7.5 Milieu physique

7.5.1 Climat

7.5.1.1 Conditions actuelles

Trois stations météorologiques, retenues en raison de leur proximité avec le tracé du tramway, permettent de documenter le climat de la région de Québec dans le cadre de cette étude. La station de l'Aéroport international Jean-Lesage est considérée comme la station de référence à Québec : elle est celle en opération depuis le plus longtemps, des données y sont disponibles depuis 1953. Les autres stations considérées sont situées au port de Québec (station Beauport) et à Sainte-Foy (Université Laval). Elles sont toutes trois localisées à la figure 7.112.

Le climat de la région de Québec est continental humide. En raison de sa localisation à proximité du fleuve Saint-Laurent, les quantités de précipitations reçues sont relativement abondantes. Les quatre saisons y sont bien définies. Les étés sont chauds et humides, alors que les hivers sont froids et sont marqués par d'abondantes chutes de neige.

Températures

Le tableau 7.29 présente les températures moyennes mensuelles mesurées aux trois stations considérées, tandis que le tableau 7.30 présente les températures extrêmes qui y ont été mesurées.

L'écart entre les températures moyennes les plus élevées (observées en juillet) et les températures moyennes les plus basses (observées en janvier) varie entre 30,5°C et 32,1°C (Bureau d'étude SRB de Québec et Lévis, 2017).

Tableau 7.29 Températures moyennes mensuelles aux stations météorologiques de l'Aéroport Jean-Lesage, de l'Université Laval et de Beauport

Station / Mois	Québec – Aéroport Jean-Lesage (°C)	Sainte-Foy – Université Laval (°C)	Beauport (°C)
Janvier	-12,8	-10,7	-10,0
Février	-10,6	-8.9	-9,8
Mars	-4,6	-3,3	-4,5
Avril	3,7	4,3	3,5
Mai	11,2	12,2	11,0
Juin	16,4	17,0	16,5
Juillet	19,3	19.8	19,3
Août	18,1	19,0	18,3
Septembre	12,7	14,6	13,5
Octobre	6,6	7,4	6,7
Novembre	-0,7	1,1	0,2
Décembre	-8,6	-6,1	-7,5
Année	4,2	5,6	4,6

Source : Environnement Canada, 2016 dans Bureau d'étude SRB de Québec et Lévis, 2017.

Tableau 7.30 Températures extrêmes mesurées aux stations météorologiques de l'Aéroport Jean-Lesage, de l'Université Laval et de Beauport

Station / Températures	Québec – Aéroport Jean-Lesage (°C)	Sainte-Foy – Université Laval (°C)	Beauport (°C)
Température maximale observée °C (date)	35,6 (17-07-1953)	34,8 (26-06-2003)	37,6 (15-07-2013)
Température minimale observée °C (date)	-36,1 (02-02-1962)	-33,0 (26-01-2009)	-31,1 (15-01-2004)
Indice Humidex maximal observé °C (date)	49,3 (01-08-1975)	46,0 (02-07-2002)	51,0 (17-07-2013)
Indice de refroidissement éolien minimal observé °C (date)	-52,4 (12-02-1967)	-44,0 (15-01-2004)	-46,0 (15-01-2004)

Source : Environnement Canada, 2016 dans Bureau d'étude SRB de Québec et Lévis, 2017.

Précipitations

La majeure partie des précipitations reçues dans la région de Québec le sont sous forme de pluie. Le tableau 7.31 présente les quantités moyennes reçues sous forme de pluie et sous forme de neige, ainsi que les quantités extrêmes reçues sur une période de 24 heures à la station Aéroport Jean-Lesage. Les quantités ne sont pas mesurées aux stations Université Laval et Beauport. (Bureau d'étude SRB de Québec et Lévis, 2017).

Tableau 7.31 Précipitations : quantités moyennes reçues sous forme de pluie et de neige, et quantités extrêmes reçues sur une période de 24 heures à la station météorologique de l'Aéroport Jean-Lesage

Station / Précipitations	Québec – Aéroport Jean-Lesage (°C)
Quantités moyennes de pluie reçues annuellement (mm)	899,3
Quantités moyennes de neige reçues annuellement (cm)	303,4
Quantités moyennes de précipitations totales reçues annuellement (mm)	1 189,7
Quantité maximale de pluie reçue sur 24 heures (mm) (date)	81,2 (1979-09-14)
Quantité maximale de neige reçue sur 24 heures (cm) (date)	52,0 (2003-12-15)
Nombre de jours où de la pluie est reçue	118,2
Nombre de jours où de la neige est reçue	70,1
Nombre de jours où des précipitations sont reçues	174,9
Nombre de jours sans gel	145

Source : Environnement Canada, 2016 dans Bureau d'étude SRB de Québec et Lévis, 2017.

Vents

Les vents dominants dans la région de Québec sont principalement orientés dans l'axe du fleuve Saint-Laurent. La direction dominante à toutes les stations est l'ouest-sud-ouest. Globalement, les vents proviennent du secteur compris entre le sud-ouest et l'ouest-nord-ouest entre 43 % et 52 % du temps, alors qu'ils proviennent du secteur compris entre le nord-nord-est et l'est entre 30 % et 34 % du temps.

La fréquence des vents calmes est relativement faible, avec des occurrences allant de 1,67 % du temps (à la station Beauport), 2,49 % du temps (à la station de l'Université Laval), à 5,62 % du temps (station de l'aéroport Jean-Lesage) (Bureau d'étude SRB de Québec et Lévis, 2017).

7.5.1.2 Projections climatiques futures

Le climat passé n'est pas représentatif de la climatologie future. La hausse des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre (GES) perturbe et continuera de perturber le système climatique à plusieurs égards. L'amplitude et la nature de ces changements climatiques sont notamment fonction de l'emplacement géographique, du type de surface et de la topographie.

Cette section présente donc les observations et projections climatiques et hydroclimatiques, provenant de la Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec et des portraits climatiques des différentes régions du Québec publiés par Ouranos (Ouranos, 2015). Il est important de noter que les scénarios climatiques présentent un certain nombre d'incertitudes. Celles-ci sont notamment liées à la nature aléatoire des phénomènes atmosphériques, à la trajectoire future incertaine des émissions de GES et au fait que les modèles sont des approximations de la réalité (Atlas hydroclimatique du Québec méridional, 2018).

Une évaluation robuste des impacts des changements climatiques doit en effet tenir compte des incertitudes reliées aux scénarios de changements climatiques, soit : la variabilité naturelle du climat, les émissions de GES futures ainsi que l'incertitude reliée au modèle climatique utilisé. Pour en tenir compte, on utilise une méthode d'ensemble dans laquelle des projections climatiques générées par plusieurs modèles utilisant divers scénarios d'émission sont utilisés. Cette méthode permet d'avoir une estimation non seulement du changement anticipé, mais aussi de l'incertitude associée à ces changements.

La dernière synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec, publiée par Ouranos en 2015, présente les observations et les changements anticipés aux précipitations et températures saisonnières dans quatre régions de référence au Québec : le Nord, le Centre, le Golfe du Saint-Laurent et le Sud du Québec. La ville de Québec est située dans la région de référence Sud du Québec.

À l'échelle du Québec, les observations montrent une tendance à la hausse des températures moyennes de 1 °C à 3 °C entre 1950 et 2011 (Ouranos, 2015). Dans le sud du Québec, où est situé le projet, les températures ont été d'autant plus élevées que dans le reste de la province sur la même période. Cette augmentation des températures a modifié le rythme des saisons, dont le prolongement de la saison estivale, la réduction de la saison hivernale et l'augmentation des épisodes de gel-dégel. Les récents évènements extrêmes climatiques témoignent également de la plus haute variabilité des températures, tels que : la canicule de l'été 2018 sur le sud du Québec, sans précédent en 146 ans; l'année 2017 considérée comme la dixième année la plus chaude depuis 1915, alors que neuf des dix années les plus chaudes recensées au Québec ont été observées depuis 1998.

Les observations des précipitations dans le sud du Québec ont également montré de fortes tendances à la hausse des pluies printanières et automnales ainsi que pour le nombre des jours les plus pluvieux (R95p) pour la période de 1950 à 2010, alors que les précipitations sous forme de neige ont eu tendance à baisser sur cette même période (Ouranos, 2015). Dans les dix dernières années, les années 2008, 2011, 2014, 2017 et 2019 ont vu des crues printanières significatives, créant d'importants dégâts, notamment celles de 2017 qui ont été les pires depuis 1974.

La climatologie passée (moyennée sur la période 1971-2000) est comparée à la climatologie aux horizons 2020 (2011-2040), 2050 (2041-2070) et 2080 (2041-2070). Il est important de noter que l'échelle spatiale de ces zones est beaucoup plus grande que celle de la zone à l'étude. Le tableau 7.32 présente les changements anticipés sur les températures et les précipitations saisonnières moyennes pour le scénario d'émission le plus pessimiste parmi ceux couramment utilisés (RCP 8.5)[20]. Les températures ont été moyennées dans le temps et dans l'espace, à l'échelle des régions de référence.

Tableau 7.32 Changements anticipés aux températures et précipitations saisonnières pour la région du sud du Québec

Le scénario d'émission RCP 8.5 est utilisé et les données observées proviennent de CRU 3.21 TS[21].

Saison		Observations (1971-2000)	Δ 2020	Δ 2050	Δ 2080
Hiver	Température	-9,5 °C	+1,0 à +2,9 °C	+3,0 à +5,5 °C	+5,1 à +8,2 °C
	Précipitation	228 mm	+1 à +17 %	+5 à +27 %	+7 à +36 %
Printemps	Température	3,9 °C	+0,8 à +2,1	+2,2 à +5,1 ºC	+3,9 à +7,6 ºC
	Précipitation	246 mm	-2 à +10 %	+7 à +18 %	+11 à +25 %
Été	Température	17,6 °C	+1,0 à +2,0	+2,2 à +4,5 ºC	+3,9 à +7,2 ºC
	Précipitation	296 mm	-3 à +8 %	-5 à +10 %	-10 à +11 %
Automne	Température	6,4 °C	+0,9 à +2,2	+2,5 à +4,2 ºC	+3,9 à +6,8 ºC
	Précipitation	284 mm	-7 à +8 %	-2 à +14 %	-5 à +19 %

Source : Ouranos, 2015.

Les projections futures des températures vont dans le même sens que les observations actuelles. En effet, à l'échelle de la Capitale-Nationale et plus précisément de la ville de Québec, l'augmentation de la moyenne annuelle des températures variera entre +2,4°C (scénario d'émissions modérées – RCP 4.5) et +3,2°C (scénario d'émissions élevées – RCP 8.5) à l'horizon 2041-2070 et entre +3,2°C (RCP 4.5) et +5,8°C (RCP 8.5) à l'horizon 2071-2100 (Ouranos, 2015)[22].

Les projections futures des précipitations présentent également une hausse. À l'échelle de la ville de Québec, la moyenne annuelle observée des précipitations était de 1 242 mm entre 1981-2010 et les projections montrent une augmentation entre +64 mm (RCP 4.5) et +135 mm (RCP 8.5) à l'horizon 2041-2070 et entre +98 mm (RCP 4.5) et +146 mm (RCP 8.5) à l'horizon 2071-2100 (Ouranos, 2015)[23].

20. Pour les projections futures, cet atlas tient compte de deux types de scénario, nommés RCP (*Representative Concentration Pathways*, i.e profils représentatifs d'évolution de concentration), comprenant un scénario dit optimiste (RCP4.5) et un scénario dit pessimiste (RCP8.5). Sur la base de différentes hypothèses concernant la quantité de gaz à effet de serre qui sera émise dans les années à venir (période 2000-2100), chaque scénario RCP donne une variante jugée comme étant probable du climat, qui résultera du niveau d'émission qui est choisi comme hypothèse de travail. Au niveau climatique, plus la valeur du RCP est élevée, plus le système terre-atmosphère gagne en énergie et se réchauffe.
21. Ces données sont issues de la base de données du Climatic Research Unit (CRU) TS (time-series) 3.21 (University of East Anglia), qui regroupe les variations climatiques mois par mois sur la période 1901-2012.
22. Les résultats pour la période de références et les horizons futurs sont calculés à partir d'une série de 11 simulations climatiques produites à partir de l'ensemble CMIP5.
23. Les résultats pour la période de référence et les horizons futurs sont calculés à partir d'une série de 11 simulations climatiques produites à partir de l'ensemble CMIP5.

7.5.2 Qualité de l'air

La qualité de l'air fait référence à la concentration de polluants dans l'air respiré, lesquels peuvent être dangereux, notamment pour la santé humaine, lorsque les concentrations sont élevées.

La qualité de l'air sur le territoire de la ville de Québec, comme dans toute grande agglomération urbaine, est affectée par certains polluants atmosphériques.

Les principaux polluants de l'air extérieur sont : les particules fines ($PM_{2,5}$), qui sont de minuscules particules qui peuvent pénétrer profondément dans le système respiratoire; l'ozone (O_3); le dioxyde de soufre (SO_2); le dioxyde d'azote (NO_2) et le monoxyde de carbone (CO). Ces polluants proviennent entre autres des véhicules à moteur; des procédés industriels; du chauffage (mazout, bois, propane, etc.) et des feux de forêt (Gouvernement du Québec, 2019).

Les informations permettant de décrire la qualité de l'air de la ville de Québec sont essentiellement issues du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC, 2019a) et d'un rapport de la Direction de santé publique (CIUSSSCN, 2019b) intitulé « Projet Mon environnement, Ma santé : volet de la qualité de l'air extérieur ». Ce projet, dont certains constats ont été déjà présentés à la section 7.3.3.9.2 « Inégalités sociales de santé », vise à comprendre comment l'environnement physique affecte la santé des citoyens de Limoilou, Vanier et de la Basse-Ville de Québec. Comme son titre l'indique, le premier volet de ce projet a porté sur la qualité de l'air extérieur.

Le MELCC est responsable du suivi de la qualité de l'atmosphère au Québec. L'actuel Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec (RSQAQ) se compose d'une soixantaine de stations de mesure. Cinq stations actives de surveillance de qualité de l'air sont situées dans les environs du tracé projeté du tramway, soit d'ouest en est :

- la station 03021 – École Les Primevères (banlieue en secteur résidentiel);
- la station 03011 – Bibliothèque Monique-Corriveau (milieu urbain, en secteur résidentiel);
- la station 03020 – Parc Victorin-Beaucage (milieu urbain, en secteur résidentiel);
- la station 03028 – Collège Saint-Charles-Garnier (milieu urbain, en secteur résidentiel);
- la station 03006 – Vieux-Limoilou (milieu urbain, près d'un secteur industriel, d'un secteur résidentiel et des voies de circulation).

La localisation de ces stations est illustrée sur la figure 7.112. Mentionnons que la station De L'Église (03012) a été fermée en novembre 2013 et a été remplacée par la station Bibliothèque Monique-Corriveau en 2014.

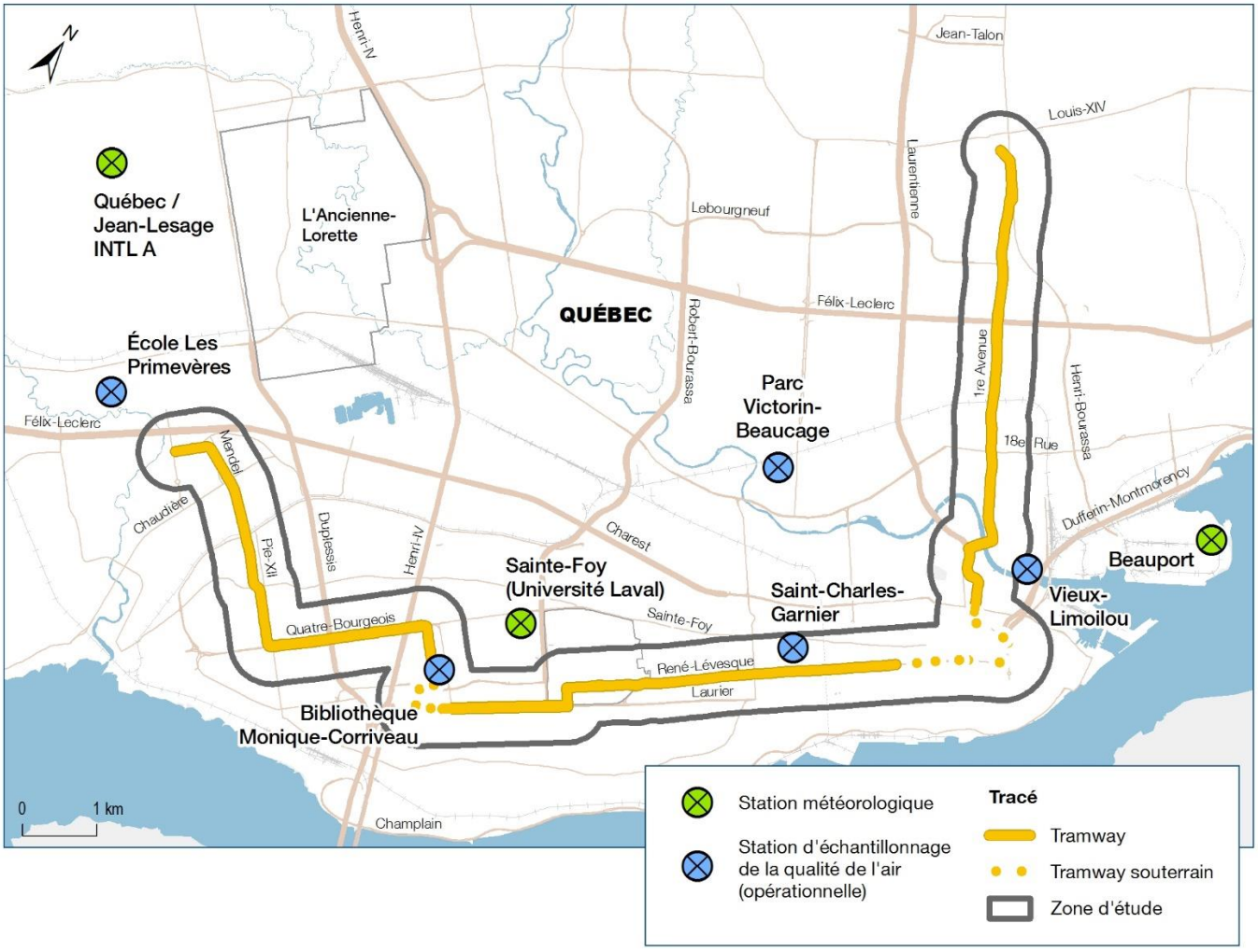


Figure 7.112 Localisation des stations météorologiques et des stations actives du RSQAQ, région de la Capitale-Nationale, période à l'étude 2007 à 2017

Les paramètres mesurés à chacune des stations sur une base séquentielle[24] sont les suivants :

- stations Monique-Corriveau, Victorin-Beaucage et De L'Église :
  - particules en suspension totales;
  - métaux;
- station Vieux-Limoilou :
  - particules en suspension totales;
  - particules fines de moins de 10 µm;
  - particules fines de moins de 2,5 µm;
  - métaux.

24. Un échantillonnage séquentiel est un échantillonnage limité à une certaine période de temps et qui est répété de manière périodique.

Les paramètres mesurés à chacune des stations sur une base continue sont les suivants :

- stations École Les Primevères et Saint-Charles-Garnier :

  - particules fines de moins de 2,5 µm;
  - ozone;
  - oxydes d'azote;

- station Vieux-Limoilou :

  - particules fines de moins de 2,5 µm;
  - ozone;
  - oxydes d'azote;
  - dioxyde de soufre;
  - monoxyde de carbone.

Les données qui suivent (y compris les figures) ont été tirées du rapport de la Direction de santé publique (2018) et traitent de la qualité de l'air pour la période de 2007 à 2017 en fonction des différents polluants mesurés à chacune des stations de mesure mentionnées ci-haut. La concentration des contaminants est comparée à la norme du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA), du MELCC ou aux lignes directrices de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) lorsqu'applicable. Le lecteur pourra obtenir davantage de précisions sur les statistiques comparatives des mesures entre les stations dans le rapport de la Direction de santé publique.

Particules en suspension totales (PST)

Les valeurs des concentrations moyennes annuelles de PST (figure 7.113) sont plus élevées à la station Vieux-Limoilou, suivies par celles mesurées aux stations Parc Victorin-Beaucage, De L'Église et finalement Monique-Corriveau. Il n'est cependant pas possible, en regard de ces résultats, d'affirmer que les valeurs diffèrent statistiquement entre les stations. Cependant, les concentrations moyennes aux stations Vieux-Limoilou et Victorin-Beaucage tendent à diminuer au cours de la période de 2007 à 2017. La moyenne observée à la station De L'Église est stable pour la période de 2007 à 2013.

Le nombre le plus élevé de journées par année avec des dépassements de la norme de 120 µg/m³ a été observé à la station Vieux-Limoilou en 2008, où il y a eu quatre journées de dépassement de la norme. Il y a eu seize journées de dépassement de la norme à la station Vieux-Limoilou au cours de la période de 2007 à 2017.

Trois journées avec des dépassements ont également été enregistrées en 2010 à la station Victorin-Beaucage. Il y a eu huit journées de dépassement de la norme à la station Parc Victorin-Beaucage au cours de la période de 2007 à 2017. Les stations De L'Église et Monique-Corriveau n'ont présenté aucun dépassement pour les données disponibles durant cette période.

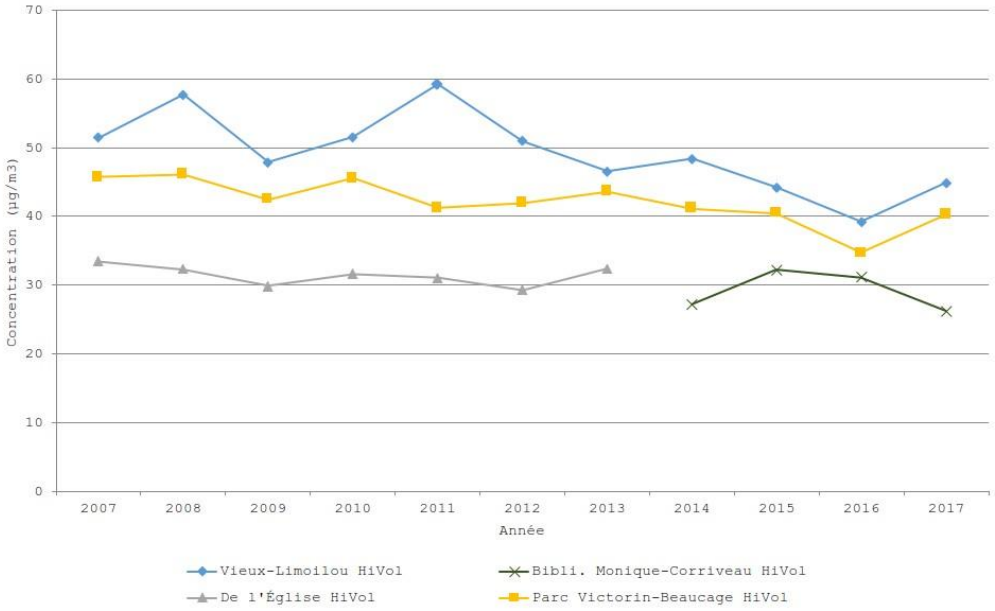


Figure 7.113 Concentrations moyennes annuelles de PST, 2007 à 2017

Particules fines de moins de 10 µm (PM_{10})

De 2007 à 2017, les PM_{10} n'ont été mesurées qu'à la station Vieux-Limoilou (figure 7.114). Les concentrations moyennes annuelles de PM_{10} ont diminué durant cette période. Elles ont dépassé la ligne directrice annuelle de l'OMS (20 µg/m³) la majorité du temps pour la période de 2007 à 2017. Jusqu'à cinq journées de dépassement de la valeur de la ligne directrice quotidienne de l'OMS pour les PM_{10} (50 µg/m³) ont été notées en 2017 à la station Vieux-Limoilou.

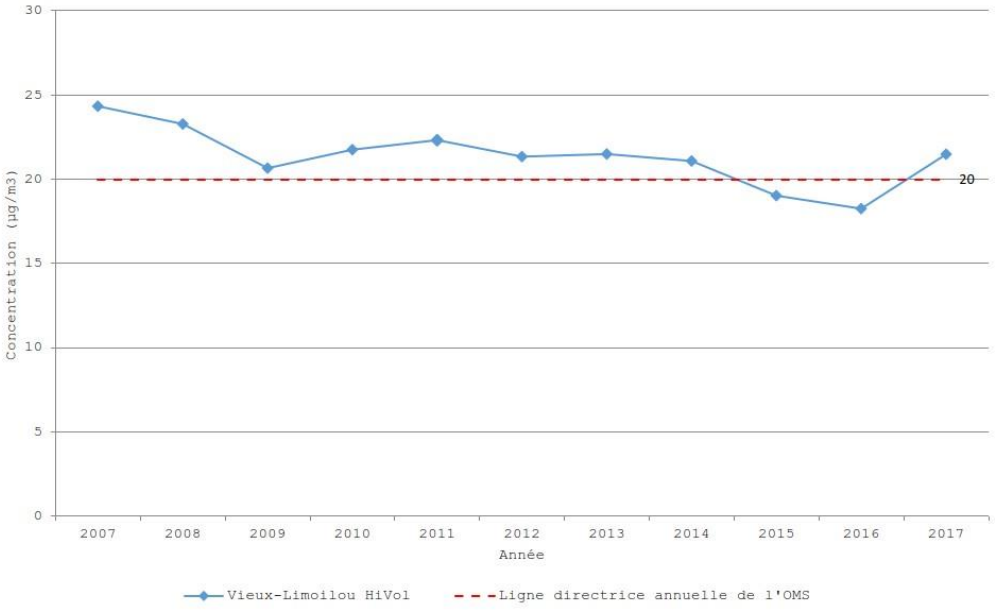


Figure 7.114 Concentrations moyennes annuelles de PM_{10}, 2007 à 2017

Particules fines de moins de 2,5 µm ($PM_{2,5}$)

Les concentrations moyennes annuelles des $PM_{2,5}$ sont en général plus élevées à la station Vieux-Limoilou qu'à la station Saint-Charles-Garnier, laquelle démontre des valeurs plus élevées qu'à la station Les Primevères (figure 7.115).

Une diminution des concentrations moyennes annuelles est observée pour la période de 2012 à 2017 à la station Vieux-Limoilou. Aucune autre tendance ne peut être confirmée pour la période 2007 à 2017. La concentration moyenne annuelle de $PM_{2,5}$ à cette station a été supérieure à la ligne directrice annuelle de l'OMS (10 µg/m³) à cinq reprises au cours de la période de 2010 à 2017. La fréquence des dépassements de la ligne directrice quotidienne de l'OMS (25 µg/m³) et de la norme quotidienne du RAA (30 µg/m³) pour les $PM_{2,5}$ est en général plus importante à la station Vieux-Limoilou.

À noter que depuis 2015, le Port de Québec effectue un suivi de la qualité de l'air sur son territoire et dans la communauté. L'administration portuaire de Québec (APQ) publie quotidiennement en ligne les résultats journaliers de concentration de particules fines ($PM_{2,5}$) prélevées par la station de suivi qu'elle a implantée sur la 3e Avenue dans Limoilou. Les suivis des concentrations de poussières provenant de la station de la 3e Avenue et des stations de suivi existantes sur le secteur portuaire permettent à l'APQ d'approfondir ses analyses et de compléter son processus de veille préventive et d'intervention (Port de Québec, 2019b).

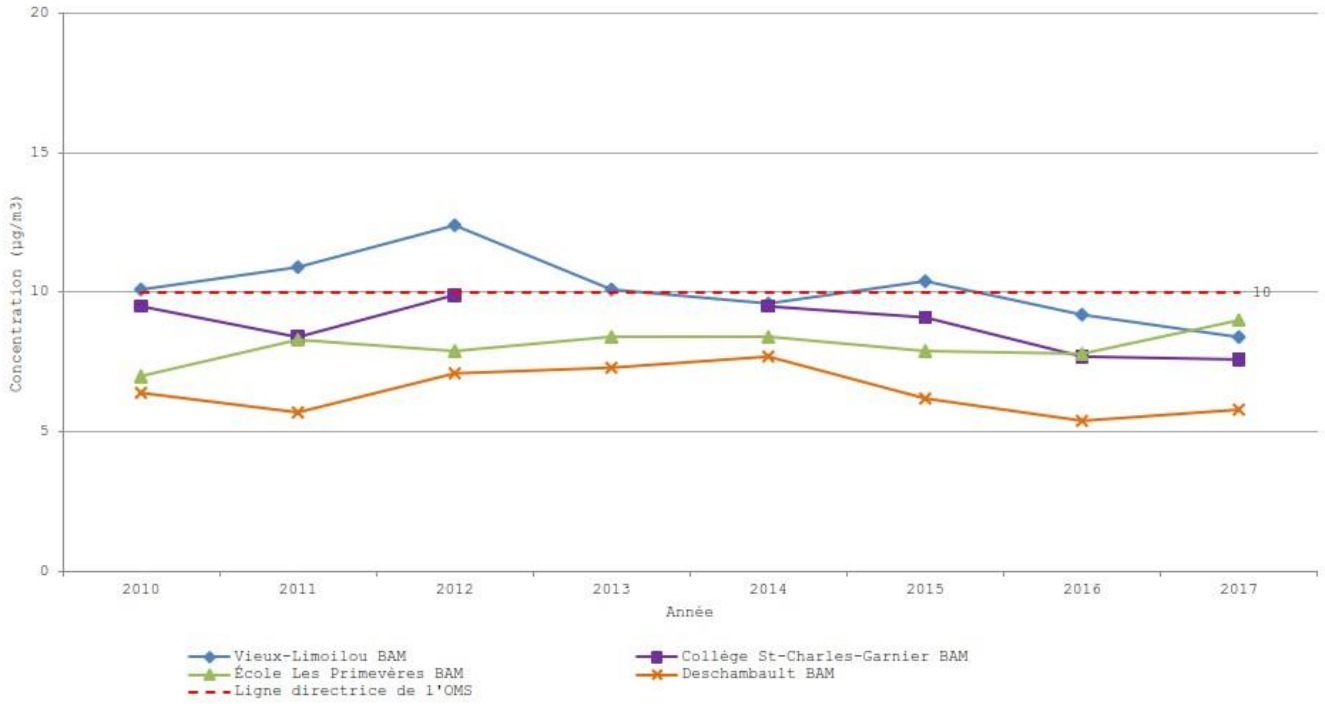


Figure 7.115 Concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$, 2010 à 2017

Oxydes d'azote (NOx)

Les concentrations moyennes annuelles de NO_2 tendent à diminuer à la station Vieux-Limoilou (de 2007 à 2012), Saint-Charles-Garnier (de 2010 à 2017) et Les Primevères (de 2010 à 2017). Elles sont stables de 2012 à 2017 à la station Vieux-Limoilou (figure 7.116).

Aucun dépassement des valeurs du RAA ainsi que de la ligne directrice horaire de l'OMS n'a été observé pour ces stations mesurant le NO_2 dans la région, de 2007 à 2017.

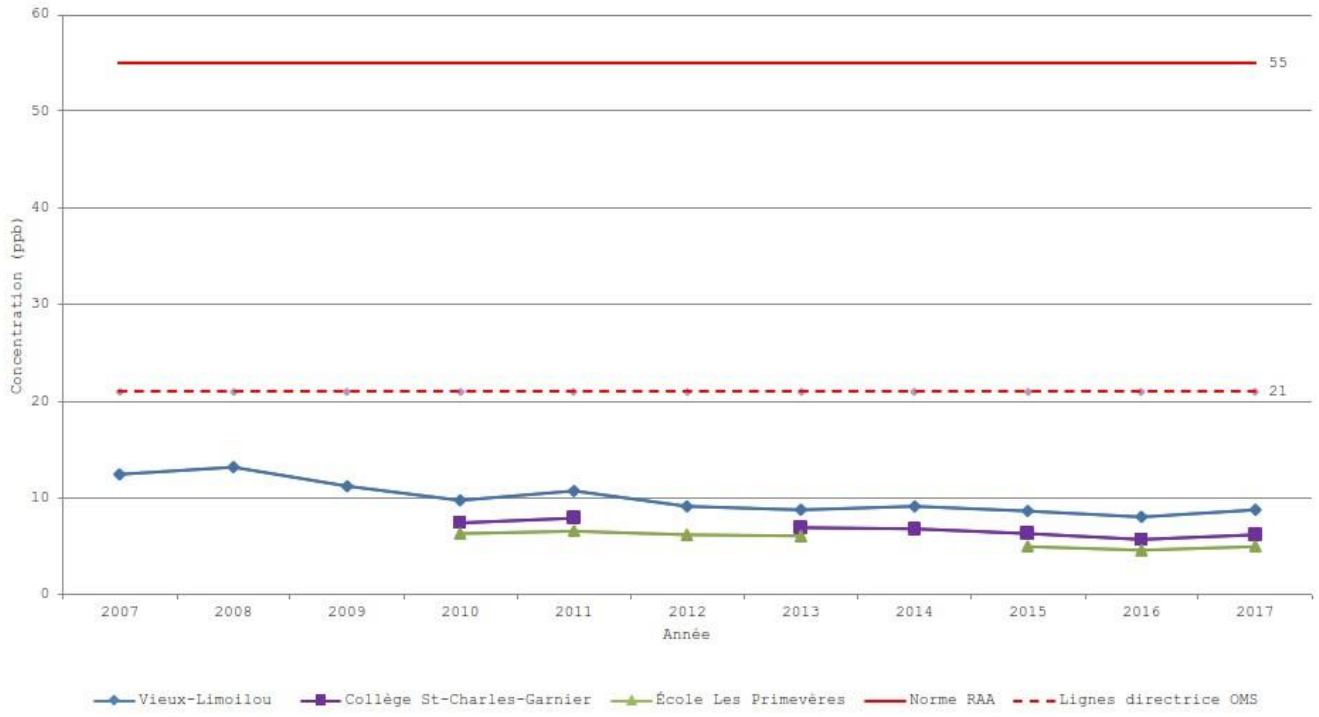


Figure 7.116 Concentrations moyennes annuelles de NO_2, 2007 à 2017

Ozone (O_3)

Les concentrations moyennes annuelles d'ozone pour la période de 2007 à 2017 sont depuis 2013 plus élevées à la station Saint-Charles-Garnier, suivie par celle de Les Primevères, puis de Vieux-Limoilou (figure 7.117). D'ailleurs, les concentrations tendent à augmenter au fil du temps pour ces trois stations.

Il y a eu peu de jours de dépassement de la norme horaire (82 ppb) et quelques jours de dépassement de la norme 8 heures (64 ppb) du RAA depuis 2007 dans la région. Les quelques dépassements de la norme horaire ont été notés en 2007 pour ces trois stations, et en 2010, seulement à la station Les Primevères.

Des dépassements de la norme 8 heures ont été observés à chacune des stations pour plusieurs des années d'échantillonnage.

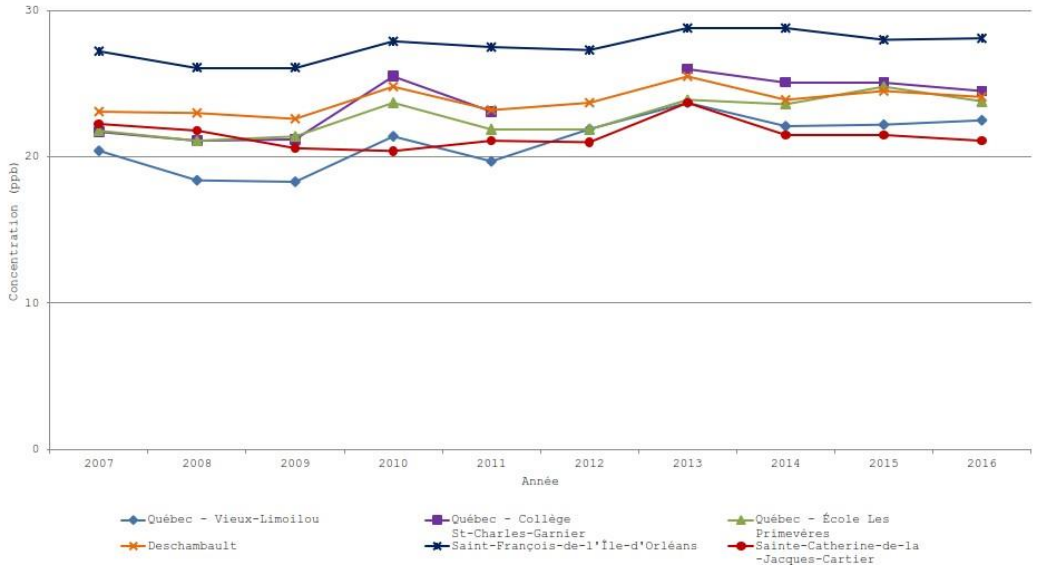


Figure 7.117 Concentrations moyennes annuelles de O_3, 2007 à 2017

Dioxyde de soufre (SO_2)

La concentration moyenne annuelle de SO_2 diminue de 2007 à 2017 à la station Vieux-Limoilou (figure 7.118), seule station ayant fait l'objet de mesures. Ces valeurs mesurées sont bien en dessous de la norme annuelle du RAA (20 ppb).

À cette même station, quatre jours de dépassement de la ligne directrice de l'OMS sur 24 heures pour le SO_2 (8 ppb) ont été enregistrés; ces dépassements ont eu lieu en 2007. Aucun dépassement de la norme du RAA sur 24 heures (110 ppb) n'a été noté. Il n'y a pas eu non plus de dépassement de la norme du RAA sur 4 minutes (400 ppb) et de la ligne directrice de l'OMS sur 10 minutes (190 ppb).

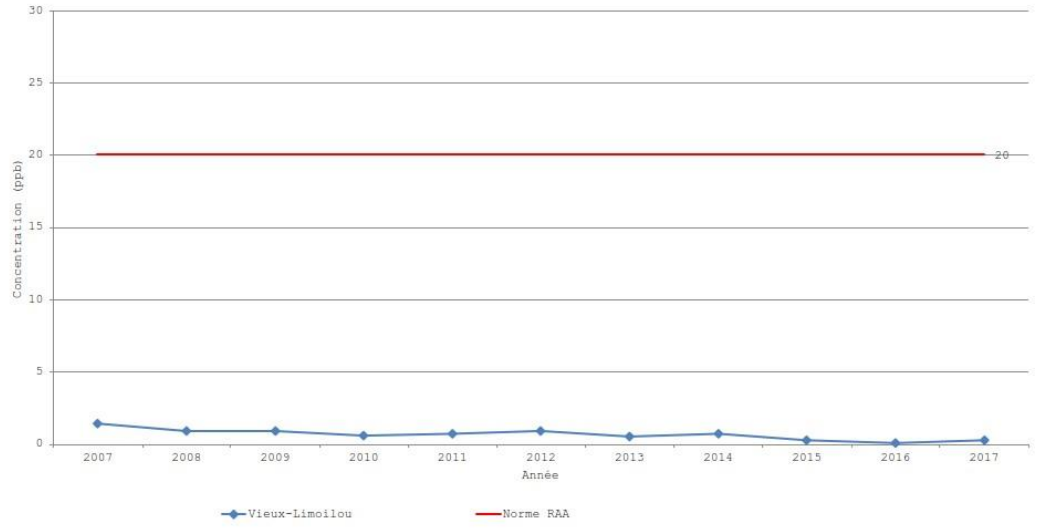


Figure 7.118 Concentrations moyennes annuelles de SO_2, 2007 à 2017

Monoxyde de carbone (CO)

Le CO n'est mesuré qu'à la station Vieux-Limoilou. Les concentrations moyennes annuelles de CO sont stables de 2007 à 2017 (figure 7.119). Il n'y a pas eu de dépassement de la norme 1 et 8 heures pour cette période.

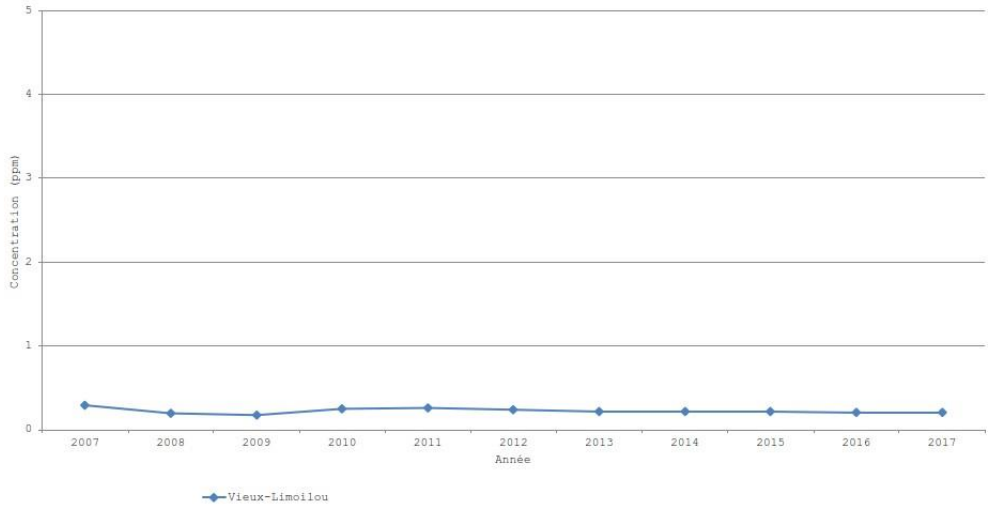


Figure 7.119 Concentrations moyennes annuelles de CO, 2007 à 2017

Métaux (antimoine, arsenic, cadmium, cobalt, manganèse, nickel, plomb)

Pour toutes les stations, aucune tendance n'est observée dans l'évolution des concentrations moyennes annuelles d'antimoine sur la période de 2010 à 2017 (figure 7.120). Ces concentrations sont en deçà de la norme annuelle du RAA de 0,17 µg/m³.

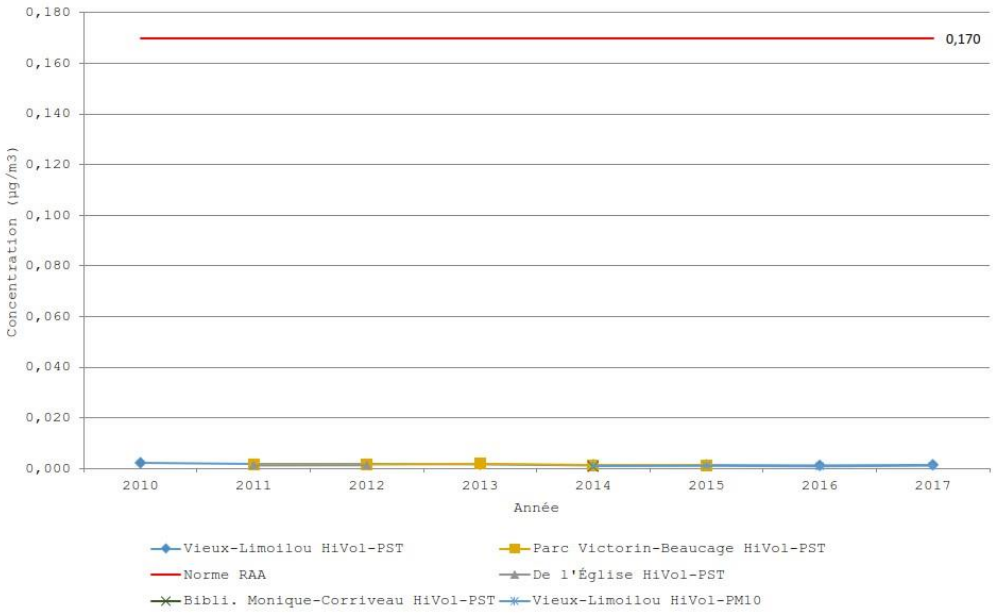


Figure 7.120 Concentrations moyennes annuelles d'antimoine dans les PST et les PM_{10}, 2010 à 2017

Aucune tendance particulière ne découle de l'évolution des concentrations moyennes annuelles d'arsenic sur la période de 2010 à 2017 (figure 7.121). Ces concentrations ont souvent dépassé la norme annuelle du RAA dans les PST (0,003 µg/m³) au cours des dernières années. Elles sont similaires à celles d'autres milieux urbains où il n'y a pas de sources spécifiques (Foucreault *et al.*, 2016 dans Direction de santé publique, 2018).

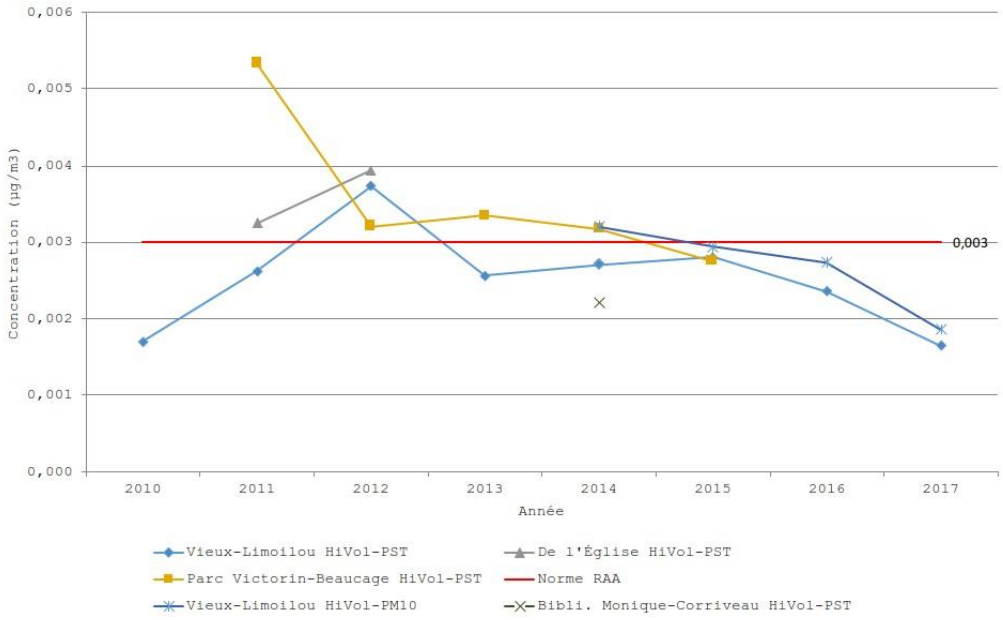


Figure 7.121 Concentrations moyennes annuelles d'arsenic dans les PST et les PM_{10}, 2010 à 2017

Aucune tendance claire n'est observée dans l'évolution des concentrations moyennes annuelles de cadmium de la station Vieux-Limoilou sur la période de 2010 à 2017 (figure 7.122). Les valeurs mesurées sont sous la norme annuelle du RAA (0,0036 µg/m³) et sous la ligne directrice annuelle de l'OMS (0,005 µg/m³).

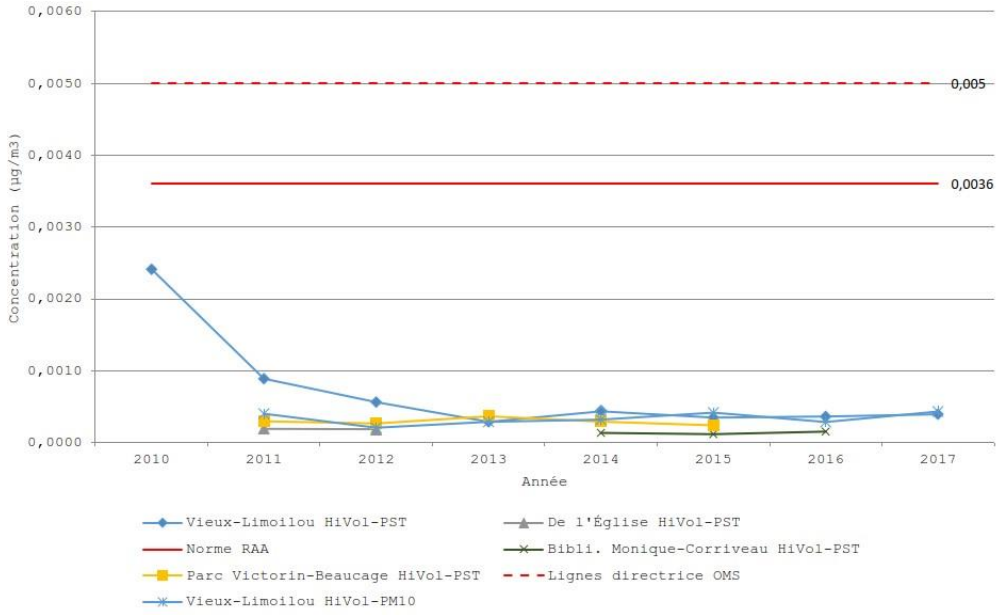


Figure 7.122 Concentrations moyennes annuelles de cadmium dans les PST et les PM_{10}, 2010 à 2017

Les concentrations moyennes annuelles de cobalt démontrent une tendance à la baisse à la station Parc Victorin-Beaucage de 2011 à 2015 (figure 7.123). Les concentrations moyennes annuelles de cobalt dans la région, incluant la station Vieux-Limoilou, ont été faibles dans les dernières années.

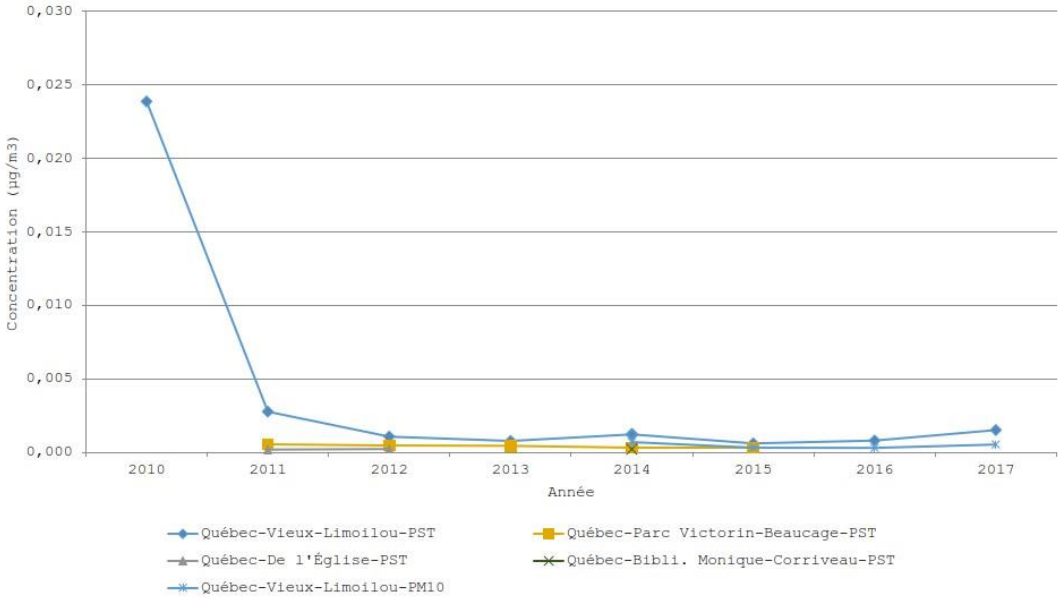


Figure 7.123 Concentrations moyennes annuelles de cobalt dans les PST et les PM_{10}, 2010 à 2017

Une diminution des concentrations de manganèse dans les PST est observée à la station Vieux-Limoilou entre 2010 et 2014 (figure 7.124). Aucune autre tendance n'est observée sur la période 2010-2017. Ces concentrations sont inférieures à la ligne directrice suggérée par l'OMS (0,150 µg/m³).

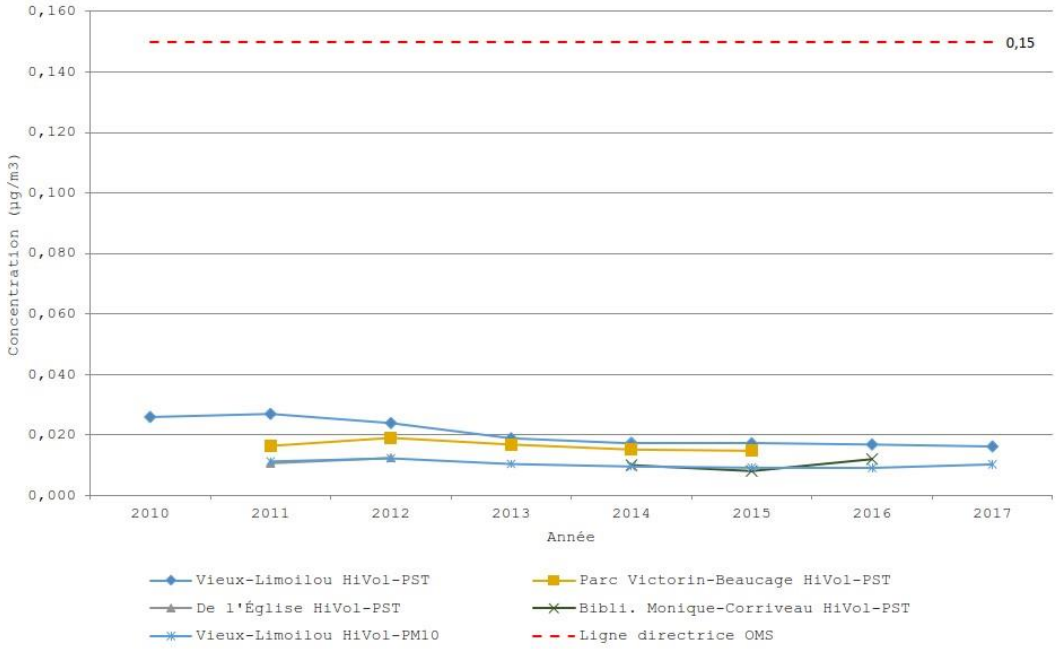


Figure 7.124 Concentrations moyennes annuelles de manganèse dans les PST et les PM_{10}, 2010 à 2017

Les valeurs de nickel mesurées dans la région dans les dernières années sont en diminution à la station Parc Victorin-Beaucage, ainsi que dans les PST de la station Vieux-Limoilou de 2010 à 2015 (figure 7.125). Le nickel mesuré dans les PM_{10} de la station Vieux-Limoilou dépasse la norme journalière du RAA (0,014 µg/m³) pour 7,7 à 21,4 % des échantillons pour la période 2011 à 2017.

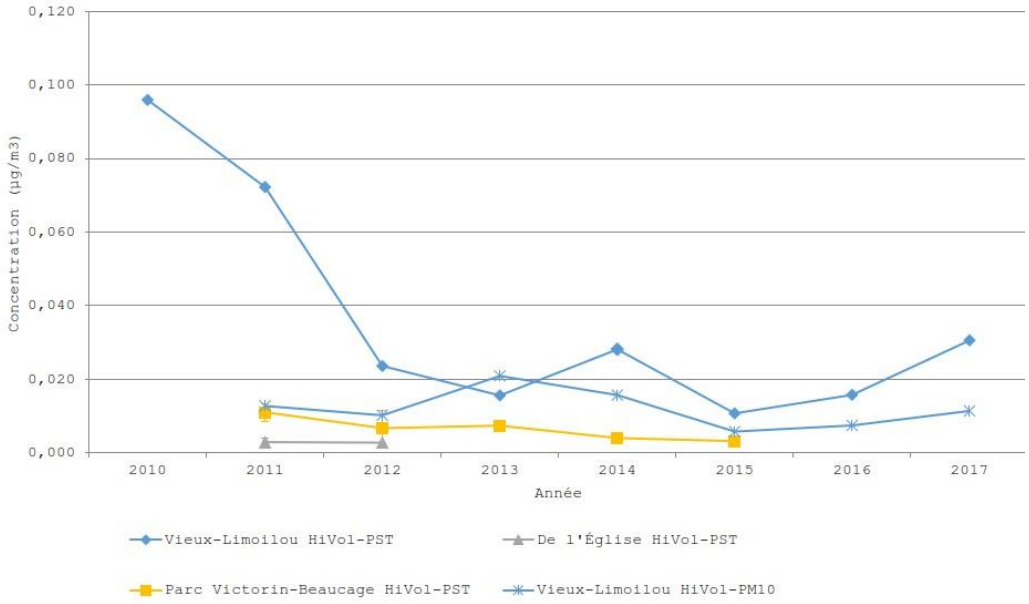


Figure 7.125 Concentrations moyennes annuelles de nickel dans les PST et les PM_{10}, 2010 à 2017

Les concentrations moyennes annuelles de plomb mesurées dans la région diminuent dans les PST et les PM_{10} à la station Vieux-Limoilou. Elles se situent en deçà de la norme du RAA (0,1 µg/m³) (figure 7.126).

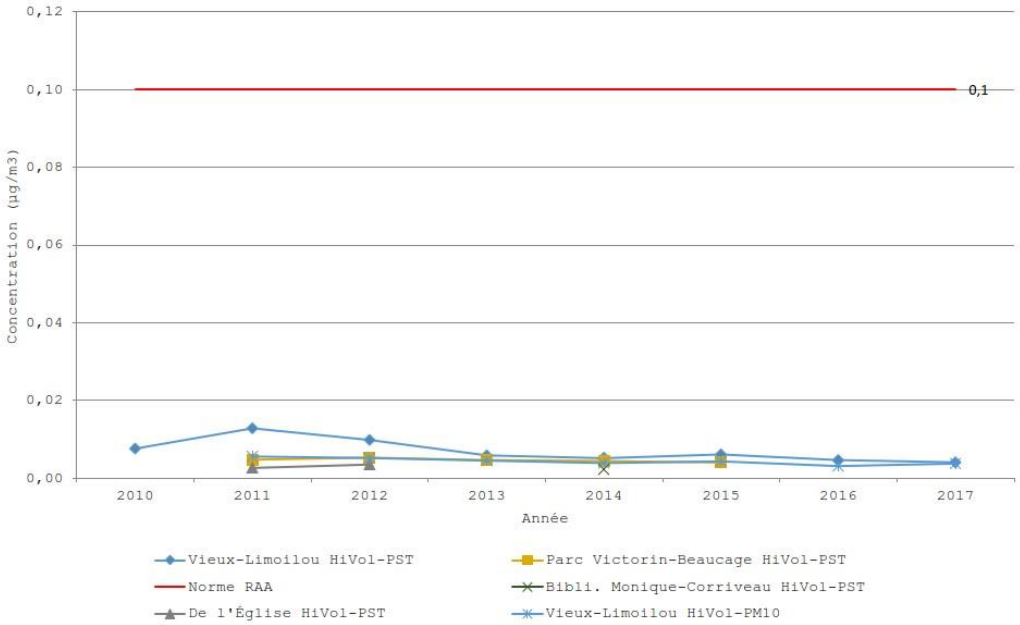


Figure 7.126 Concentrations moyennes annuelles de plomb dans les PST et les PM_{10}, 2010 à 2017

Composés organiques volatils (COV)

Aucun dépassement des normes quotidiennes n'a été observé pour les données disponibles de benzène et de dichlorobenzène en 2016 (juin à décembre) à la station Vieux-Limoilou.

Les normes annuelles du RAA pour l'éthylbenzène (200 µg/m³) et le xylène (20 µg/m³) ont été respectées sur les données disponibles, soit de février 1997 à mars 1998.

Dioxines (PCDD-F)

Les concentrations en PCDD-F[25] mesurées de 2005 à 2008 à la station École les Primevères, qui est dans un secteur influencé par le chauffage au bois, respectent la norme annuelle du RAA qui est de 60 femtogramme d'équivalent toxique par mètre cube d'air (fg ET/m³).

Le MELCC a mesuré les PCDD-F dans le quartier Limoilou à trois stations de mesure entre 2010 et 2012 (dont la station Vieux-Limoilou). Les concentrations médianes à ces trois stations se sont avérées semblables et la concentration moyenne de l'ensemble des échantillons a été de 24 fg ET/m³, soit sous la norme annuelle du RAA (Walsh et Brière, 2018 dans CIUSSSCN, 2019b).

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Le MELCC a mesuré les HAP dans le quartier Limoilou à trois stations entre 2010 et 2012. La concentration moyenne de benzo(a) pyrène (BaP) à la station Vieux-Limoilou durant cette période a atteint 0,21 ng/m³, soit une concentration inférieure à la norme annuelle du RAA (Walsh et Brière, 2018 dans CIUSSSCN, 2019b). La concentration moyenne, en équivalent toxique (ET) du BaP, du mélange des HAP mesuré à la station Vieux-Limoilou de 2010 à 2012 est de 1,44 ng ET/m³ (Walsh et Brière, 2018 dans CIUSSSCN, 2019b), soit une valeur inférieure au critère des HAP totaux de 2,4 ng/m³ (MELCC, 2018 dans CIUSSSCN, 2019b).

Biphényles polychlorés (BPC)

Le MELCC a mesuré les BPC dans le quartier Limoilou à trois stations entre 2010 et 2012. Les concentrations moyennes mesurées ont été de 0,264, 0,395 et 0,703 ng/m³. Les concentrations mesurées sont de l'ordre des niveaux ruraux et urbains moyens et quelques ordres de grandeur sous le niveau d'action de l'OMS (Walsh et Brière, 2018 dans CIUSSSCN, 2019b).

Sommaire

En 2017, l'indice de qualité de l'air a été qualifié de « bon » près de 46 % du temps, et qualifié « acceptable » près de 52 % du temps. Les occurrences de « mauvaise » qualité de l'air se résument à un peu moins de 3 % (MELCC, 2019a).

Le portrait des concentrations des principaux contaminants de l'air dans la région de la Capitale-Nationale montre un bilan nuancé : à plusieurs égards, le bilan de la qualité de l'air extérieur continue de s'améliorer depuis 10 ans et en général, les normes du règlement sur l'assainissement de l'atmosphère sont respectées. Cependant, des préoccupations persistent, dans un contexte d'inégalités de santé et de cumul de risque (CIUSSSCN, 2019b).

25. Les dioxines (PCDD-F) regroupent les polychlorobenzodioxines (PCDD) et les polychlorodibenzofuranes (PCDF).

Les concentrations moyennes annuelles de NO_2 et de SO_2 sont bien en deçà des valeurs de référence en vigueur actuellement et elles sont en diminution pour la période de 2007 à 2017. L'ozone est en augmentation, phénomène surtout attribuable à la diminution des émissions de monoxyde d'azote (NO) reliées au transport, qui masquait une partie des concentrations d'ozone. Les concentrations de PST sont en baisse aux stations Vieux-Limoilou et Parc Victorin-Beaucage de même que les PM_{10} à la station Vieux-Limoilou. La diminution est notée pour la période 2007 à 2017 (CIUSSSCN, 2019b).

Les concentrations d'antimoine, de cadmium, de manganèse, de plomb, de COV, de PCDD-F et de BPC respectent les valeurs de référence établies. Certains métaux ont des concentrations en baisse pour certaines stations et périodes : cobalt, manganèse, nickel et plomb. Ces observations sont comparables à ce qui a été décrit pour la période de 1996 à 2009 au Québec, où on constatait une légère amélioration de la qualité de l'air ambiant et peu de dépassements des valeurs de référence (INSPQ, 2012 dans CIUSSSCN, 2019b). Les concentrations moyennes annuelles régionales d'arsenic et de nickel présentent par contre des dépassements des valeurs de référence. La situation semble cependant en amélioration pour le nickel dans les dernières années.

Malgré ces progrès, certaines situations régionales et locales méritent une attention particulière. Les concentrations moyennes annuelles de particules de moins de 10 micromètres de diamètre (PM_{10}) et parfois de particules de moins de 2,5 micromètres de diamètre ($PM_{2,5}$) dépassent les valeurs de référence. Des journées de dépassement des valeurs de référence sont encore observées pour les PST, les PM_{10}, les $PM_{2,5}$, l'ozone et plus rarement pour le SO_2. À noter que les dépassements pour les $PM_{2,5}$ et le SO_2 sont encore relativement fréquents au Québec. Pour le SO_2, les dépassements sont observés à proximité des sources industrielles (INSPQ, 2012 dans CIUSSSCN, 2019b). Pour les $PM_{2,5}$, on les retrouve dans les agglomérations urbaines et à proximité des sources d'émissions industrielles. Les concentrations moyennes annuelles de $PM_{2,5}$ mesurées dans la région atteignent et dépassent à quelques reprises la ligne directrice de l'OMS de 10 µg/m³. Ces particules ont des effets importants sur la santé. Il n'y a pas de niveau d'exposition considéré sans effet pour ce contaminant (CIUSSSCN, 2019b).

Autre constat, la fréquence des dépassements des valeurs de référence annuelles de $PM_{2,5}$ et quotidiennes pour les particules (PST et $PM_{2,5}$) est plus importante à la station Vieux-Limoilou qu'aux autres stations. Les valeurs de NO_2 y sont plus élevées qu'aux deux autres stations urbaines. De plus, on y observe des dépassements pour les PM_{10} (annuels et quotidiens), l'ozone (1 heure et 8 heures), le SO_2 (quotidiens), l'arsenic (annuels) et le nickel (quotidiens). Plusieurs sources peuvent générer ces contaminants. La principale source d'émission (transports, industries ou chauffage au bois) varie selon le contaminant dans la province de Québec. Le chauffage au bois émet davantage de particules ($PM_{2,5}$ et PM_{10}) en tonnes par année que le transport ou l'industrie. Dans les dernières années, il est également le plus grand émetteur de COV et il émet autant de CO que le transport. Les NOx sont davantage produits par le transport alors que le SO_2 est surtout émis surtout par les industries. Cette situation peut entraîner une exposition plus importante à ces substances pour les résidants et les personnes aux alentours de cette station (CIUSSSCN, 2019b).

7.5.3 Îlots de chaleur

Les îlots de chaleur urbains se définissent comme des zones urbaines où les températures estivales sont plus élevées que dans les zones rurales avoisinantes. On parle également souvent d'îlots de chaleur urbains pour désigner une zone intra-urbaine dont la température de l'air ou de surface est plus élevée que dans les autres zones du même milieu urbain, par exemple une aire de stationnement asphaltée (INSPQ, 2019).

Outre le climat local (température, humidité et vents), plusieurs causes de source anthropique favorisent l'émergence et l'intensification des îlots de chaleur urbains. Parmi ces causes figurent les émissions de gaz à effet de serre, la perte progressive du couvert forestier dans les milieux urbains, l'imperméabilité des matériaux,

la morphologie urbaine et la taille des villes, ainsi que la chaleur anthropique[26] (INSPQ, 2019). Les îlots de chaleur constituent des éléments du milieu qui sont sensibles aux changements climatiques.

La figure 7.127 illustre la distribution de ces îlots dans la zone d'étude. Des concentrations plus importantes d'îlots « chauds » et « très chauds » se trouvent notamment dans le secteur Est (sections Saint-Roch, Pont Drouin, Limoilou) et le secteur Centre (section Tunnel) ainsi que dans le secteur Ouest à l'endroit du boulevard Laurier. Ces endroits sont en effet caractérisés par la présence de nombreux édifices et/ou stationnements, les matériaux comme l'asphalte y étant très présents. À l'inverse, d'ouest en est, on retrouve quelques îlots de fraîcheur en bordure des secteurs Chaudière, Pie-XII, Université Laval et René-Lévesque, qui sont quant à eux caractérisés par la présence de boisés ou de végétation urbaine.

Les îlots de chaleur engendrent des conséquences à la fois environnementales et sur le plan de la santé humaine.

Sur le plan environnemental :

- les îlots de chaleur urbains contribuent à la formation du smog, qui se forme lors de la réaction entre les rayons du soleil, la chaleur, les composés organiques volatils et les oxydes d'azote (des polluants produits inévitablement lors d'une combustion);

- la chaleur accrue a également un effet sur la qualité de l'air intérieur en facilitant la multiplication des acariens, des moisissures et des bactéries, tout en favorisant la libération de substances toxiques comme les formaldéhydes contenus dans les colles utilisées dans les matériaux de construction et la fabrication de meubles;

- une hausse de la demande en eau potable est aussi probable, soit pour se rafraîchir (par exemple, piscines et jeux d'eau), soit pour hydrater les aménagements végétalisés.

Sur le plan de la santé humaine :

- les îlots de chaleur urbains sont responsables d'une hausse de la mortalité lors de périodes de vagues de chaleur;

- la chaleur accablante engendrée par les îlots de chaleur urbains peut créer un stress thermique chez les personnes qui y résident ou qui y travaillent;

- elle peut provoquer des inconforts, des faiblesses, des troubles de la conscience, des crampes, des syncopes, des coups de chaleur, voire exacerber les maladies chroniques préexistantes comme le diabète, l'insuffisance respiratoire, les maladies cardiovasculaires, cérébrovasculaires, neurologiques ou rénales, au point de causer la mort (INSPQ, 2019).

Les îlots de chaleur touchent particulièrement les habitants des grands centres urbains. Parmi les personnes les plus vulnérables à ce phénomène figurent les personnes atteintes de maladies chroniques, en particulier de troubles mentaux; les personnes défavorisées socialement ou économiquement; les travailleurs extérieurs; les sportifs extérieurs de haut niveau; les très jeunes enfants; et les personnes âgées, dont la proportion doublera au Québec d'ici 2051 (INSPQ, 2019).

26. La production de chaleur anthropique réfère à la chaleur émise par les activités humaines, comme l'usage de véhicules, l'utilisation de la climatisation et l'activité industrielle. La chaleur anthropique contribue au développement d'Îlots de chaleur, en particulier dans les milieux urbains denses, où les activités se concentrent. (United States Environmental Protection Agency (2008b) dans Giguère, M. 2009.

Toutefois, les effets négatifs de la chaleur peuvent toucher tout le monde, peu importe l'âge. Une étude menée en 2013 dans les quartiers très défavorisés des neuf plus grandes villes du Québec, montrait que jeunes et vieux subissent des impacts, et que lors de grandes chaleurs, jusqu'à 12 % des personnes doivent consulter un médecin ou une infirmière (Bélanger *et al.*, 2013 dans INSPQ, 2019).

7.5.4 Topographie

La zone d'étude régionale, l'agglomération de Québec, s'étend sur un vaste territoire d'environ 550 km^2 entre le fleuve Saint-Laurent et la réserve faunique des Laurentides.

Ce territoire est bordé par deux formations montagneuses soit les Laurentides au nord et les Appalaches au sud. Au milieu de ces deux formations, on retrouve les basses terres du Saint-Laurent. Ce territoire possède une configuration complexe puisqu'on y retrouve des zones de moyennes altitudes, la Haute-Saint-Charles, la Haute-Ville ou le plateau de Sainte-Foy et des zones de basses terres notamment, la Basse-Ville et une partie des arrondissements de Charlesbourg et de Beauport (Ville de Québec, 2019e).

Plus spécifiquement, la topographie de la ville de Québec est marquée par le dénivelé important de la rive nord avec le fleuve Saint-Laurent, composé d'importantes falaises, et par la délimitation entre la Haute-Ville de Québec et la Basse-Ville de Québec. Celle-ci suit la faille de chevauchement de Logan le long de laquelle se trouve une démarcation du relief. Le secteur situé au sud de la faille est caractérisé par une colline ayant une pente variant entre 11 % et 15 % ainsi que par des rebords d'escarpements rocheux décrivant des lignes, plus ou moins concentriques, autour des sommets (Brodeur *et al.*, 2009 dans Bureau d'étude SRB de Québec et Lévis, 2017). Au nord de cette dénivellation, le relief est relativement plat (Bureau d'étude SRB de Québec et Lévis, 2017).

Ce mélange dans les configurations topographiques se traduit par la présence sur le territoire de plusieurs frontières naturelles sous forme de falaises ou de pentes imposant des défis en matière de développement et de déplacement (Ville de Québec, 2019e).

Le tracé du tramway traverse ces deux ensembles, soit les zones de moyennes altitudes (plateau de Sainte-Foy, Haute-Ville) et les zones de basses terres (Basse-Ville, Charlesbourg). Il effectuera la transition entre ces deux entités en empruntant le tunnel qui sera foré entre le boulevard René-Lévesque, à la hauteur de l'avenue des Érables, et la limite nord de la dénivellation entre la Haute-Ville et la Basse-Ville, en ressortant sur la rue de la Couronne (section Tunnel).

7.5.5 Géologie

Québec se situe à la jonction de trois grands ensembles géologiques, soit le Bouclier canadien (province de Grenville), la plateforme du Saint-Laurent et les Appalaches. Le tracé du tramway s'étend sur ces deux derniers ensembles.

Le promontoire de Québec, qui va de l'embouchure de la rivière Saint-Charles à l'embouchure de la rivière du Cap Rouge, appartient à la chaîne de montagnes des Appalaches. La province des Appalaches est principalement formée de roches sédimentaires plissées, provenant à l'origine des sédiments couvrant le fond du paléo-océan Iapetus. Lors de la fermeture de cet océan, la collision avec le Bouclier canadien a provoqué le plissement et le soulèvement de ces roches sédimentaires, formant ainsi la chaîne de montagnes des Appalaches (Talbot Poulin *et al.*, 2013). On peut principalement observer le promontoire de Québec dans les arrondissements de La Cité-Limoilou (Haute-Ville) et de Sainte-Foy—Sillery—Cap-Rouge, soit dans les secteurs Centre et Ouest du tracé du tramway.

La plateforme du Saint-Laurent est une zone de basses terres qui résulte de l'effondrement d'une partie de la chaîne de montagnes du Grenville et de l'accumulation de sédiments. La province des basses-terres du Saint-Laurent, qui se trouve au nord de la faille de Logan, autrefois recouverte par l'Océan Iapetus, se compose de roches sédimentaires non plissées, principalement du calcaire, très riche en fossiles d'origine marine du

Saint-Laurent (Talbot Poulin *et al.*, 2013). On peut principalement l'observer dans les arrondissements de La Cité-Limoilou (Basse-Ville), Beauport et Charlesbourg, soit dans le secteur Est du tracé du tramway.

Plus spécifiquement, le tracé du tramway traverse six formations géologiques différentes, tel qu'illustré à la figure 7.128. Les données géologiques relatives aux formations rocheuses et aux dépôts de surface proviennent du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec (PACES-CMQ) (Talbot Poulin *et al.*, 2013).

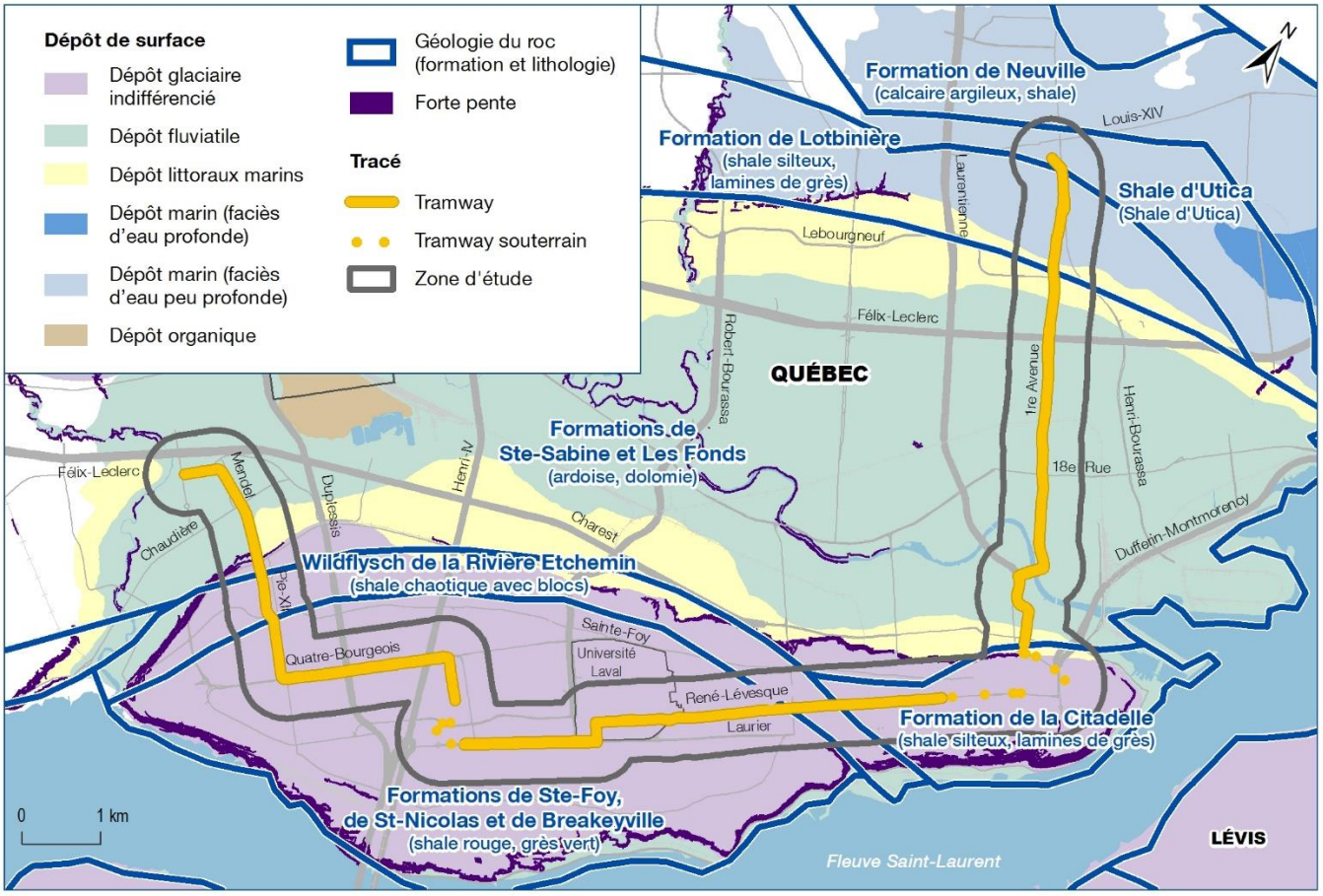


Figure 7.128 Contexte géologique

D'ouest en est, le tracé du tramway débute dans les formations de Sainte-Sabine et Les Fonds de la plateforme du Saint-Laurent, formés d'ardoise et de dolomie datant de l'ordovicien supérieur, puis traverse une fine bande de la formation Wildflysch de la rivière Etchemin, formée de shale chaotique avec blocs, datant également de l'ordovicien supérieur. Le tracé chevauche par la suite les formations appalachiennes de Sainte-Foy, de Saint-Nicolas et de Breakeyville, formées de shale rouge et de grès vert datant du cambrien, puis retraverse une fine bande de la formation Wildflysch de la rivière Etchemin. Il se poursuit ensuite dans la formation appalachienne de la Citadelle formée de shale, de calcaire, de dolomie et de grès, caractéristique de la Haute-Ville de Québec, formation dans laquelle sera creusé le tunnel sous la colline Parlementaire. Le tracé chevauche par la suite à nouveau la plateforme du Saint-Laurent, dans les formations de Sainte-Sabine et Les Fonds en direction nord. Il traverse ensuite la formation de Lotbinière, formée de shale silteux et de lamines de grès, avant de terminer son parcours dans la formation Shale d'Utica.

Au niveau de la géologie du quaternaire, le tracé du tramway s'étend sur des dépôts fluviatiles, puis sur des dépôts glaciaires indifférenciés, d'une épaisseur variable. Ce type de dépôt se trouve sur l'ensemble de la formation appalachienne présente au nord du fleuve Saint-Laurent. À la sortie du tunnel, au bas de la Côte d'Abraham, le tracé traverse une petite bande de dépôts littoraux marins sur environ 500 m, avant de parcourir une grande plaine composée de dépôts fluviatiles en direction nord. Il retraverse ensuite une petite bande de dépôts littoraux marins et termine sa course à la hauteur de la 76e Rue à Charlesbourg sur des dépôts marins (faciès d'eau peu profonde).

Afin de connaître avec précision la nature et la qualité des sols dans lesquels sera implanté le projet, des études géotechniques et environnementales sont en cours sur le territoire de la ville de Québec depuis le début de l'année 2019. Ces études sont effectuées pour l'ensemble du projet : les voies où le tramway sera implanté en surface, ainsi que les secteurs du tunnel sous la colline Parlementaire, des quatre stations souterraines qui lui sont afférentes et des deux centres d'entretien et d'exploitation (CEE).

Les forages qui sont en cours se détaillent comme suit :

- voies de surface : 310 forages, dont 250 de 9 m, réalisés à chaque 80 m sur un total de 20 km;
- secteur du tunnel sous la colline Parlementaire : 46 forages de 10 m de profondeur qui permettront de déterminer la qualité du roc. Les analyses permettront de déterminer des recommandations concernant l'excavation du tunnel;
- secteur des stations souterraines de la colline Parlementaire : 8 forages de 12 m de profondeur;
- CEE : 10 forages et réalisation d'une étude de caractérisation environnementale.

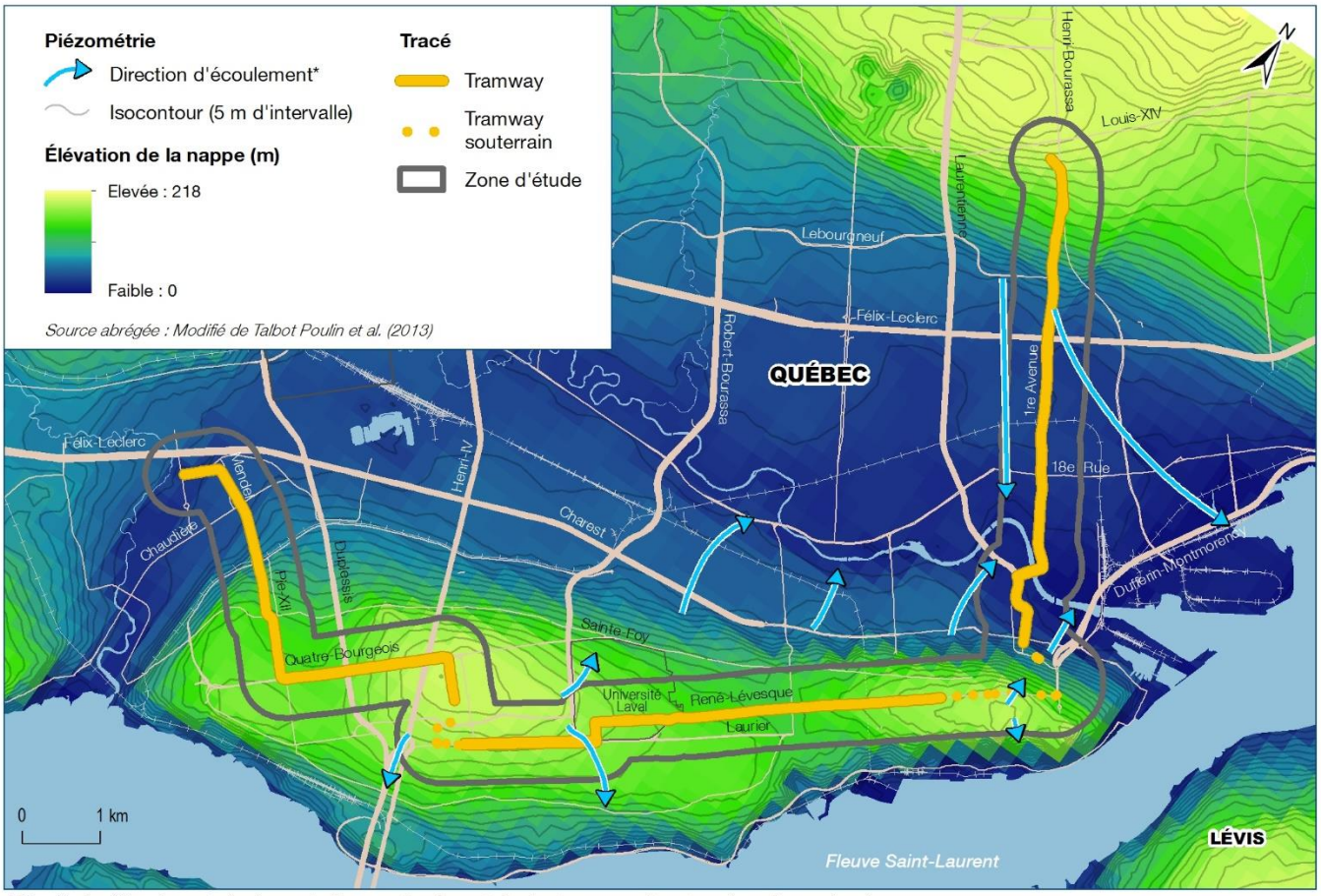
D'autres forages pourront s'ajouter en cours de conception.

7.5.6 Hydrogéologie

Dans les Basses-terres du Saint-Laurent, les dépôts de surface sont généralement des sables silteux et, lorsque l'épaisseur des dépôts est importante, une couche de silt d'origine marine se retrouve en profondeur et confine l'aquifère de roc fracturé sous-jacent. Le delta du Proto-Saint-Laurent, dans la Basse-Ville de Québec, contient une succession plus complexe de dépôts avec des silts recouvrant un aquifère de sable séparé du roc par une importante épaisseur de silt. L'aquifère de roc est confiné, mais celui dans les dépôts varie de non confiné à semi-confiné. L'épaisse succession de dépôts meubles dans le Proto-Saint-Laurent dans la Basse-Ville de Québec comprend principalement des dépôts fins sur lesquels reposent des aquifères de sable atteignant 20 m d'épaisseur à l'embouchure de la rivière Saint-Charles et 30 m à l'embouchure de la rivière Cap-Rouge. Ces aquifères sont non confinés à semi-confinés lorsque les dépôts silteux de la rivière Saint-Charles recouvrent l'aquifère sur une plus grande épaisseur. Ces aquifères du Proto-Saint-Laurent sont majoritairement situés en zone urbaine dense, où l'imperméabilisation créée par le bâti (immeubles, stationnements, rues) a pour effet d'augmenter le ruissellement des précipitations et de limiter la recharge verticale de l'aquifère. Ils ne sont pas exploités à des fins de consommation en eau potable (Talbot Poulin *et al.*, 2013).

Sur le promontoire de Québec, la faible épaisseur de dépôts recouvrant l'aquifère de roc mène généralement à une recharge et à une vulnérabilité moyenne. L'eau souterraine n'est également pas utilisée à des fins de consommation sur le promontoire de Québec (Talbot Poulin *et al.*, 2013).

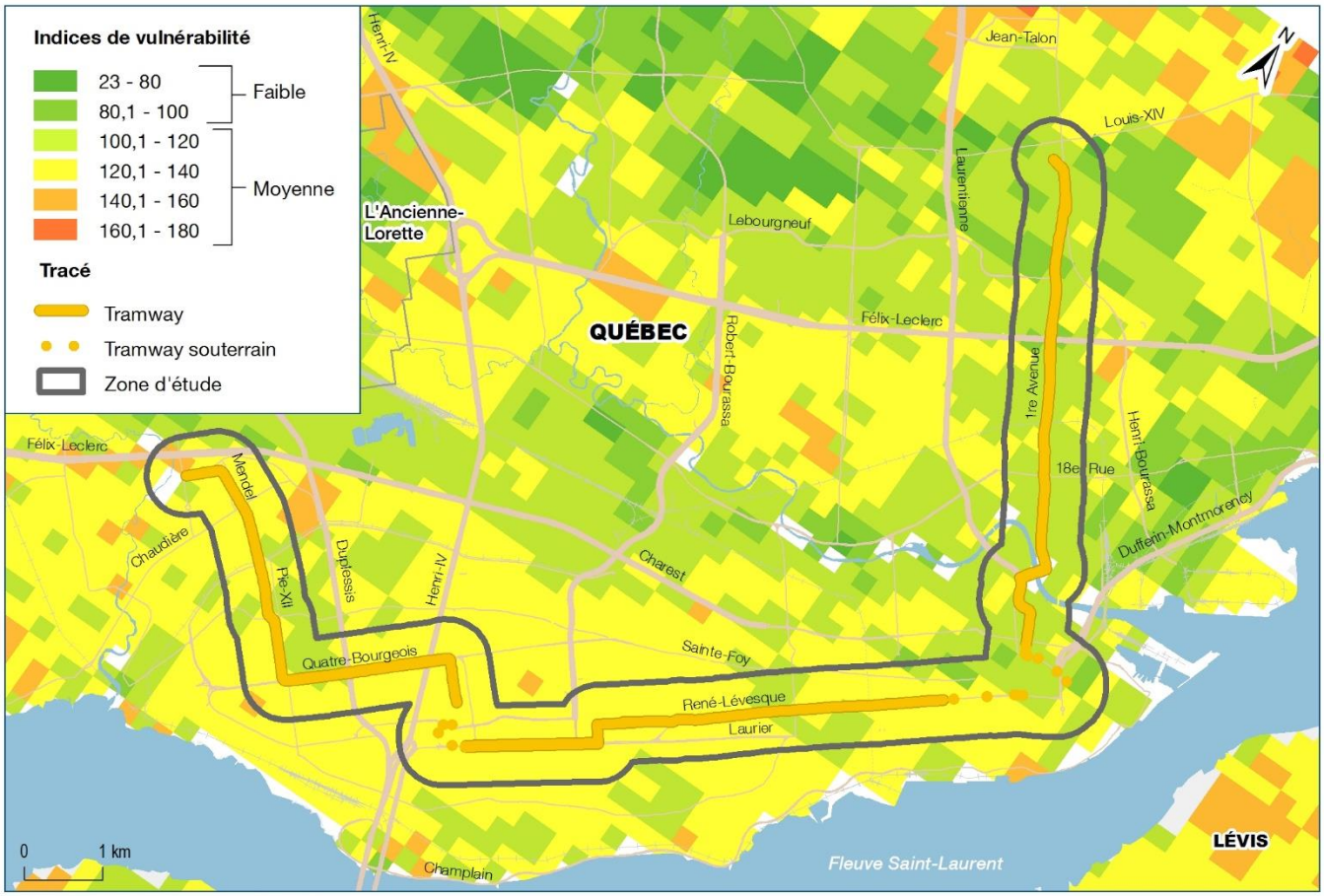
La figure 7.129 illustre les élévations de la nappe d'eau souterraine (piézométrie). Des flèches montrent la direction d'écoulement de l'eau souterraine pour certains secteurs. Une flèche d'écoulement plus longue indique une pente de la nappe plus faible et donc, un écoulement plus lent de l'eau souterraine pour un même type de roche ou de sol. Dans les secteurs Ouest et Centre du tracé du tramway, l'eau souterraine se dirige de part et d'autre du promontoire de Québec. Sur toute la portion sud du promontoire de Québec, les eaux souterraines se dirigent vers le fleuve Saint-Laurent. Dans la portion nord de ce promontoire, l'écoulement se fait en direction de la rivière Saint-Charles. Dans le secteur Est du tracé du tramway, l'écoulement se fait également en direction de la rivière Saint-Charles.



** Une flèche d'écoulement plus longue indique un écoulement plus lent pour un même type de roche ou de sol.*

Figure 7.129 Piézométrie

La figure 7.130 illustre la vulnérabilité des eaux souterraines à partir de la méthode DRASTIC reconnue par le MELCC et calculée par Talbot Poulin *et al.* (2013). Par définition, la vulnérabilité d'un aquifère est sa sensibilité à la pollution de l'eau souterraine à partir de l'émission de contaminants à la surface du sol. À l'échelle de la zone d'étude, la vulnérabilité reste inférieure à un indice DRASTIC de 160 (et même de 140 en grande majorité), 180 étant la limite supérieure de la classe de vulnérabilité moyenne (MELCC, 2019b).



Source abrégée : Talbot Poulin et al. (2013)

Figure 7.130 Indice DRASTIC

Selon les données du SAD de la Ville de Québec (2019a), les prises de captage d'eau potable de surface ou souterraine[27] sont toutes éloignées de plusieurs kilomètres du tracé.

La procédure de classification des eaux souterraines du MELCC (MEF, 1999) permet d'identifier les eaux souterraines qui sont exploitées ou qui présentent un potentiel certain afin de coter leur valeur pour la société. Selon cette procédure de classification, les aquifères en présence seraient de classe III A (Bureau d'étude SRB de Québec et Lévis, 2017). La classe III A est attribuée aux aquifères de la zone d'étude locale, car ils ne constituent ou ne constitueront pas une source d'approvisionnement en eau potable. C'est le cas de zones urbaines où l'approvisionnement en eau repose uniquement sur un réseau de distribution d'eau potable et où le recours à l'eau souterraine ne constitue pas une alternative envisageable à la source actuelle d'approvisionnement en eau.

27. Municipale ou privée, alimentant plus de 20 personnes.

7.5.7 Zones de contraintes

7.5.7.1 Zones de contraintes physiques

Zones de fortes pentes

Le SAD révisé de la Ville de Québec (2019a) cartographie les secteurs susceptibles de comporter une forte pente. Ces milieux, localisés à la figure 7.131, sont caractérisés par une dénivellation supérieure à 25 % et une hauteur de talus supérieure à 5 m. Ces fortes pentes sont classées comme des contraintes naturelles. Ces secteurs sont également considérés comme une zone de contrainte à l'intérieur de la réglementation d'urbanisme. Le tracé du tramway traverse une seule zone identifiée comme comportant de fortes pentes, située au nord du boulevard du Versant Nord.

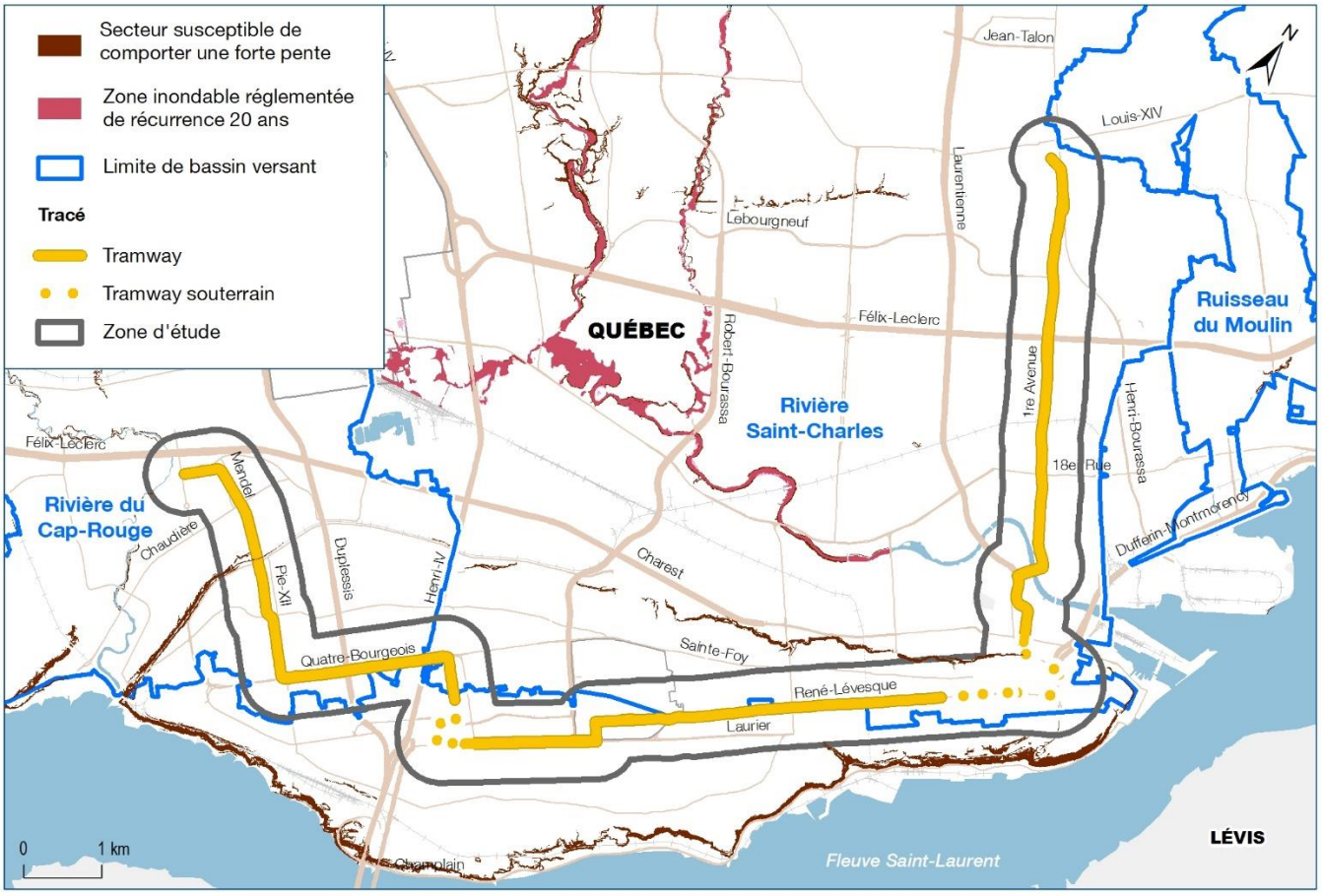


Figure 7.131 Zones de contraintes physiques : secteurs susceptibles de comporter une forte pente et une zone inondable de récurrence 20 ans

Zones inondables

La figure 7.131 localise également la zone inondable de récurrence 20 ans : aucune zone inondable n'est répertoriée à proximité du tracé du tramway.

Risques sismiques[28]

Dans la région de Québec, les failles se trouvent principalement au contact entre le Bouclier canadien et les basses-terres du Saint-Laurent. La réactivation de ces failles profondes est à l'origine de la plupart des tremblements de terre dans la région de Québec et de Charlevoix. Quant aux failles de chevauchement, elles sont habituellement faiblement inclinées et se forment lors de la compression de la croûte terrestre.

Selon la carte des zones sismiques de Ressources naturelles Canada (2016, dans Bureau d'étude SRB de Québec et Lévis, 2017), la zone d'étude locale est située au sud-ouest de la zone sismique de Charlevoix-Kamouraska (ZSC). Localisée à 100 km en aval de la ville de Québec, la ZSC est la zone la plus active de l'Est du Canada. À cet endroit, les séismes se produisent sous le fleuve Saint-Laurent entre ces deux comtés.

Le secteur constituerait l'une des régions habitées les plus à risque du Canada, en considérant aussi certaines régions côtières de la Colombie-Britannique. Plus de 163 tremblements de terre auraient été enregistrés depuis 1990 sur le seul territoire de la communauté métropolitaine de Québec. De ce nombre, environ 40 ont été ressentis et cinq d'entre eux ont eu une amplitude qui a dépassé 4 à l'échelle de Richter. Depuis 1990, l'événement le plus important aurait été d'une amplitude de 5,2, survenu le 5 novembre 1997. Les tremblements de terre d'importance ayant été ressentis sur le territoire ont eu lieu les 28 février 1925 et 25 novembre 1988. L'épicentre de celui de 1925 était probablement Charlevoix-Kamouraska et sa magnitude était de 7 sur l'échelle de Richter. Celui de 1988 a atteint 6,2 et son épicentre était situé au Saguenay. Lors de ces deux événements, les dommages rapportés sur le territoire de la communauté métropolitaine de Québec étaient limités surtout à la Basse-Ville de Québec, en bordure de la rivière Saint-Charles et dans son estuaire. Les risques sismiques seront considérés dans la conception du projet, notamment au niveau géotechnique et lors de la phase d'ingénierie détaillée. Dans ce contexte, les risques ou impacts appréhendés sur l'infrastructure du tramway demeurent de faible importance. En outre, la ville de Québec possède un plan de sécurité civile (2019) permettant de réagir rapidement en cas de situation d'urgence et a développé les lignes directrices pour les plans de mesures d'urgence (PMU) qui devront être développés pour la construction et l'exploitation du tramway du RSTC. Ces plans préliminaires des mesures d'urgence font l'objet du chapitre 10 du présent document.

7.5.7.2 Potentiel de contamination des sols

Cette section présente une synthèse des 17 rapports *d'évaluation environnementale de site – Phase I* réalisés par le Groupe ABS inc. en 2016 et en 2019 pour 17 tronçons distincts le long du tracé projeté du tramway (Groupe ABS inc. 2016a à 2016c, 2018 et 2019a à 2019m). Les tronçons considérés dans le cadre de ces évaluations environnementales de site – Phase I sont localisés à la figure 7.132.

28. La description des risques sismiques est tirée du chapitre de description du milieu présenté dans la version préliminaire (document de travail) du rapport d'étude d'impact relative au Service Rapide par Bus (SRB) de la Ville de Québec (Bureau d'étude SRB de Québec et Lévis, 2017).

Il importe de noter que les études datées de 2016 ont été réalisées dans le cadre du projet de service rapide par bus (SRB) qui était envisagé à l'époque, et non du tramway. Puisque les tronçons du tracé projeté du SRB en 2016 n'ont pas exactement la même délimitation que ceux du tramway, certaines parties des tronçons 9 et 15 sont caractérisées dans les rapports de 2016 et 2019. Finalement, un dernier rapport a été consulté, soit celui de la firme Englobe (2018) qui traite spécifiquement du tronçon 6 le long du tracé projeté du tramway.

L'objectif des études d'ABS a été de déterminer si les terrains en bordure du futur tracé du tramway (ou du SRB pour les études datant de 2016) ont, ou non, un passif environnemental et de faire des recommandations le cas échéant.

Pour bien caractériser l'état environnemental actuel de chacun des sites, les démarches suivantes ont été effectuées :

- recherche de titres;
- consultation des plans et rapports d'assurance incendie disponibles;
- examen des photographies aériennes et images satellites anciennes et récentes;
- consultation de rapports antérieurs touchant de près ou de loin les conditions environnementales du site;
- visite et examen exhaustif des activités actuelles du site;
- consultation des cartes géologiques disponibles (géologie et épaisseur des dépôts meubles);
- consultation des cartes topographiques disponibles;
- examen de la surface du sol et relevé des irrégularités et vérification de l'élimination et de l'entreposage des produits dangereux (huiles usées, peinture, etc.);
- détermination des activités des voisins immédiats et identification d'activités à risque (si accessible);
- entrevues avec des personnes-clés connaissant bien le site à l'étude;
- recherche auprès du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC), de la Régie du bâtiment du Québec (RBQ) et auprès des autorités municipales pour vérifier l'existence d'un dossier pour la propriété à l'étude.

Toutes ces évaluations environnementales de site – Phase I ont été réalisées selon la norme CSA Z768 et le Guide de caractérisation des terrains du MELCC.

Les figures présentées aux pages suivantes (feuillets A à H de la figure 7.132) illustrent, pour chacun des tronçons, la localisation des sites contaminés répertoriés et de ceux représentant une inquiétude environnementale (indices de contamination potentielle) qui ont été identifiés au terme des démarches énumérées ci-dessus.

Pour les sites présentant des indices de contamination potentielle, les recommandations ont été à l'effet de procéder à une étude de caractérisation environnementale – Phase II. Ces caractérisations sont actuellement en cours et les résultats seront disponibles à l'automne 2019.