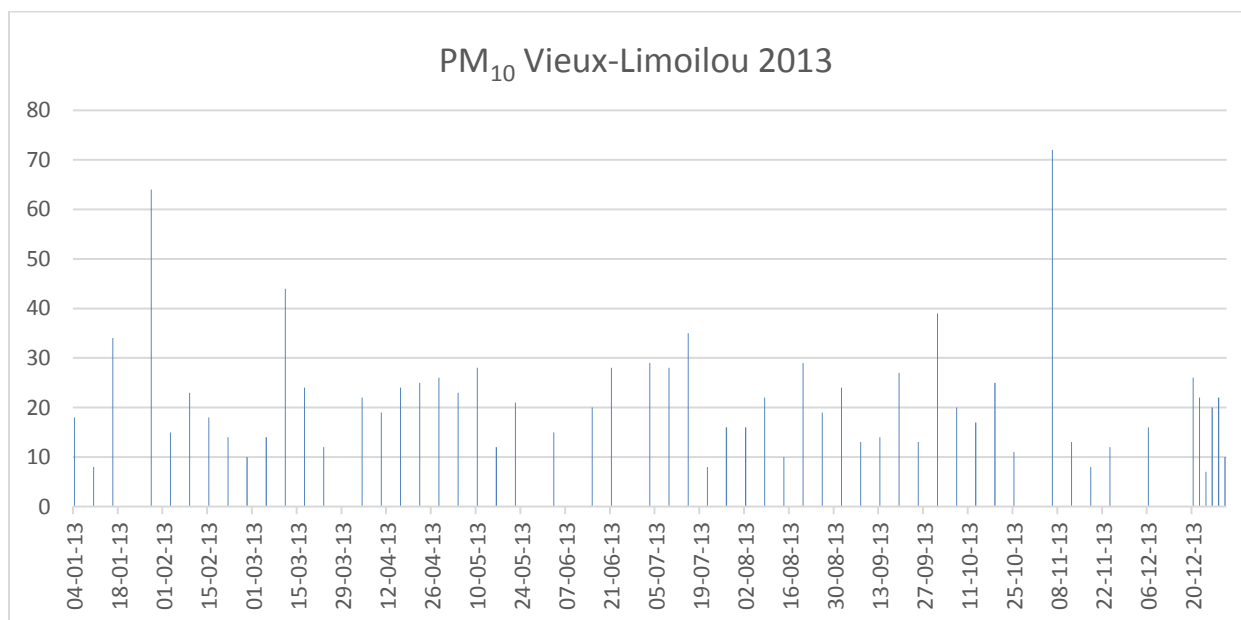


Figure 15 Moyennes quotidiennes PM₁₀ à Vieux-Limoilou 2014

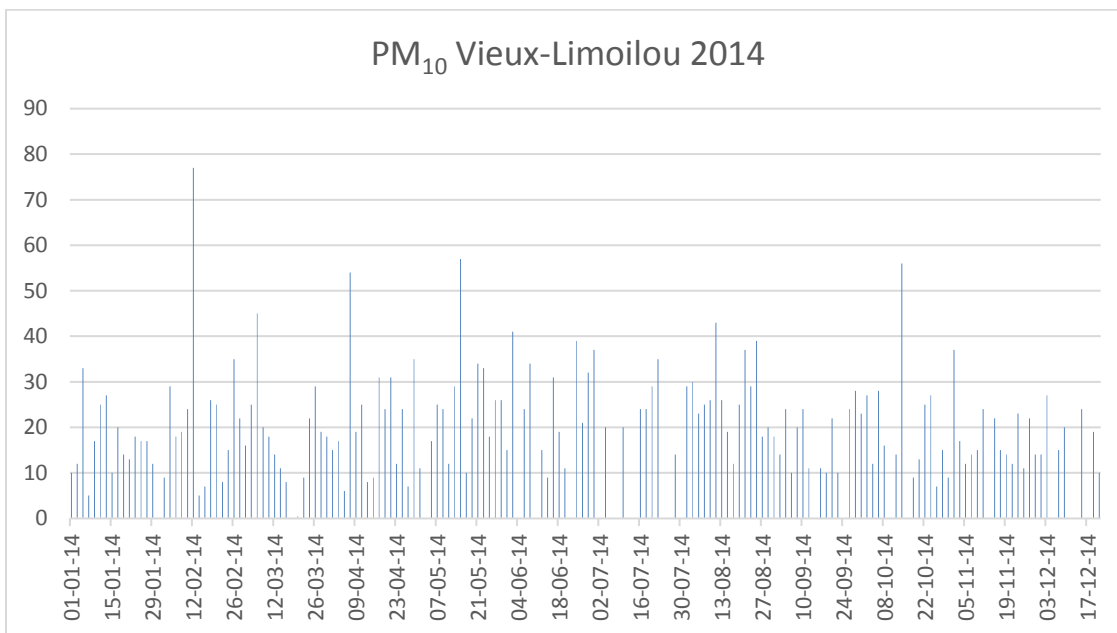


Figure 16 Moyennes quotidiennes PM₁₀ à Vieux-Limoilou 2015

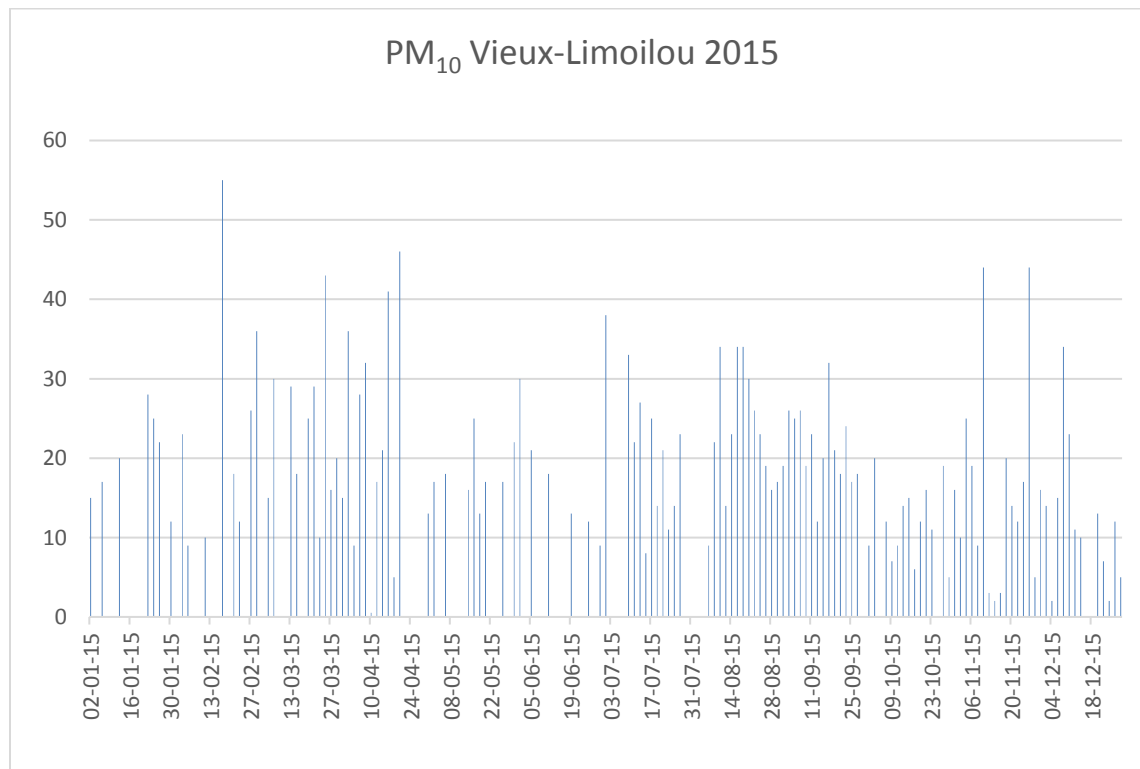
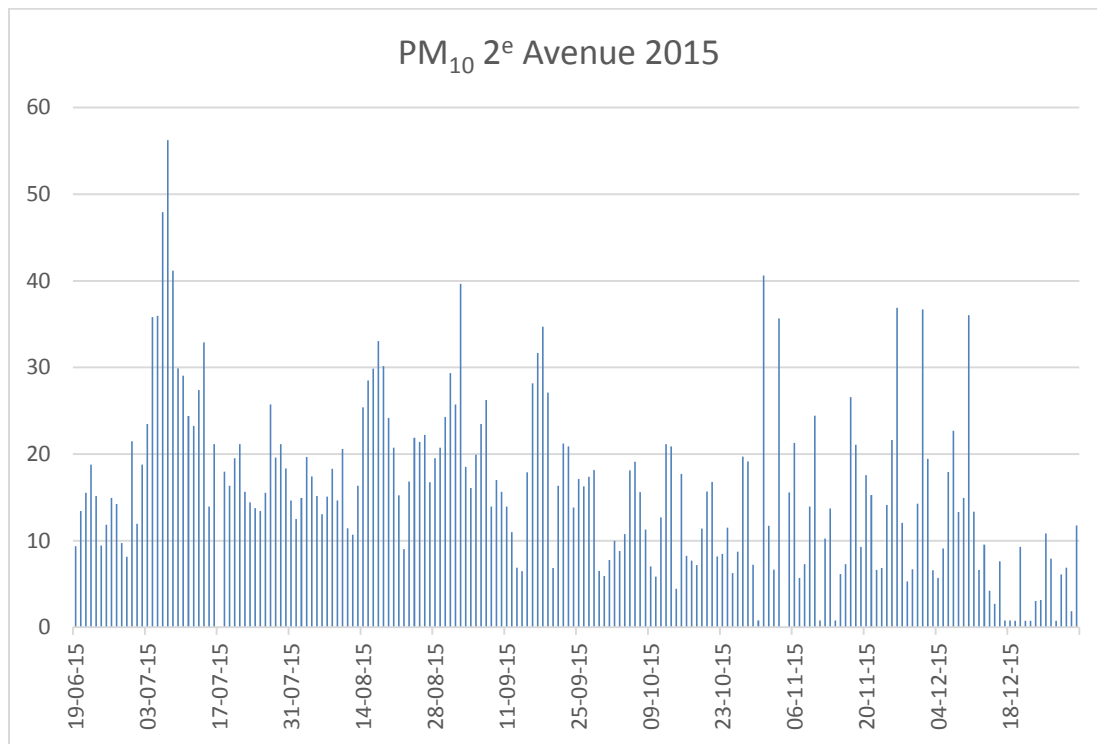


Figure 17 Moyennes quotidiennes PM_{10} à la 2^e Avenue 2015

5.3 Particules en suspension totales (PM_{TOT})

Les particules en suspension totales (PM_{TOT}) ont été l'objet des premières normes de qualité de l'air liées aux particules. Elles servaient de référence pour l'évaluation des matières en suspension dans l'atmosphère avant l'introduction de paramètres plus spécifiques comme les $PM_{2.5}$ et PM_{10} . Le CCME n'a pas de norme pour les particules en suspension totales.

La norme du RAA pour les PM_{TOT} est de 120 $\mu g/m^3$ sur 24 heures.

À la station Vieux-Limoilou, les moyennes annuelles de 2013, 2014 et 2015 sont respectivement de 46.57 $\mu g/m^3$, 48.4 $\mu g/m^3$, et 44.24 $\mu g/m^3$ (Tableau 8).

À la station de la 2^e Avenue, la moyenne pour la période (juin à décembre 2015) est de 26.91 $\mu g/m^3$. Pour la même période, la moyenne de Vieux-Limoilou (37.94 $\mu g/m^3$) est plus élevée.

Durant la période du 1^{er} janvier 2013 au 31 décembre 2015, on dénombre cinq jours à la station Vieux-Limoilou dont la concentration de PM_{TOT} est supérieure à la norme de 120 $\mu g/m^3$ du RAA, soit 2.27% des valeurs (97.75% des valeurs sont inférieures); deux de ces journées ont eu lieu en 2013 (1.53%) et 2014 (4.17%) et une en 2015 (2.27%). Aucune valeur ne dépasse la norme quotidienne de PM_{TOT} à la station de la 2^e Avenue.

Tableau 8. Résultats pour les PM_{TOT}

$\mu g/m^3$	PM_{TOT}	Vieux-Limoilou	2 ^e Avenue
2013	MOYENNE	46.57	
	NOMBRE	131	
	ECART-TYPE	23.63	
	MAXIMUM	150	
	P98	105.76	
	N>120	2	
	%	1.53	
2014	MOYENNE	48.40	
	NOMBRE	48	
	ECART-TYPE	26.74	
	MAXIMUM	132	
	P98	131.04	
	N>120	2	
	%	4.17	
2015	MOYENNE an juin-déc	44.24 37.94	26.91
	NOMBRE	41	85
	ECART-TYPE	24.02	14.21
	MAXIMUM	150	70.41
	P98	99.98	59.47
	N>120	1	0
	%	2.27	0

La concentration maximale mesurée lorsque les concentrations sont supérieures à la norme est de $150 \mu g/m^3$.

Les Figure 18, Figure 19 et Figure 20 présentent les résultats quotidiens de PM_{TOT} mesurés à la station Vieux-Limoilou pour chaque année et la Figure 21 présente les résultats de PM_{TOT} à la station de la 2^e Avenue.

Figure 18. Moyennes quotidiennes PM_{TOT} à Vieux-Limoilou 2013

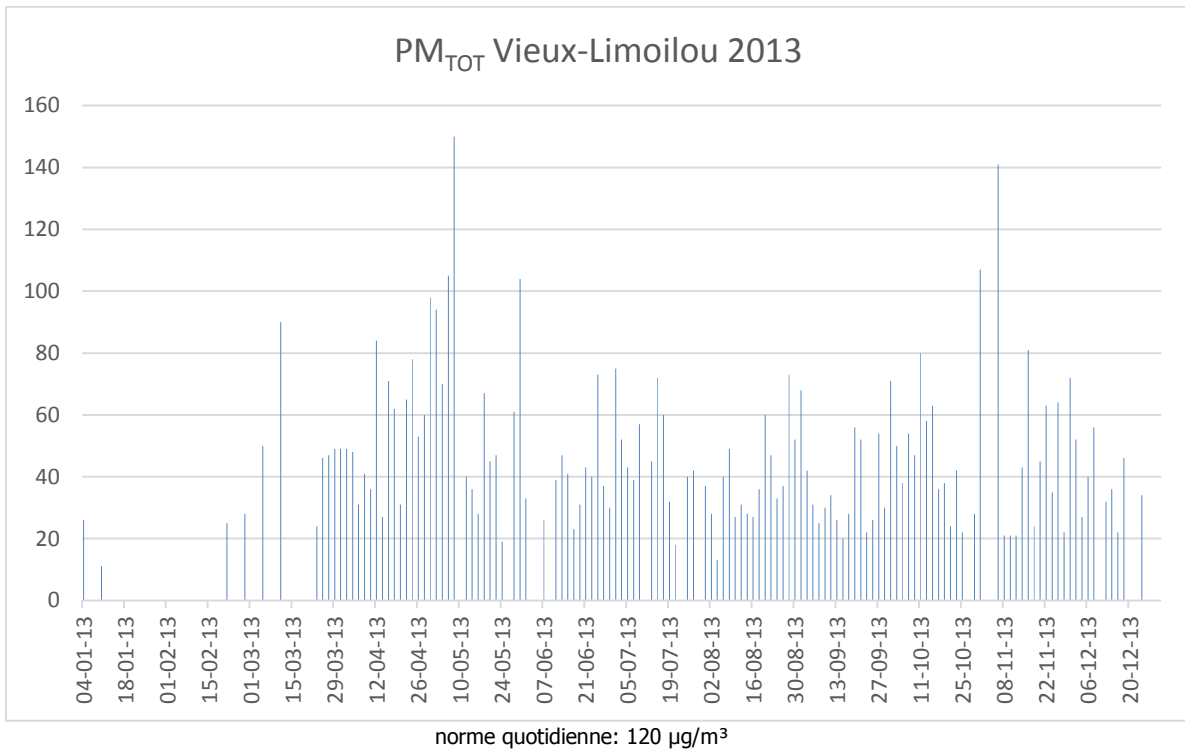


Figure 19. Moyennes quotidiennes PM_{TOT} à Vieux-Limoilou 2014

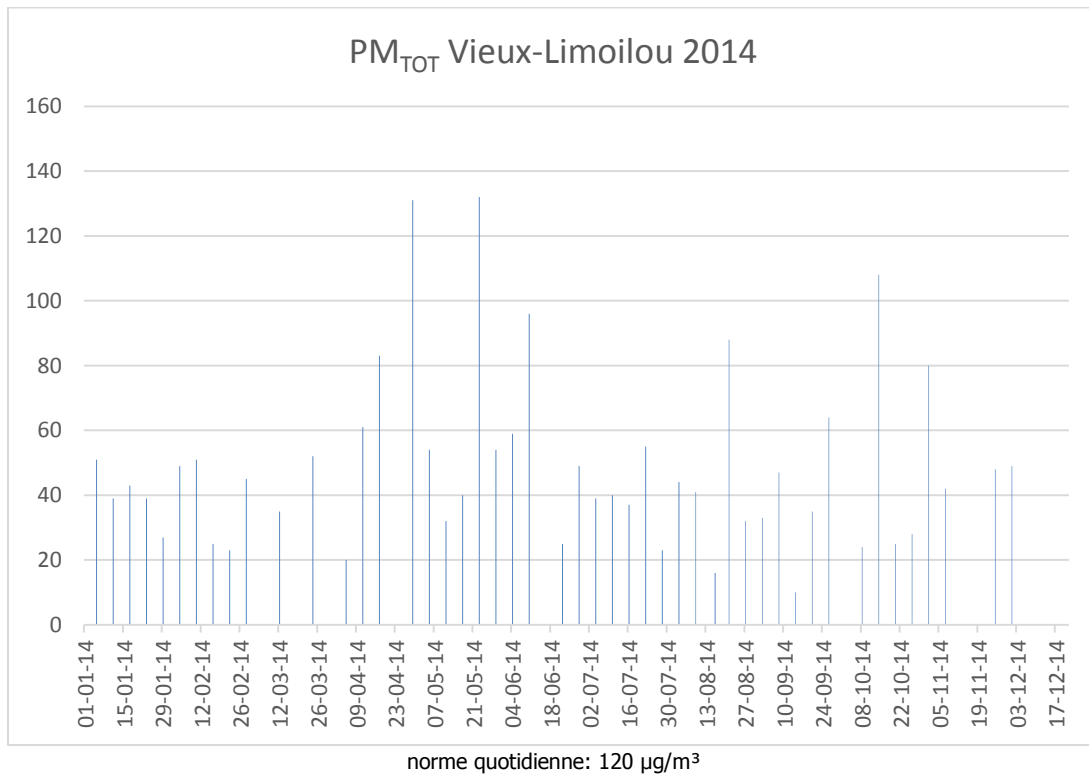


Figure 20. Moyennes quotidiennes PM_{TOT} à Vieux-Limoilou 2015

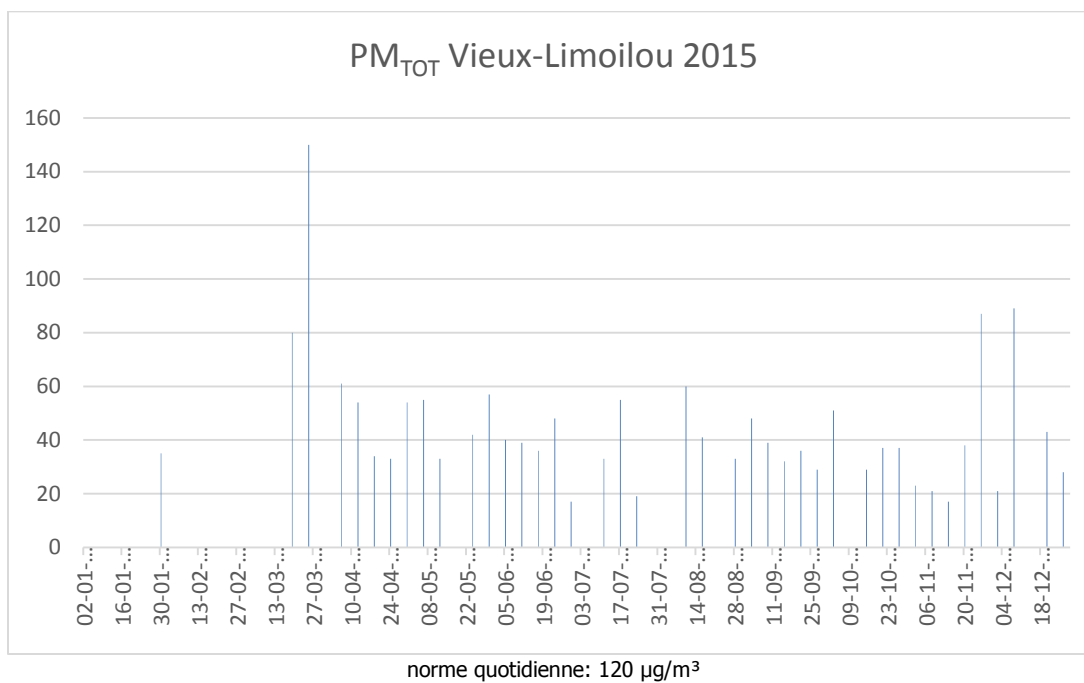
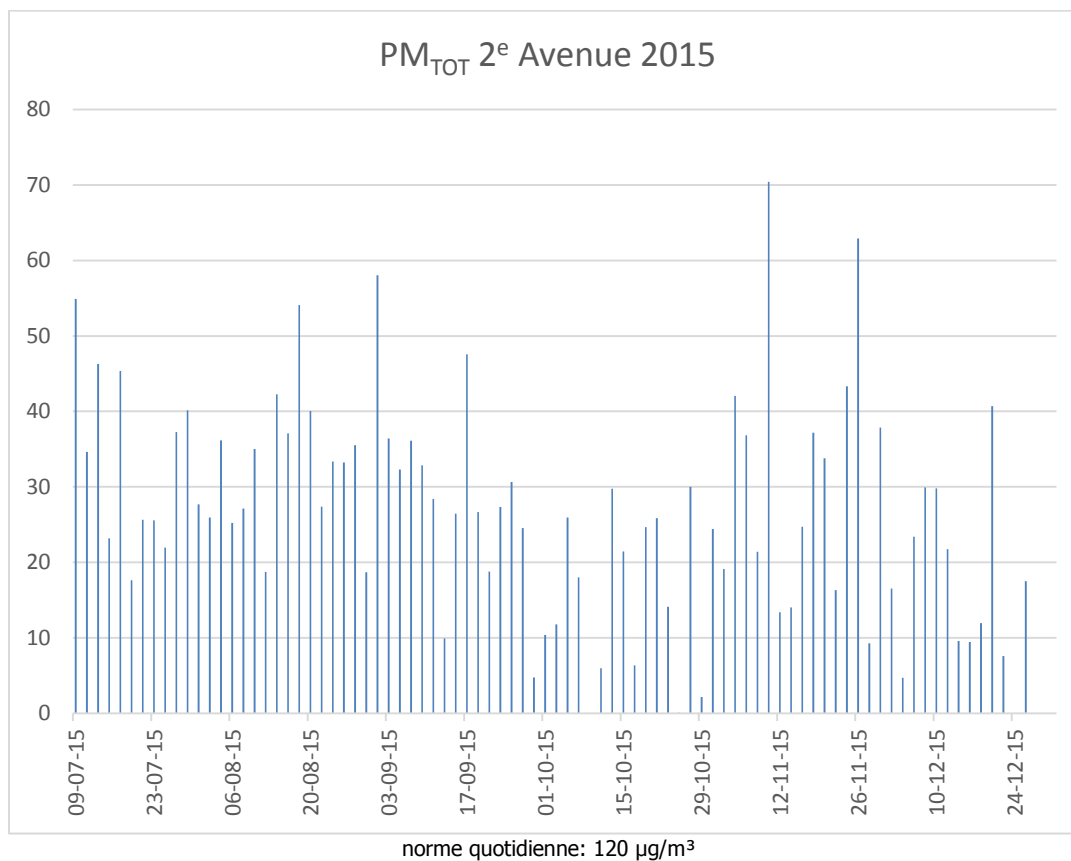


Figure 21. Moyennes quotidiennes PM_{TOT} à la 2^e Avenue 2015



5.4 Métaux: cuivre, nickel et zinc

Cette section présente les résultats pour le cuivre, le nickel et le zinc qui ont chacun une norme quotidienne. Ces métaux sont transbordés ou manutentionnés actuellement sur le territoire du Port de Québec.

Les résultats pour chacun et pour chaque année sont présentés au Tableau 9 pour la station Vieux-Limoilou et pour la période disponible à la station de la 2^e Avenue; on y fait référence dans les sections respectives qui suivent. On donne aussi dans ce tableau la norme d'air ambiant et la concentration la plus basse pouvant être mesurée (ou limite de détection, LD).

Tableau 9. Résultats pour le cuivre, le nickel et le zinc

$\mu\text{g}/\text{m}^3$		CUIVRE	NICKEL	ZINC
	norme RAA	2.5	0.014	2.5
Vieux-Limoilou				
	LD	0.002	0.003	0.06
2013	MOYENNE	0.04337	0.01327	0.23458
	NOMBRE	131	49	131
	ÉCART-TYPE	0.02725	0.03356	0.40277
	MAXIMUM	0.16200	0.20600	3.47
	P98	0.13676	0.12074	1.2800
	N>norme	0	7	1
	%	0	14.29	0.76
	N<LD	4	20	29
	%	3.05	40.82	22.14
2014	MOYENNE	0.06552	ND	0.08852
	NOMBRE	48	ND	48
	ÉCART-TYPE	0.06354	ND	0.06709
	MAXIMUM	0.44000	ND	0.28100
	P98	0.19632	ND	0.27812
	N>norme	0	ND	0
	%	0	ND	0
	N<LD	0	ND	16
	%	0	ND	33.33
2015	MOYENNE an juin-déc	0.10976 0.10463	0.00574 0.00247	0.08437 0.08744
	NOMBRE	41	130	41
	ÉCART-TYPE	0.10926	0.01497	0.06481
	MAXIMUM	0.60500	0.1510	0.29000

$\mu\text{g}/\text{m}^3$		CUIVRE	NICKEL	ZINC
	P98	0.40246	0.03540	0.24080
	N>norme	0	10	0
	%	0	7.69	0
	N<LD	0	87	15
	%	0	66.92	36.59
2^e Avenue				
2015		CUIVRE	NICKEL	ZINC
	LD	0.0006	0.0016	0.014
	MOYENNE	0.1915	0.00779	0.03009
	NOMBRE	40	132	40
	ÉCART-TYPE	0.15445	0.01518	0.01669
	MAXIMUM	0.6014	0.0863	0.0757
	P98			
	N>norme	0	19	0
	%	0	14.4	0
	N<LD	1	58	1
	%	2.5	43.9	2.5

5.4.1 Cuivre

Le cuivre est un élément répandu dans l'environnement et se présente sous plusieurs formes à l'état solide, aqueux ou gazeux selon les conditions et les milieux considérés. Le cuivre est un élément utilisé dans plusieurs applications pour la formulation de métaux comme les alliages (bronze et laiton) et les conduites d'eau.

La norme d'air ambiant du RAA est de $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une période de 24 heures.

À la station Vieux-Limoilou, les moyennes annuelles 2013, 2014 et 2015 sont respectivement de $0.043 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0.066 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et de $0.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tableau 9). On note par ailleurs que 4 valeurs (en 2013) sont inférieures à la limite de détection de $0.002 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Aucune valeur quotidienne rapportée sur la période du 1er janvier 2013 au 31 décembre 2015 n'est supérieure à la norme du RAA.

À la station de la 2^e Avenue, la moyenne pour la période de fonctionnement de la station est de $0.1915 \mu\text{g}/\text{m}^3$; pour la même période, la moyenne de Vieux-Limoilou est plus faible ($0.1046 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Aucune valeur quotidienne n'est supérieure à la norme de $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du RAA.

La Figure 22 montre les valeurs quotidiennes de cuivre à la station Vieux-Limoilou et la Figure 23 celles de la 2^e Avenue.

Figure 22. Moyennes quotidiennes de cuivre à Vieux-Limoilou 2013-2015

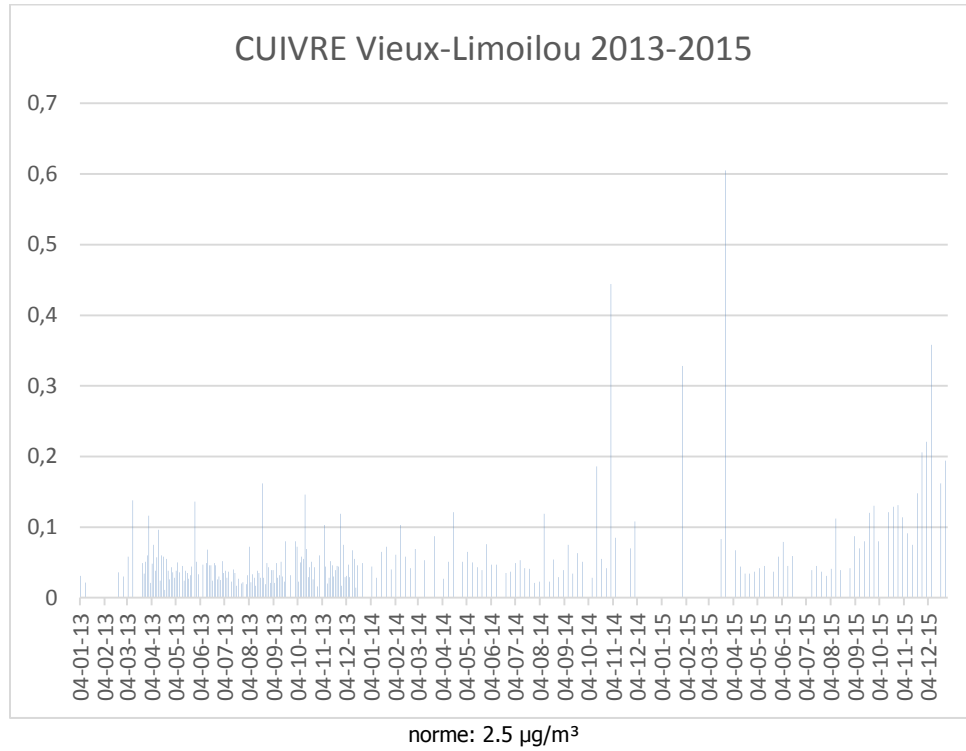
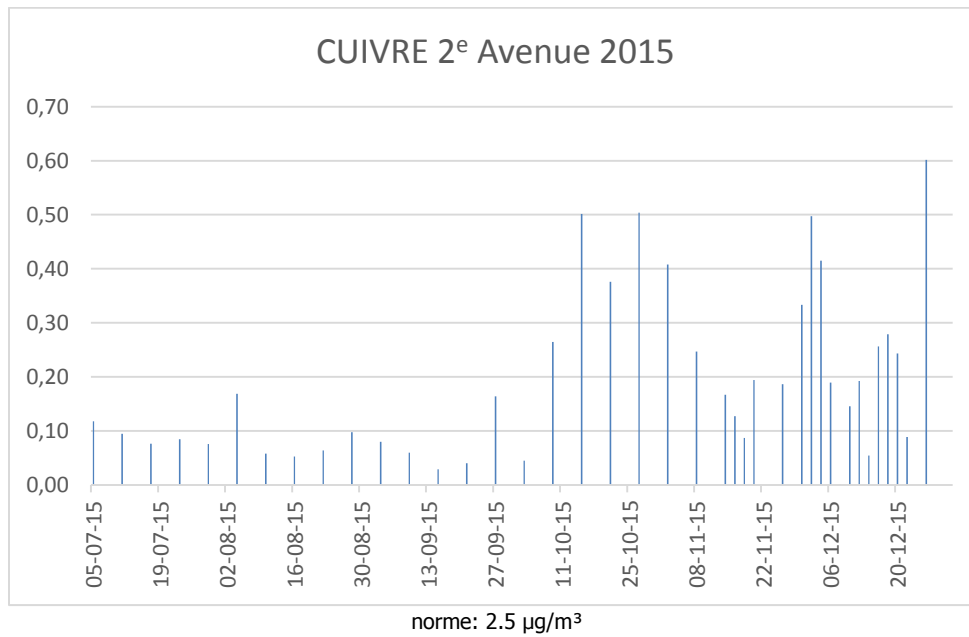


Figure 23. Moyennes quotidiennes de cuivre à la 2^e Avenue 2015



5.4.2 Nickel

Selon la Direction de la santé publique (DSP, 2013), les principales sources de nickel dans l'atmosphère sont les activités humaines comme la combustion de carburants fossiles (exemple: huile et charbon), l'incinération de déchets municipaux, le raffinage de nickel et la production d'acier ou autres alliages de nickel. La DSP rapporte aussi que jusqu'à un tiers du nickel présent dans l'air pourrait être de source naturelle, provenant notamment des volcans en éruption et des feux de forêt et que la fumée de cigarette pourrait contenir de 0.200 à 0.510 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de nickel.

Depuis 2013, la norme du RAA pour le nickel est de 0.014 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 heures. La version antérieure du RAA (2011) du MDDELCC prescrivait une valeur de 0.012 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une base annuelle.

À la station Vieux-Limoilou, les moyennes annuelles de 2013 et 2015 sont respectivement de 0.0133 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et de 0.0057 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tableau 9). En 2013 et 2015, environ 41% et 67% respectivement des mesures sont inférieures à la limite de détection. Le MDDELCC ne rend pas disponibles au public les données de 2014.

Les résultats à la station Vieux-Limoilou pour 2013 et 2015 montrent un total de 17 concentrations qui sont supérieures à la norme du RAA, ce qui représente 9.5% du nombre total de valeurs (14.3% en 2013 et 7.7% en 2015) ou 90.5% des valeurs qui lui sont inférieures.

À la station de la 2^e avenue, la moyenne de la période (juin à décembre 2015) pour le nickel est de 0.0078 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; elle est supérieure à celle de Vieux-Limoilou (0.0025 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur la même période.

À la station de la 2^e Avenue, on compte 19 valeurs qui sont supérieures à la norme de 0.014 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ du RAA pour la période, ce qui représente 14.4% des valeurs ou 85.6% qui sont inférieures.

La Figure 24 et la Figure 25 illustrent les valeurs quotidiennes à la station Vieux-Limoilou et la Figure 26 celles de la station de la 2^e Avenue.

Figure 24. Moyennes quotidiennes de nickel à Vieux-Limoilou 2013

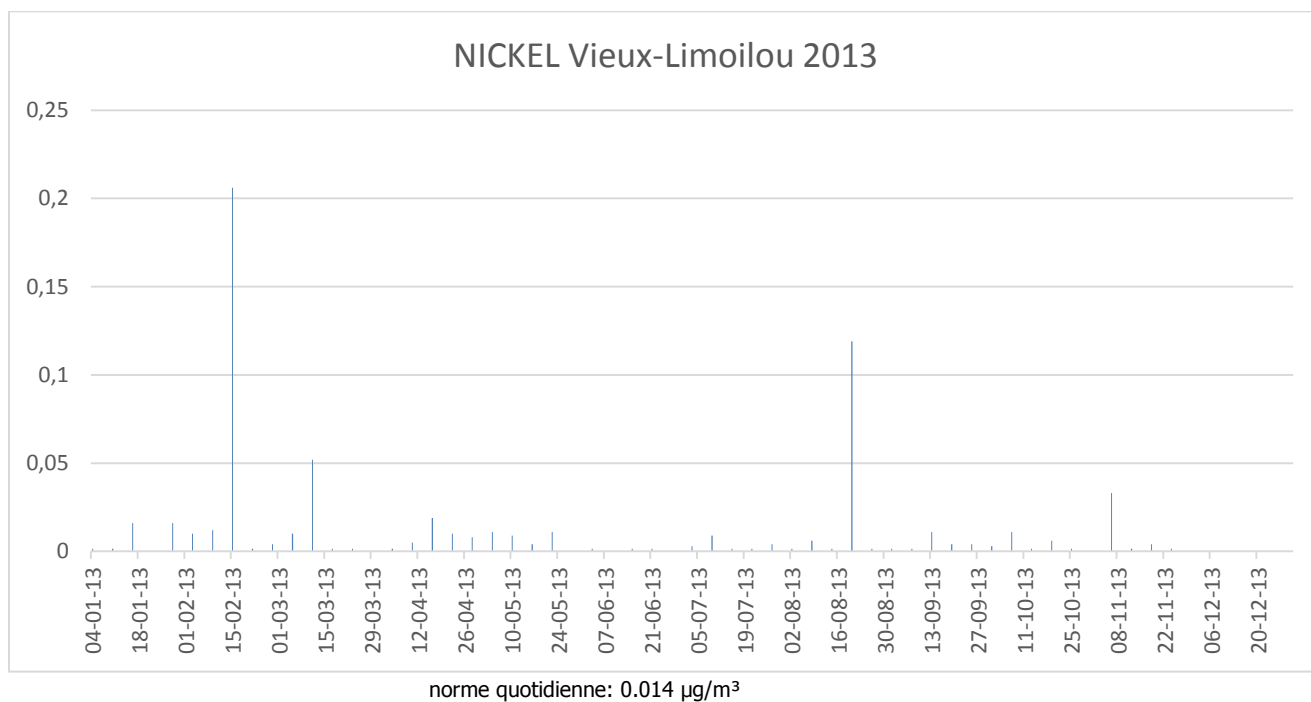


Figure 25. Moyennes quotidiennes de nickel à Vieux-Limoilou 2015

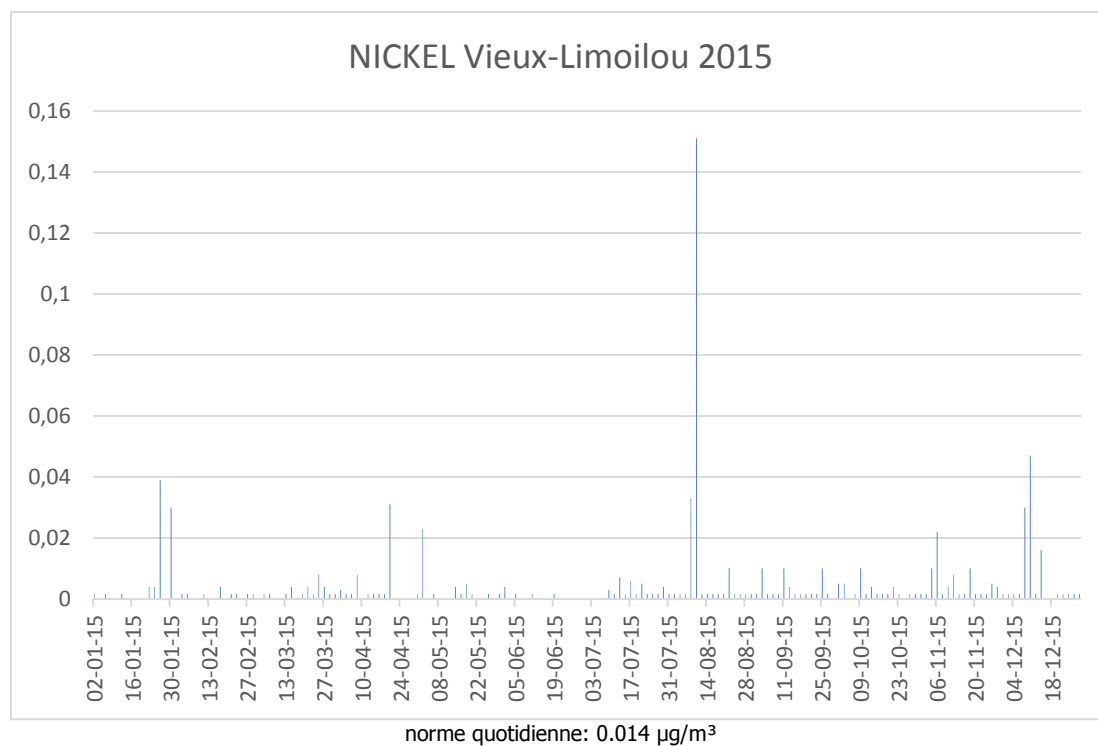
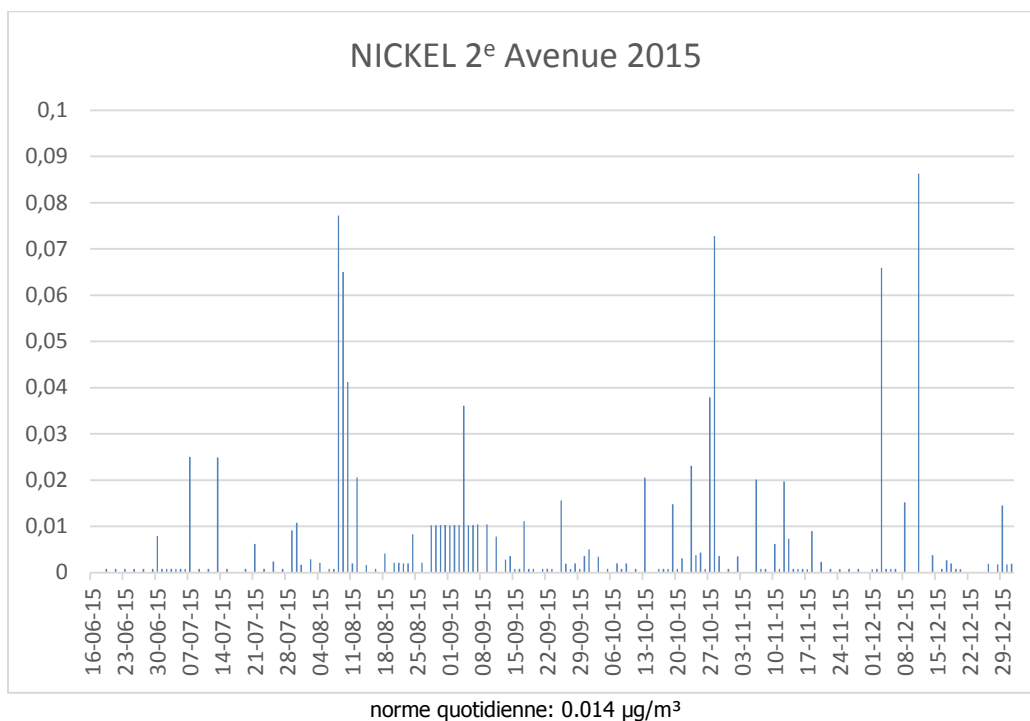


Figure 26. Moyennes quotidiennes de nickel à la 2^e Avenue 2015

La DSP a obtenu et analysé les résultats de la station Vieux-Limoilou pour l'année 2014 et la concentration moyenne de nickel est de 0.016 µg/m³. On peut lire dans le rapport (DSP, 2015) que « *Malgré les limites inhérentes à la présente analyse et aux connaissances sur le nickel, le DSP juge que, dans l'ensemble, le risque que l'exposition au nickel aux concentrations observées dans Limoilou entraîne des effets à la santé de la population est faible.* ».

5.4.3 Zinc

Le zinc est un élément répandu dans l'environnement et on l'utilise principalement dans le traitement de l'acier et du fer pour produire des métaux galvanisés à titre de protection contre la corrosion.

La norme du RAA est de 2.5 µg/m³ pour une période de 24 heures.

À la station Vieux-Limoilou, les moyennes annuelles 2013, 2014 et 2015 sont respectivement de 0.2346 µg/m³, 0.0885 µg/m³ et de 0.0844 µg/m³ (Tableau 9). Le pourcentage de valeurs inférieures à la limite de détection varie entre 22% et 37%.

À la station de la 2^e Avenue la moyenne est de 0.0301 µg/m³ pour la période disponible en 2015; elle est plus faible que celle de Vieux-Limoilou (0.0874 µg/m³) sur la même période.

Pour la période du 1er janvier 2013 au 31 décembre 2015, à la station Vieux-Limoilou, une seule valeur a été supérieure à la norme du RAA de $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2013, soit une fréquence de 0.76% des mesures de cette année i.e. 99.24% des valeurs qui sont inférieures à la norme. Toutes les concentrations mesurées sont inférieures à la norme à la station de la 2^e Avenue.

La Figure 27 illustre les concentrations quotidiennes à la station Vieux-Limoilou et la Figure 28 celles à la station de la 2^e Avenue pour la période disponible en 2015.

Figure 27. Moyennes quotidiennes de zinc à Vieux-Limoilou 2013-2015

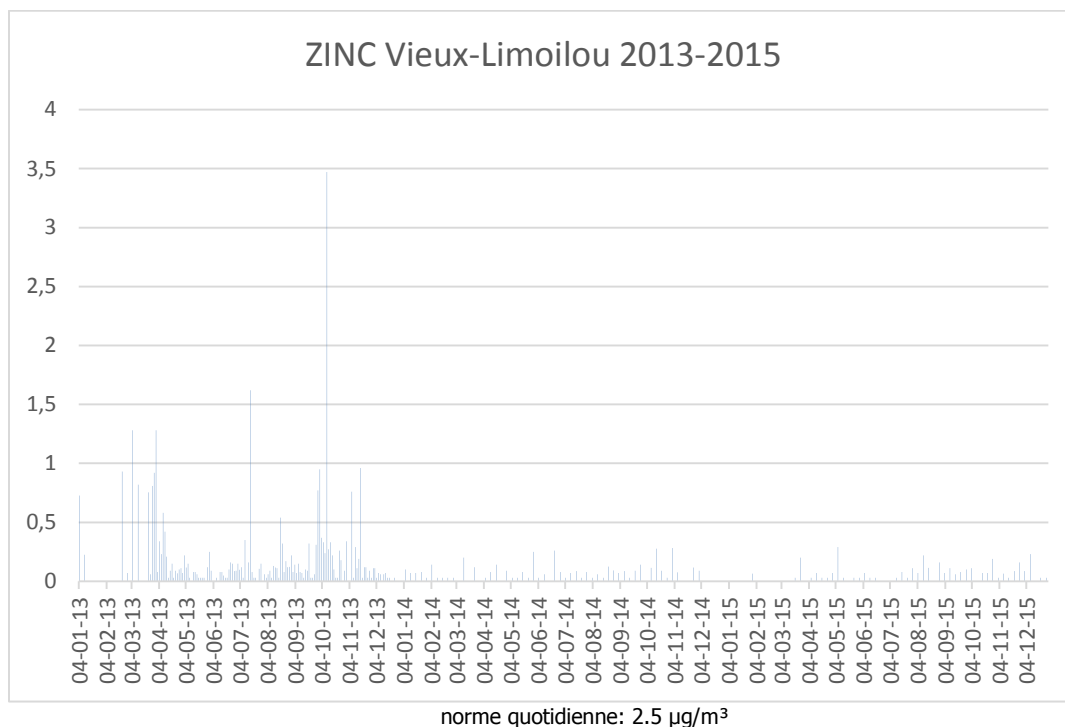
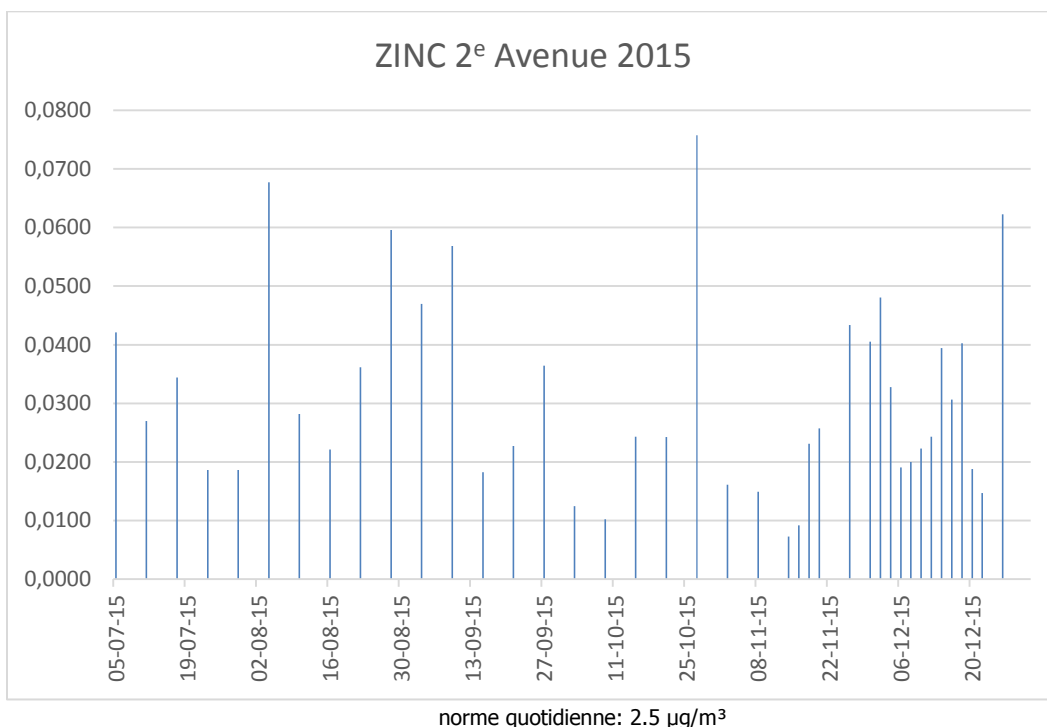


Figure 28. Moyennes quotidiennes de zinc à la 2^e Avenue 2015

5.5 Autres métaux et métalloïdes

Pour ce qui est des autres métaux et métalloïdes, les résultats sur la période de trois années pour la station Vieux-Limoilou sont présentés au Tableau 10 qui comprend aussi la norme d'air ambiant et la période concernée. On notera qu'il n'y a pas de norme pour l'aluminium, le bismuth, le calcium, l'étain, le fer, le manganèse et le tellure. Toutes les concentrations mesurées pour le bismuth, le tellure et le thallium sont inférieures à la limite de détection; on rappelle que lorsqu'une concentration est inférieure à la limite de détection il est d'usage d'attribuer à cette mesure une concentration égale à la moitié de la limite.

Pour tous les métaux et métalloïdes, les concentrations sont inférieures à la norme. Pour le sélénium, la norme s'applique sur une période d'une heure; ainsi, à partir de la concentration maximale quotidienne mesurée, on calcule, à l'aide de la formule de l'Annexe H du RAA, une concentration horaire de 0.0071 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valeur inférieure à la norme horaire de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ du RAA.

Tableau 10. Résultats pour les autres métaux et métalloïdes (Vieux-Limoilou)

	2013			2014			2015				
µg/m³	MOYENNE	NOMBRE	ÉCART-TYPE	MOYENNE	NOMBRE	ÉCART-TYPE	MOYENNE	NOMBRE	ÉCART-TYPE	NORME	PÉRIODE
Aluminium	0.1651	131	0.13594	0.18685	48	0.12944	0.18256	41	0.10656	n.a.	n.a.
Antimoine	0.00165	131	0.00128	0.00122	48	0.00108	0.00135	41	0.00124	0.17	1 an
Arsenic	0.00256	131	0.00198	0.00271	48	0.00231	0.0028	41	0.00225	0.003	1 an
Baryum	0.01453	131	0.0117	0.01564	48	0.0109	0.01715	41	0.01073	0.05	1 an
Beryllium	0.00013	131	0.00015	0.0001	48	0	0.0001	41	0.00002	0.0004	1 an
Bismuth	0.0025	131	0	0.0025	48	0	0.0025	41	0	n.a.	n.a.
Cadmium	0.00029	131	0.00027	0.00044	48	0.00102	0.00035	41	0.00052	0.0036	1 an
Calcium	2.73393	131	2.01566	2.86806	48	2.60641	3.17644	41	2.17419	n.a.	n.a.
Chrome	0.00461	131	0.00086	0.0033	48	0.00148	0.00154	41	0.00023	0.1	1 an
Cobalt	0.00076	131	0.00117	0.00121	48	0.00452	0.0006	41	0.00075	0.1	1 an
Etain	0.00155	131	0.00033	0.00155	48	0.00036	0.00165	41	0.00066	n.a.	n.a.
Fer	0.70994	131	0.48628	0.61531	48	0.39544	0.67966	41	0.39571	n.a.	n.a.
Manganèse	0.01888	131	0.01548	0.01717	48	0.01227	0.01717	41	0.00823	n.a.	n.a.
Plomb	0.00588	131	0.00419	0.00515	48	0.00357	0.00615	41	0.00485	0.1	1 an
Selenium	0.00038	131	0.00025	0.00039	48	0.00017	0.00031	41	0.0002	2	1 h
Tellure	0.0025	131	0	0.0025	48	0	0.0025	41	0	n.a.	n.a.
Thallium	0.0025	131	0	0.0025	48	0	0.0025	41	0	0.25	1 an
Vanadium	0.00502	131	0.00373	0.00439	48	0.00235	0.00359	41	0.00055	1	1 an

5.6 Monoxyde de carbone (CO)

Le CO est un contaminant provenant de la combustion, de procédés industriels, du transport routier, etc. La norme du RAA est de 34000 µg/m³ sur une heure et de 12700 µg/m³ sur huit heures. Le CCME n'a pas publié de norme pour ce contaminant. Le CO est mesuré à la station Vieux-Limoilou, mais pas à Primevères.

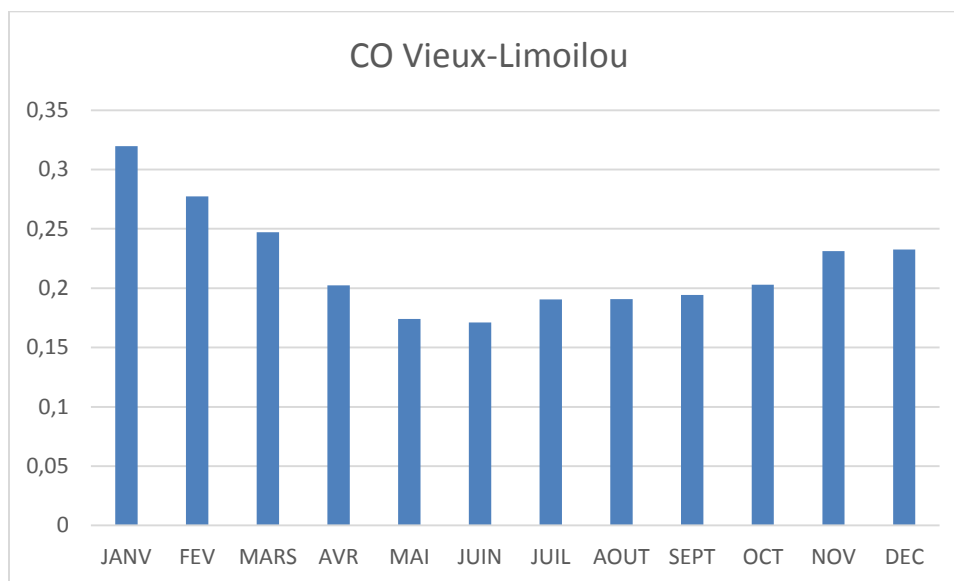
Le Tableau 11 résume les résultats pour chaque année de la période. Les moyennes annuelles ne sont pas très variables, se situant à environ 0.22 µg/m³. La concentration horaire maximale est de 2.53 µg/m³; aucune concentration n'est supérieure à la norme horaire du RAA. De même, la plus haute concentration sur une période de huit heures est de 2.07 µg/m³ et ainsi toutes ces valeurs sont inférieures à la norme de huit heures du RAA.

Tableau 11. Résultats pour le CO à Vieux-Limoilou

µg/m ³ AN	MOYENNE ANNUELLE	NOMBRE	ÉCART- TYPE	MAXIMUM 1 h	MAXIMUM 8 h	P98 1 h
CO Vieux-Limoilou						
2013	0.21903	8135	0.13442	2.53	2.07	0.57
2014	0.21952	8321	0.11484	1.80	1.08	0.56
2015	0.21868	8212	0.10868	1.53	0.93	0.57

La Figure 29 illustre les concentrations moyennes mensuelles de la période. Les valeurs sont plus élevées en hiver, ce qui pourrait s'expliquer par des émissions accrues et des conditions météorologiques favorables à une augmentation des concentrations ambiantes.

Figure 29. Moyennes mensuelles de CO à Vieux-Limoilou



5.7 Dioxyde d'azote (NO₂)

Les NO_x (NO et NO₂) sont des contaminants provenant de la combustion (industrielle, chauffage) et du transport routier; ces émissions sont au départ surtout constituées de NO. Suite aux émissions de NO, les conditions atmosphériques peuvent favoriser la transformation du NO en NO₂.

La norme d'air ambiant s'applique au NO₂; trois valeurs sont spécifiées au RAA, soit 414 µg/m³ sur une base horaire, 207 µg/m³ sur une base quotidienne et 103 µg/m³ sur une base annuelle. Des mesures de NO₂ sont disponibles à la station Vieux-Limoilou et à la station Primevères pour la période.

Le Tableau 12 résume les concentrations mesurées pour chaque année aux deux stations. À la station Vieux-Limoilou, les moyennes annuelles sont comprises entre environ 8.7 µg/m³ et 9.1 µg/m³; elles sont plus faibles à la station Primevères où elles sont entre environ 5 µg/m³ et 6.5 µg/m³. Aux deux stations, la moyenne annuelle est inférieure à la norme annuelle de 103 µg/m³ du RAA.

La plus haute concentration horaire est de 60.5 µg/m³ à la station Vieux-Limoilou et 49.8 µg/m³ à Primevères et ainsi toutes les concentrations sont inférieures à la norme horaire de 414 µg/m³ du RAA.

En ce qui concerne la norme quotidienne de 207 µg/m³, toutes les moyennes quotidiennes lui sont inférieures car le maximum quotidien est de 34.9 µg/m³ à la station Vieux-Limoilou en 2014 et 31.5 µg/m³ à Primevères en 2013.

Tableau 12. Résultats pour le NO₂

µg/m ³ AN	MOYENNE ANNUELLE	NOMBRE	ÉCART-TYPE	MAXIMUM 1 h	MAXIMUM 24 h	P98 1 h
NO₂ Vieux-Limoilou						
2013	8.794	8211	7.244	46.960	31.503	30.16
2014	9.106	8560	7.641	51.970	34.890	32.44
2015	8.670	8456	7.625	60.510	34.099	32.78
NO₂ Primevères						
2013	6.141	8247	6.427	45.200	31.508	25.87
2014	6.460	6551	6.730	44.430	25.032	27.27
2015	4.965	8740	5.408	49.770	22.196	21.37

Les moyennes mensuelles aux deux stations (Figure 30 et Figure 31) montrent des valeurs qui diminuent graduellement entre l'hiver et l'été puis se rehaussent à nouveau par la suite. Ce cycle annuel peut être associé aux émissions accrues dues au chauffage; les conditions météorologiques peuvent aussi influencer les concentrations ambiantes.

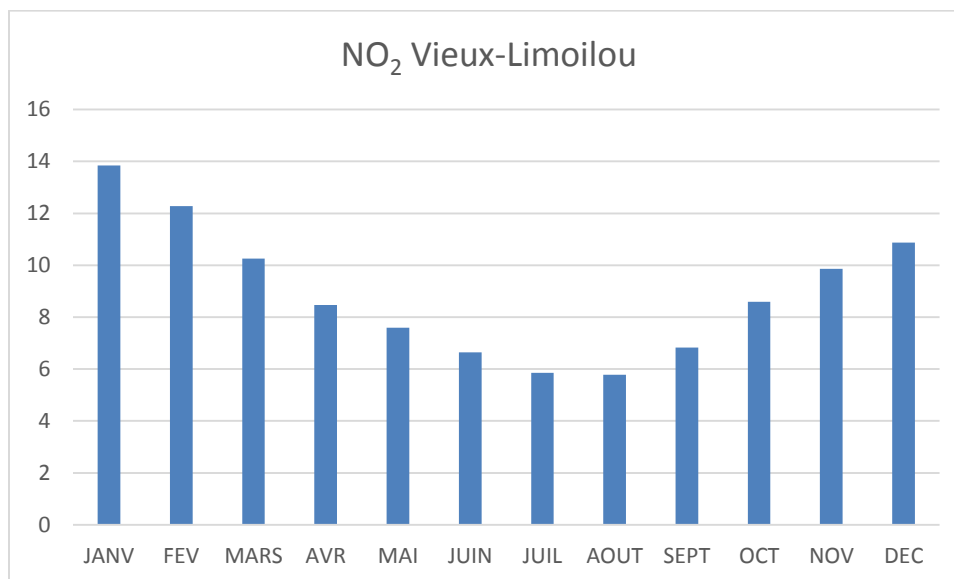
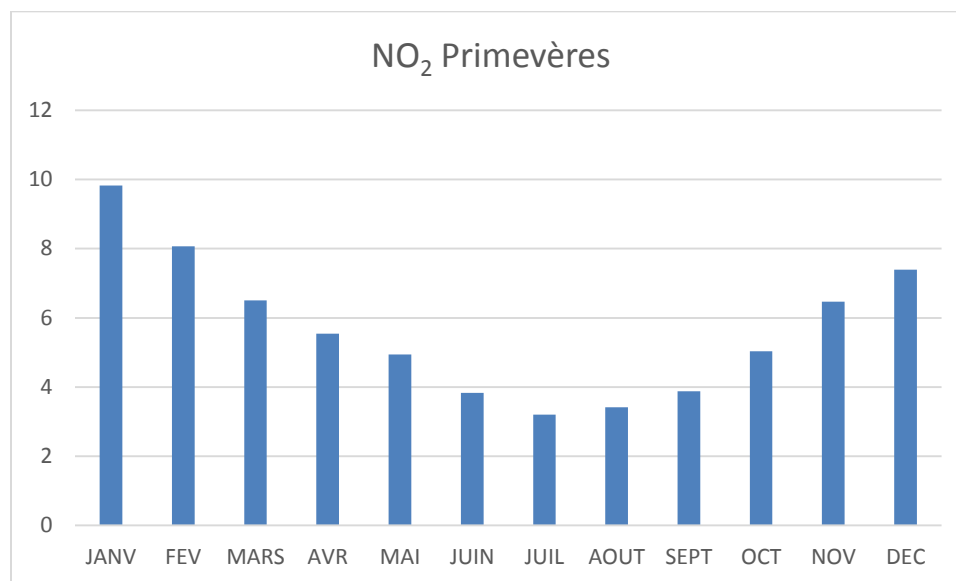
Figure 30. Moyennes mensuelles de NO₂ à Vieux-Limoilou

Figure 31. Moyennes mensuelles de NO₂ à Primevères

5.8 Dioxyde de soufre (SO₂)

Le SO₂ est un des contaminants provenant de la combustion (industrielle et chauffage), de procédés industriels, du transport, etc. Le SO₂ est mesuré à la station Vieux-Limoilou, mais pas à Primevères.

Pour le SO₂, le RAA spécifie trois normes, soit 1050 µg/m³ sur une base de quatre minutes, 288 µg/m³ sur une base quotidienne et 52 µg/m³ sur une base annuelle; la valeur limite de 1050 µg/m³ peut être excédée jusqu'à 0.5% du temps sur une base annuelle mais sans dépasser 1310 µg/m³.

Les concentrations annuelles (Tableau 13) varient entre 0.32 µg/m³ et 0.70 µg/m³, valeurs inférieures à la norme annuelle du RAA. Le plus haut maximum sur une période de quatre minutes est de 37 µg/m³ valeur également inférieure à la norme du RAA. Il en est de même pour la norme de 24 h puisque la concentration maximale de 24 heures est 4.28 µg/m³ (en 2014).

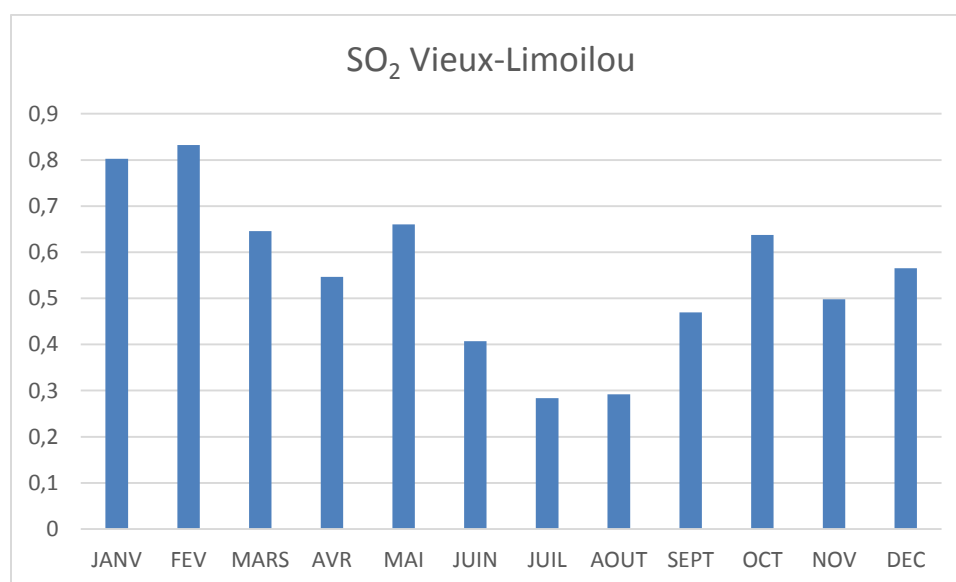
Tableau 13. Résultats pour le SO₂ à Vieux-Limoilou

µg/m ³ AN	MOYENNE ANNUELLE	NOMBRE	ÉCART-TYPE	MAXIMUM 1 h	MAXIMUM 4 min	MAXIMUM 24 h	P98 1 h
SO ₂ Vieux-Limoilou							
2013	0.629	8607	0.80406	14.50	27.55	3.56	3.05
2014	0.704	8724	0.83432	18.29	34.75	4.28	2.97

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ AN	MOYENNE ANNUELLE	NOMBRE	ÉCART-TYPE	MAXIMUM 1 h	MAXIMUM 4 min	MAXIMUM 24 h	P98 1 h
2015	0.315	8547	0.54761	19.47	36.99	2.26	1.74

Les concentrations moyennes mensuelles (Figure 32) sont aussi plus élevées en hiver et plus faibles en été, possiblement dû aux émissions accrues (chauffage); comme pour le CO et le NO₂, les conditions météorologiques peuvent aussi influencer les concentrations ambiantes.

Figure 32. Moyennes mensuelles de SO₂ à Vieux-Limoilou



5.9 Ozone (O₃)

Au même titre que les PM_{2.5}, l'ozone fait partie des principaux constituants du smog. D'ailleurs, les concentrations ambiantes de certains polluants, dont l'ozone au sol (ozone troposphérique), pourraient être responsables de dommages aigus et chroniques au système respiratoire (Desjarlais et coll., 2010; Santé Canada, 2008).

L'ozone (au sol) est un contaminant secondaire formé à partir de la transformation photochimique de contaminants précurseurs (composés organiques volatils et oxydes d'azote) lors de conditions météorologiques estivales favorables (temps chaud et ensoleillé). Cependant, des conditions météorologiques printanières particulières peuvent aussi favoriser l'accroissement de l'ozone au sol suite à un apport d'ozone en provenance de la basse stratosphère.

La norme d'air ambiant du RAA pour l'ozone est de 160 µg/m³ sur une période d'une heure et de 125 µg/m³ sur une période de huit heures. Le CCME a une norme d'ozone pour une période de huit heures de 124 µg/m³ en 2015 et 122 µg/m³ en 2020; cette norme s'applique à la moyenne triennale de la 4^e valeur annuelle la plus élevée des moyennes de huit heures de chaque jour. Cette norme ne sera pas excédée si les plus hautes moyennes de huit heures lui sont inférieures.

L'ozone est mesuré à la station Vieux-Limoilou et à la station Primevères. Le Tableau 14 résume les résultats pour les trois années.

À la station Vieux-Limoilou, les moyennes annuelles sont comprises entre 43.5 µg/m³ et 46.6 µg/m³ alors qu'elles sont entre 47 µg/m³ et 48.8 µg/m³ à Primevères.

Le maximum horaire est de 143.5 µg/m³ à Vieux-Limoilou et de 146 µg/m³ à Primevères, valeurs inférieures à la norme horaire du RAA.

À Vieux-Limoilou, la plus haute moyenne de huit heures est de 122.4 µg/m³; elle est inférieure à la norme de huit heures de 125 µg/m³ du RAA et de 124 µg/m³ du CCME mais légèrement supérieure à celle de 2020 (122 µg/m³).

À Primevères, en 2013 et 2014, les concentrations sur huit heures sont inférieures à la norme sur huit heures du RAA; en 2015, une seule concentration moyenne sur huit heures est supérieure à la norme du RAA et du CCME à Primevères, soit 0.29% des valeurs (99.71% qui sont inférieures).

Tableau 14. Résultats pour l'ozone

µg/m ³ AN	MOYENNE ANNUELLE	NOMBRE	ÉCART-TYPE	MAXIMUM 1 h	MAXIMUM 8 h	N > NORME RAA 8 h	P98 1 h
O₃ Vieux-Limoilou							
2013	46.57	8562	24.67	130.64	119.48	0	98.59
2014	43.44	8696	21.27	121.77	100.54	0	86.91
2015	43.50	8556	22.38	143.54	122.40	0	89.33
O₃ Primevères							
2013	46.99	8647	23.73	122.36	114.69	0	95.12
2014	46.23	8744	22.28	125.50	109.34	0	85.89
2015	48.77	7707	24.02	145.91	129.20	1	95.59

Les concentrations moyennes mensuelles (Figure 33 et Figure 34) varient de manière semblable aux deux stations, avec un niveau moyen qui augmente de janvier à avril pour diminuer par la suite.

Figure 33. Moyennes mensuelles d'ozone à Vieux-Limoilou

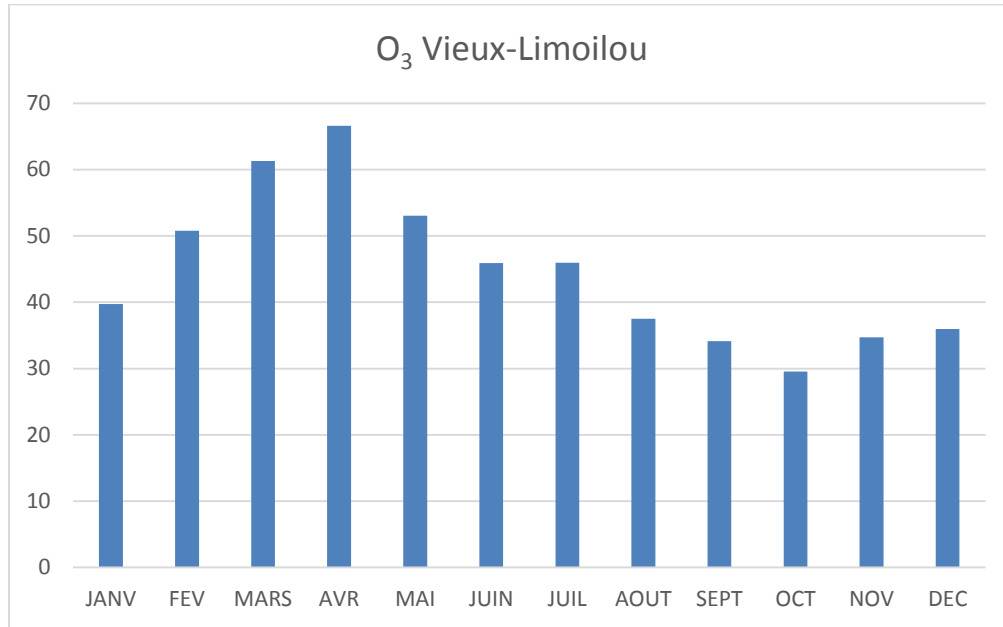
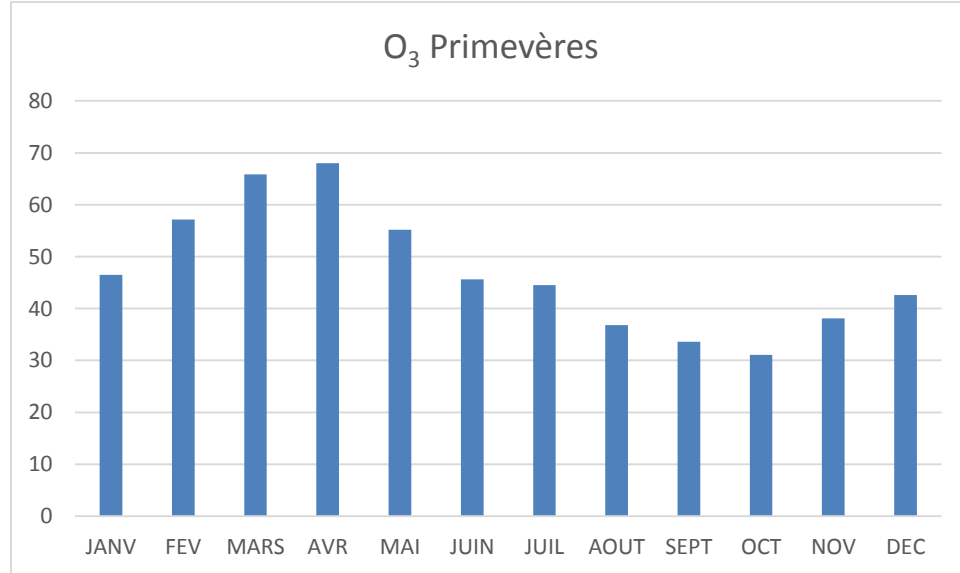


Figure 34. Moyennes mensuelles d'ozone à Primevères



6 Conclusion

Les concentrations de particules (PM_{TOT}, PM₁₀ et PM_{2.5}), de métaux (cuivre, nickel et zinc) et autres métalloïdes, de monoxyde de carbone, de dioxyde d'azote, de dioxyde de soufre

et d'ozone ont été analysées à deux stations d'échantillonnage de la qualité de l'air du MDDELCC à Québec (Vieux-Limoilou et Parc Primevères) et à une station du réseau d'échantillonnage de la qualité de l'air de l'APQ dans Limoilou (2^e Avenue) pour la période 2013-2015.

Les concentrations moyennes annuelles de $PM_{2.5}$ à Vieux-Limoilou sont entre $9.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $10.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alors que le percentile 98 varie entre $22.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $26.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La moyenne triennale ($10.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est très légèrement supérieure à la norme du CCME ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). À la station Primevères, située dans un milieu résidentiel de banlieue, les moyennes annuelles sont entre $7.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $8.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et les percentiles 98 entre $23.71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $24.94 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le niveau moyen à la station de la 2^e Avenue localisée en milieu urbanisé dense pour la période disponible (juin à décembre 2015) est inférieur et se situe à $6.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec un percentile 98 de $18.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Durant les trois années, on dénombre à la station Vieux-Limoilou sept concentrations supérieures à la norme de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une base quotidienne du RAA, soit 0.67% des valeurs et cinq à Primevères, soit 0.47% des valeurs (respectivement 99.33% et 99.53% qui sont inférieures). Aucune valeur n'est supérieure à cette norme à la station de la 2^e Avenue durant la période disponible. Aux trois stations, aucune valeur n'est supérieure à la norme du percentile 98 du CCME.

Les concentrations annuelles de PM_{10} varient entre $19.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $21.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à la station Vieux-Limoilou; à la 2^e Avenue, la moyenne pour la période disponible est de $16.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il n'y a pas de norme pour ce contaminant.

Pour les particules totales, les moyennes annuelles à la station Vieux-Limoilou varient entre $44.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $48.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alors qu'à la station de la 2^e Avenue, la moyenne pour la période de fonctionnement de la station (juin-décembre 2015) est de $26.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Durant la période du 1^{er} janvier 2013 au 31 décembre 2015, on dénombre cinq jours dont la concentration de PM_{TOT} est supérieure à la norme de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du RAA à la station Vieux-Limoilou, soit 2.27% des valeurs (97.73% qui sont inférieures); aucune valeur n'est supérieure à la norme à la 2^e Avenue.

À la station Vieux-Limoilou, les moyennes annuelles de cuivre varient entre $0.043 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $0.109 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et à la 2^e Avenue, le niveau moyen pour la période disponible est de $0.1915 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Toutes les concentrations aux deux stations sont inférieures à la norme de $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du RAA.

En ce qui concerne le nickel, à la station Vieux-Limoilou, les moyennes annuelles de 2013 et 2015 sont respectivement de $0.013 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et de $0.006 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Un total de 17 concentrations supérieures à la norme quotidienne de $0.014 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du RAA ont été enregistrés, ce qui représente 9.5% du nombre total de valeurs (90.5% qui sont inférieures). À la station de la 2^e Avenue, la moyenne de la période juin à décembre 2015 pour le nickel est

de $0.0078 \mu\text{g}/\text{m}^3$; on y compte 19 concentrations supérieures à la norme de $0.014 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du RAA pour la période, ce qui représente 14.4% des valeurs (85.6% qui sont inférieures).

À la station Vieux-Limoilou, les moyennes annuelles de zinc varient entre $0.084 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $0.235 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et la moyenne de la période à la station de la 2^e Avenue est de $0.031 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Une seule valeur à la station Vieux-Limoilou a dépassé la norme du RAA de $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2013, soit une fréquence de 0.76% des mesures de cette année (99.24% qui sont inférieures). Toutes les concentrations sont inférieures à la norme de zinc à la station de la 2^e Avenue.

Pour tous les autres métaux et métalloïdes, toutes les concentrations sont inférieures à la norme d'air ambiant respective.

Toutes les concentrations horaires de CO sont inférieures à la norme à la station Vieux-Limoilou; les moyennes sont d'environ $0.22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et le plus haut maximum horaire d'environ $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Des mesures de NO_2 sont disponibles à la station Vieux-Limoilou et à la station Primevères. À la station Vieux-Limoilou, les moyennes annuelles sont comprises entre environ $8.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $9.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$; elles sont plus faibles à la station Primevères où elles sont entre environ $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La plus haute concentration horaire est de $60.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à la station Vieux-Limoilou et de $49.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Primevères. Le maximum quotidien est de $34.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à la station Vieux-Limoilou et de $31.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Primevères. Aux deux stations, toutes les concentrations sont inférieures aux normes de NO_2 du RAA.

Les mesures de SO_2 sont disponibles à la station Vieux-Limoilou. Les concentrations annuelles varient entre $0.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $0.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le maximum sur une période de quatre minutes est de $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et la concentration maximale de 24 heures est $4.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Toutes les concentrations sont inférieures aux normes de SO_2 du RAA.

L'ozone est mesuré à la station Vieux-Limoilou et à la station Primevères. À la station Vieux-Limoilou, les moyennes annuelles sont comprises entre $43.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $46.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alors qu'elles sont entre $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $48.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Primevères. Le maximum horaire est de $143.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Vieux-Limoilou et de $146 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Primevères; aux deux stations, les concentrations horaires sont inférieures à la norme horaire de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du RAA. À Vieux-Limoilou, la plus haute moyenne de huit heures est de $122.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valeur inférieure à la norme de huit heures de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du RAA et de $124 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du CCME. À Primevères, en 2015 une seule concentration moyenne sur huit heures est supérieure à la norme sur huit heures du RAA et du CCME soit 0.29% des valeurs et aucune en 2013 et 2014.

On constate ainsi que pour le monoxyde de carbone, le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre toutes les concentrations sont inférieures aux normes et les niveaux ambiants sont

faibles. Pour l'ozone, les concentrations sont aussi inférieures aux normes à l'exception d'une seule valeur sur huit heures.

Pour les particules fines ($PM_{2.5}$), des concentrations supérieures à la norme ont été enregistrées à Vieux-Limoilou et Primevères, mais aucune à la 2^e Avenue sur la période disponible. La station Vieux-Limoilou a aussi connu des concentrations de PM_{TOT} supérieures à la norme mais pas la station de la 2^e Avenue.

Pour le zinc une seule valeur est supérieure à la norme. Aux deux stations de Limoilou, on mesure des concentrations de nickel supérieures à la norme du RAA, soit 9.5% des valeurs à la station Vieux-Limoilou et 14.4% à la station de la 2^e Avenue. Tous les autres métaux ont des concentrations inférieures aux normes.

7 Références

CCME, 2011: Protocole de surveillance de la qualité de l'air ambiant relatif aux $PM_{2.5}$ et à l'ozone Standards pancanadiens relatifs aux particules et à l'ozone PN 1457 ISBN 978-1-896997-76-6 PDF

Desjarlais C et Blondlot A, 2010. Savoir s'adapter aux changements climatiques. OURANOS, Montréal. 124 p. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL : http://www.ouranos.ca/fr/pdf/53_sccc_21_06_lr.pdf Dernier accès : Avril 2014.

Direction de santé publique, 2015: Contamination environnementale dans le quartier Limoilou: Le nickel Avis complémentaire de santé publique Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale, 41 p.

MDDELCC, 2015: Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère, version 4, 16 p.

Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère, 2015: Éditeur officiel du Québec, chapitre Q-2, r. 4.1.