

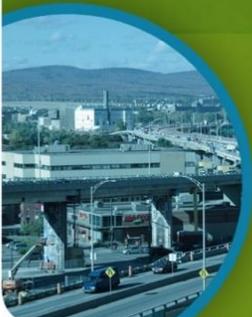
*Mon environnement*  
**MA SANTÉ**

# Portrait des particules en suspension et des métaux dans l'air des quartiers Limoilou, Vanier et Basse-Ville

**DIRECTION DE SANTÉ PUBLIQUE**

Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale

*Mars 2023*



LIMOILOU • VANIER • BASSE-VILLE

Québec 

Ce document est une réalisation de la Direction de santé publique du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale.

### **Coordination**

Sous la coordination d'André Dontigny, M.D., M. Sc., FRCPC, directeur de santé publique du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale et coordonnateur de l'équipe Santé et environnement.

### **Rédaction**

Pierre Walsh, Ph. D., agent de planification, de programmation et de recherche  
Christian Riel-Roberge, M. Sc., agent de planification, de programmation et de recherche  
Philippe Robert, M.D., M. Sc., FRCPC, médecin spécialiste en santé publique et médecine préventive  
Jean-François Duchesne, M. Sc., agent de planification, de programmation et de recherche

### **Collaboration**

Consultant AirMet Science inc.

### **Révision linguistique et mise en page**

Isabelle Mercier, technicienne en administration

### **Remerciements**

Ville de Québec  
Administration portuaire de Québec  
Membres du comité scientifique du projet  
Membres du comité-conseil du projet

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale au : <https://www.ciuss-capitalenationale.gouv.qc.ca/>

La reproduction de ce document est permise, à condition d'en mentionner la source.

Dépôt légal : 2023  
Bibliothèques et Archives nationales du Québec.  
ISBN : 978-2-550-94180-4 (PDF)

Cette publication a été versée dans la banque SANTÉCOM.

**Référence suggérée :** Direction de santé publique du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale. *Mon environnement, ma santé : Portrait des particules en suspension et des métaux dans l'air des quartiers Limoilou, Vanier et Basse-Ville*. Québec, 2023, 71 p.

## Avant-propos

Ce portrait présente les résultats des analyses des concentrations et de la composition chimique en métaux des particules en suspension totales et des concentrations des particules fines du volet qualité de l'air extérieur du projet *Mon environnement, ma santé* (MEMS). Ce projet est une initiative de la Direction de santé publique du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale, en partenariat avec plusieurs acteurs institutionnels et citoyens. Le volet qualité de l'air extérieur vise à répondre à la question « *Quelle est la part des problèmes de santé respiratoire et cardiovasculaire des citoyens des secteurs de Limoilou, de Vanier et de la Basse-Ville attribuable à la qualité de l'air extérieur?* »

Un comité-conseil composé de représentants des principales parties prenantes (municipales, citoyennes, environnementales et industrielles) a priorisé des activités scientifiques, décrites dans le document « *Activités scientifiques* » (DSPublique, 2018a). La concentration et la composition chimique en métaux des particules en suspension totales ont été priorisées principalement en raison des préoccupations citoyennes. L'analyse des concentrations des particules fines a également été réalisée en raison de leurs effets importants sur la santé de la population. Ce portrait a été réalisé grâce aux données de nombreuses stations d'échantillonnage déployées dans la ville de Québec et il est complémentaire au *Portrait de la pollution de l'air à Québec et de certains de ses impacts sur la santé des résidents des territoires des CLSC Limoilou-Vanier et Québec-Basse-Ville*.

Ce document présente des constats ; les recommandations qui en découlent sont présentées dans le document *Faits saillants et recommandations*. Elles sont basées sur l'ensemble du projet MEMS.

## Sommaire

Ce rapport concerne les quartiers Limoilou, Vanier et Basse-Ville (LVBV) pour les années 2018 à 2021. Il brosse le portrait des concentrations de particules en suspension dans l'air (de toutes tailles, appelées particules en suspension totales [PST]), de leur composition en neuf éléments métalliques ainsi que des concentrations en particules fines.

### Particules en suspension totales

Les PST ont été analysées parce qu'elles sont un indicateur de la présence des poussières. Les poussières suscitent des préoccupations pour les citoyens. Les PST ne sont pas un bon indicateur d'effets possibles sur la santé. Les concentrations moyennes des PST sont plus élevées d'environ 32 à 45 % aux stations de LVBV qu'aux stations de Saint-Charles-Garnier (Haute-Ville) et de la bibliothèque Monique-Corriveau (Sainte-Foy), mais elles sont similaires aux concentrations mesurées dans d'autres milieux urbains du Québec, comme Montréal (Anjou, Rosemont). Les concentrations journalières de PST sont relativement peu corrélées avec celles des particules fines ou de métaux toxiques (nickel, arsenic, plomb, cadmium), ce qui suggère qu'elles ont des sources différentes. Elles sont plutôt corrélées avec les concentrations de fer, de calcium et de manganèse. Elles semblent provenir en grande partie de sources urbaines diffuses, principalement de la remise en suspension des poussières issues des sols, par exemple par des travaux de construction, par la circulation routière ou par l'érosion des terrains non recouverts. Entre 2018 et 2021, la norme pour les PST ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a été dépassée pour 1,3 % des mesures dans Vieux-Limoilou, 2,1 % dans Vanier et 18,3 % près de l'autoroute Henri-IV. Des concentrations plus élevées de PST n'indiquent pas forcément une plus grande exposition aux contaminants nocifs, néanmoins les poussières peuvent affecter la qualité de vie des citoyens.

### Composition en éléments métalliques

À l'exception du nickel, les concentrations de métaux dans LVBV sont du même ordre que celles qui sont mesurées dans les autres villes canadiennes et respectent les normes et critères de qualité de l'air.

Bien que les concentrations de nickel et de cobalt soient habituellement très faibles dans LVBV, certains événements journaliers font augmenter leur concentration annuelle moyenne. Les concentrations journalières de ces deux métaux sont corrélées et surviennent presque toujours lorsque les vents proviennent du nord-est. Ces constats supportent la conclusion du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), c'est-à-dire que les concentrations élevées de nickel dans Limoilou proviennent de la manutention de minerai de nickel au port de Québec (Walsh et Brière, 2013). Le risque de cancer du poumon calculé à partir des concentrations actuellement mesurées à la station Vieux-Limoilou serait de l'ordre de 4 à 11 cas supplémentaires pour un million de personnes exposées durant toute leur vie. Ce risque est moindre dans le reste de LVBV. À l'échelle de la population de LVBV, le risque lié au nickel représente moins d'un cas de cancer supplémentaire durant 70 ans. La Direction de santé publique considère ce risque comme étant très faible. Néanmoins, il dépasse le seuil considéré négligeable par les autorités sanitaires (un cas par million de personnes exposées). Pour cette raison, il est souhaitable de mettre

en place de nouvelles mesures pour éviter les épisodes de forte concentration journalière et assurer le respect des normes.

Les concentrations d'arsenic ne sont pas plus élevées dans LVBV que dans les autres secteurs de Québec et elles correspondent au niveau généralement observé en milieu urbain. Les concentrations de cadmium sont plus élevées aux stations du Vieux-Limoilou et de la Haute-Ville, mais demeurent nettement sous les valeurs recommandées pour protéger la santé. Les concentrations de plomb, d'antimoine, de fer, de manganèse et de calcium sont plus élevées dans LVBV par rapport à la Haute-Ville, mais sont comparables à celles qui sont mesurées dans les autres grandes villes canadiennes. Elles ne suscitent pas de préoccupations pour la santé de la population.

### **Particules fines (PM<sub>2,5</sub>)**

Les particules fines sont les plus nocives pour la santé, et ce, même à de très faibles concentrations. Les concentrations moyennes sont plutôt similaires à toutes les stations de Québec, variant d'environ 2,5 µg/m<sup>3</sup>; elles sont plus élevées à Sainte-Foy (école Les Primevères) et à Vieux-Limoilou, et plus faibles en Basse-Ville (CLSC Basse-Ville) et dans Maizerets (CLSC Orléans). À toutes les stations de Québec, les concentrations dépassent de 22 à 92 % la recommandation annuelle de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) : 5 µg/m<sup>3</sup>. La recommandation journalière de l'OMS (15 µg/m<sup>3</sup>) est dépassée durant 11 % des jours à Sainte-Foy (école Les Primevères), 8 % à Vieux-Limoilou et 6 % à Saint-Charles-Garnier. Les particules fines semblent provenir de sources diffuses puisque les concentrations sont relativement similaires selon les directions des vents, et sont corrélées entre les stations. Le chauffage au bois semble contribuer à une augmentation importante des concentrations de particules fines durant la saison froide.

### **Conclusion**

À l'exception du nickel et du cobalt, les concentrations de métaux et de poussières semblent liées à des sources diffuses et se comparent à d'autres milieux urbains. De l'avis de la Direction de santé publique, réduire les concentrations annuelles moyennes de particules fines procurerait les plus grands gains pour la santé de la population de LVBV, et plus largement de la ville de Québec. Santé Canada (2021a) estime qu'elles entraînent environ 269 décès prématurés, 731 épisodes de bronchite chez les enfants et 543 000 journées de symptômes respiratoires aigus chaque année parmi la population de la ville de Québec, ce qui représente une valeur économique de 2,1 milliards de dollars annuellement. Comme les sources sont multiples et diffuses sur le territoire de la ville (et même hors de la ville), la réduction des concentrations de particules fines nécessitera des actions concertées et collectives à l'échelle locale et nationale. Accélérer la lutte aux changements climatiques représente une opportunité d'améliorer la qualité de l'air localement, puisque plusieurs sources de particules fines et d'autres contaminants préoccupants sont aussi émettrices de gaz à effet de serre.



## Table des matières

<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>9</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>10</b>
<b>ABRÉVIATIONS, ACRONYMES, SIGLES ET SYMBOLES.....</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>13</b>
<b>MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>14</b>
STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE.....	14
ÉCHANTILLONNAGE.....	14
ANALYSE DES DONNÉES.....	17
SIGNIFICATION DES RÉSULTATS POUR LA SANTÉ DE LA POPULATION .....	17
COMPARAISON AVEC LES NORMES RÉGLEMENTAIRES.....	18
PRÉSENTATION DES RÉSULTATS.....	18
<b>RÉSULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>19</b>
PARTICULES EN SUSPENSION TOTALES .....	19
<i>PST à la station Vieux-Limoilou .....</i>	<i>19</i>
<i>Comparaison avec les autres secteurs de Québec .....</i>	<i>20</i>
<i>Comparaison avec d'autres villes .....</i>	<i>20</i>
<i>Concentrations journalières élevées .....</i>	<i>21</i>
NICKEL.....	21
<i>Nickel à la station Vieux-Limoilou .....</i>	<i>22</i>
<i>Comparaison avec les autres secteurs de Québec .....</i>	<i>22</i>
<i>Signification pour la santé .....</i>	<i>23</i>
<i>Comparaison avec les normes réglementaires.....</i>	<i>24</i>
COBALT.....	25
<i>Cobalt à la station Vieux-Limoilou.....</i>	<i>25</i>
<i>Comparaison avec les autres secteurs de Québec .....</i>	<i>25</i>
<i>Signification pour la santé et comparaison avec la norme réglementaire.....</i>	<i>25</i>
ARSENIC.....	26
<i>Arsenic à la station Vieux-Limoilou .....</i>	<i>26</i>
<i>Comparaison avec les autres secteurs de Québec .....</i>	<i>27</i>
<i>Signification pour la santé .....</i>	<i>27</i>
CADMIUM.....	27
<i>Cadmium à la station Vieux-Limoilou .....</i>	<i>27</i>
<i>Comparaison avec les autres secteurs de Québec .....</i>	<i>28</i>
<i>Signification pour la santé et comparaison avec la norme réglementaire.....</i>	<i>28</i>
PLOMB.....	28
<i>Plomb à la station Vieux-Limoilou.....</i>	<i>28</i>
<i>Comparaison avec les autres secteurs de Québec .....</i>	<i>29</i>

<i>Signification pour la santé et comparaison avec la norme réglementaire.....</i>	<i>29</i>
<b>ANTIMOINE.....</b>	<b>29</b>
<i>Antimoine à la station Vieux-Limoilou.....</i>	<i>29</i>
<i>Comparaison avec les autres secteurs de Québec.....</i>	<i>29</i>
<i>Signification pour la santé et comparaison avec la norme réglementaire.....</i>	<i>30</i>
<b>MANGANÈSE, FER ET CALCIUM.....</b>	<b>30</b>
<i>Manganèse, fer et calcium à la station Vieux-Limoilou.....</i>	<i>30</i>
<i>Comparaison avec les autres secteurs de Québec.....</i>	<i>31</i>
<i>Signification pour la santé et comparaison avec la norme réglementaire.....</i>	<i>31</i>
<b>PARTICULES FINES.....</b>	<b>32</b>
<i>Particules fines dans Limoilou – Vanier – Basse-Ville.....</i>	<i>32</i>
<i>Comparaison avec les autres secteurs de Québec et de la région.....</i>	<i>33</i>
<i>Signification pour la santé et comparaison avec les normes réglementaires.....</i>	<i>33</i>
<b>AUTRES ÉLÉMENTS DE DISCUSSION.....</b>	<b>35</b>
<i>Limites.....</i>	<i>35</i>
<i>Interactions entre les contaminants.....</i>	<i>35</i>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>36</b>
<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>37</b>
<b>TABLEAUX ET FIGURES SYNTHÉTIQUES.....</b>	<b>41</b>
<b>TABLEAUX ET FIGURES PAR CONTAMINANT.....</b>	<b>46</b>
PARTICULES EN SUSPENSION TOTALES (PST).....	46
NICKEL.....	49
COBALT.....	52
ARSENIC.....	54
CADMIUM.....	56
PLOMB.....	58
ANTIMOINE.....	59
MANGANÈSE, FER ET CALCIUM.....	60
PARTICULES FINES.....	63
<b>ANNEXE A : PRÉCISIONS MÉTHODOLOGIQUES.....</b>	<b>70</b>

## Liste des figures

Figure I – Localisation des stations d'échantillonnage des PST et des éléments métalliques (A) et des particules fines (B) dans LVBV; et rose des vents à la station météorologique de Beauport (B) .....	16
Figure 1 – Concentrations mensuelles moyennes de PST et de métaux dans les PST ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), station Vieux-Limoilou, 2018-2021 .....	41
Figure 2 – Rapports des concentrations moyennes de PST, $\text{PM}_{10}$ , $\text{PM}_{2,5}$ et métaux (dans les $\text{PM}_{10}$ ) selon le nombre d'heures de vents nord-est versus sud-ouest, station Vieux-Limoilou, 2018-2021.....	42
Figure 3 – Concentrations moyennes de $\text{PM}_{10}$ et de métaux dans les $\text{PM}_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans les grandes villes canadiennes, 2018-2019.....	43
Figure 4 – Concentrations moyennes de PST et de métaux ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2019.....	44
Figure PST1 – Variations saisonnières des PST ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) aux différentes stations d'échantillonnage, 2018-2021.....	47
Figure PST2 – Concentrations de PST aux stations du RSQAQ (2018-2021) et aux stations du réseau de la ville de Montréal (2018-2020).....	48
Figure Cobalt1 – Relation entre les concentrations de cobalt et de PST aux stations Vieux-Limoilou et autoroute Henri-IV.....	52
Figure PF1 – Concentrations annuelles moyennes de $\text{PM}_{2,5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) aux stations de Québec et de Deschambault, 2015-2020.....	63
Figure PF2 Rose de pollution – Concentrations moyennes de $\text{PM}_{2,5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) par direction des vents, 2015-2020.....	64
Figure PF2 (suite) Rose de pollution – Concentrations moyennes de $\text{PM}_{2,5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) par direction des vents, 2015-2020.....	65
Figure PF3 – Roses des vents pour les stations météorologiques de l'aéroport Jean-Lesage et de Beauport .....	66
Figure PF4 – Variations saisonnières des $\text{PM}_{2,5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) aux stations de Québec et de Deschambault, 2015-2020.....	67
Figure PF5 – Pourcentage des concentrations journalières de $\text{PM}_{2,5}$ dépassant la ligne directrice de l'OMS ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et de la norme québécoise ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pour les périodes d'échantillonnage .....	69

## Liste des tableaux

Tableau 1. Coefficients de corrélation entre les concentrations journalières appariées de PST, de PM <sub>2,5</sub> et de métaux à la station Vieux-Limoilou, 2018-2019.....	45
Tableau PST1. Concentrations de PST (µg/m <sup>3</sup> ) aux stations de Québec et de Notre-Dame-du-Rosaire, 2018-2021.....	46
Tableau PST2. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées de PST, station Vieux-Limoilou, 2018-2021 .....	46
Tableau PST3. Coefficient de corrélation entre les concentrations journalières de PST aux différentes stations, 2018-2021.....	47
Tableau Nickel1. Concentrations de nickel (µg/m <sup>3</sup> ) dans les PM <sub>10</sub> à Vieux-Limoilou et dans les PST aux stations de Québec, 2018-2021 .....	49
Tableau Nickel2. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées de nickel dans les PM <sub>10</sub> , station Vieux-Limoilou, 2018-2021.....	49
Tableau Nickel3. Risque de cancer selon les concentrations de nickel dans les PM <sub>10</sub> ou PST, mesurées aux stations de Québec entre 2018 et 2021 <sup>A</sup> , selon les risques unitaires établis par les autorités sanitaires <sup>B</sup> .....	50
Tableau Nickel4. Dépassements de la norme journalière du nickel, stations de Québec, 2018-2021 .....	51
Tableau Cobalt1. Concentrations de cobalt (µg/m <sup>3</sup> ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2021.....	52
Tableau Cobalt2. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées de cobalt dans les PM <sub>10</sub> , station Vieux-Limoilou, 2018-2021.....	53
Tableau Cobalt3. Risque de cancer selon les concentrations de cobalt dans les PM <sub>10</sub> ou PST, mesurées aux stations de Québec entre 2018 et 2021 <sup>A</sup> , selon les risques unitaires établis par les autorités sanitaires <sup>B</sup> .....	53
Tableau Arsenic1. Concentrations d'arsenic (µg/m <sup>3</sup> ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2021.....	54
Tableau Arsenic2. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées d'arsenic dans les PM <sub>10</sub> , station Vieux-Limoilou, 2018-2021 .....	54
Tableau Arsenic3. Risque de cancer selon les concentrations d'arsenic dans les PM <sub>10</sub> ou PST, mesurées aux stations de Québec entre 2018 et 2021 <sup>A</sup> , selon les risques unitaires établis par les autorités sanitaires <sup>B</sup> .	55
Tableau Cadmium1. Concentrations de cadmium (µg/m <sup>3</sup> ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2021 .....	56
Tableau Cadmium2. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées de cadmium dans les PM <sub>10</sub> , station Vieux-Limoilou, 2018-2021.....	56
Tableau Cadmium3. Risque de cancer selon les concentrations de cadmium dans les PM <sub>10</sub> ou PST, mesurées aux stations de Québec entre 2018 et 2021 <sup>A</sup> , selon les risques unitaires établis par les autorités sanitaires <sup>B</sup> .....	57
Tableau Plomb1. Concentrations de plomb (µg/m <sup>3</sup> ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2021.....	58
Tableau Plomb2. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées de plomb dans les PM <sub>10</sub> , station Vieux-Limoilou, 2018-2021.....	58
Tableau Antimoine1. Concentrations d'antimoine (µg/m <sup>3</sup> ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2021 .....	59

Tableau Antimoine2. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées d'antimoine dans les PM <sub>10</sub> , station Vieux-Limoilou, 2018-2021.....	59
Tableau MFC1. Concentrations de manganèse (µg/m <sup>3</sup> ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2021.....	60
Tableau MFC2. Concentrations de fer (µg/m <sup>3</sup> ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2021.....	60
Tableau MFC3. Concentrations de calcium (µg/m <sup>3</sup> ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2021.....	60
Tableau MFC4. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées de manganèse ou de fer dans les PM <sub>10</sub> , station Vieux-Limoilou, 2018-2021.....	61
Tableau MFC5. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées de calcium dans les PM <sub>10</sub> , station Vieux-Limoilou, 2018-2021.....	61
Tableau MFC6. Coefficient de corrélation entre les concentrations journalières d'un même métal (manganèse, fer ou calcium) aux stations de LVBV et de la Haute-Ville, 2018-2020.....	62
Tableau PF1. Concentrations de PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) aux stations de Québec et de Deschambault, 2015-2020.....	63
Tableau PF2. Coefficient de corrélation des concentrations journalières de PM <sub>2,5</sub> entre les stations, pour des périodes d'échantillonnage communes.....	68
Tableau PF3. Concentrations moyennes de PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) en fonction des températures et de la vitesse du vent à la station Vieux-Limoilou, 2018 à 2020.....	68

## Abréviations, acronymes, sigles et symboles

<b>ACGIH</b>	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
<b>APQ</b>	Administration portuaire de Québec
<b>ATSDR</b>	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
<b>BMC</b>	Station d'échantillonnage de la bibliothèque Monique-Corriveau
<b>CEAEQ</b>	Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
<b>CIRC</b>	Centre international de Recherche sur le Cancer
<b>CIUSSS-CN</b>	Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale
<b>CLSC</b>	Centre local de services communautaires
<b>DSPublique</b>	Direction de santé publique du CIUSSS de la Capitale-Nationale
<b>IC95%</b>	Intervalle de confiance à 95 %
<b>INSPQ</b>	Institut national de santé publique du Québec
<b>LD</b>	Limite de détection de la méthode d'analyse
<b>LVBV</b>	Limoilou – Vanier – Basse-Ville
<b>MdN</b>	Station d'échantillonnage Maison de Naissance
<b>MELCCFP</b>	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
<b>MEMS</b>	Projet « Mon environnement, ma santé »
<b>NE</b>	Nord-est
<b>NDR</b>	Station d'échantillonnage de Notre-Dame-du-Rosaire
<b>OEHHA</b>	Office of Environmental Health Hazard Assessment
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la santé
<b>PM<sub>10</sub></b>	Particules de 10 µm et moins, aussi appelées particules respirables
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	Particules de 2,5 µm et moins, appelées particules fines
<b>PST</b>	Particules en suspension totales
<b>PVB</b>	Station d'échantillonnage du parc Victorin-Beaucage
<b>QAE</b>	Qualité de l'air extérieur
<b>RAA</b>	Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère
<b>RSQAQ</b>	Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec
<b>RU</b>	Risque unitaire (indique quel risque de cancer est associé à une concentration moyenne de 1 µg/m <sup>3</sup> , 24 h sur 24, durant 70 ans)
<b>SCG</b>	Station d'échantillonnage du Collège Saint-Charles-Garnier
<b>SNPA</b>	Programme de surveillance nationale de la pollution atmosphérique
<b>SO</b>	Sud-ouest
<b>TCEQ</b>	Texas Commission on Environmental Quality
<b>US EPA</b>	United States Environmental Protection Agency
<b>VL</b>	Station d'échantillonnage de Vieux-Limoilou

## Introduction

La Direction de santé publique (DSPublique) du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale (CIUSSS-CN) a élaboré le projet « *Mon environnement, ma santé* » (MEMS). Ce projet vise à documenter le cumul des facteurs de risques et les inégalités sociales de santé liées à l'environnement et à planifier, avec les partenaires du milieu, des interventions visant à les réduire. Le premier volet du projet MEMS porte sur la qualité de l'air extérieur (QAE).

Bien que les concentrations de la majorité des polluants de l'air aient diminué durant la dernière décennie (DSPublique, 2018b), les particules en suspension totales (PST) et leur composition en éléments métalliques et métalloïdes demeurent une source de préoccupations pour de nombreux citoyens et acteurs de la communauté. Quant aux particules fines, elles entraîneraient un nombre important de décès et de problèmes de santé dans la ville de Québec (Santé Canada, 2021a).

Ce portrait des PST, de leur contenu en éléments métalliques et des particules fines dans Limoilou – Vanier – Basse-Ville (LVBV) vise à répondre aux questions suivantes :

1. Quelles sont les concentrations des PST dans LVBV?
2. Quelle est la concentration de certains métaux dans les PST?
3. Est-ce que ces concentrations sont différentes par rapport à d'autres sites de la région et d'autres villes québécoises et canadiennes?
4. Est-ce que la composition en métaux des PST permet de donner une indication de leur provenance?
5. Quelles sont les concentrations des particules fines dans LVBV?
6. Comment les concentrations de PST et de particules fines se comparent-elles aux valeurs recommandées pour protéger la santé et aux normes et critères de qualité de l'air?

Ce portrait devrait servir de base scientifique pour le dialogue entourant la QAE dans LVBV. Il s'adresse principalement aux décideurs municipaux et gouvernementaux concernés par la QAE dans LVBV, mais il est aussi d'intérêt pour les citoyennes et citoyens et les acteurs de la communauté soucieux d'une bonne qualité de l'air dans la ville de Québec.

## Méthodologie

Les contaminants étudiés ont été proposés par le comité scientifique et entérinés par le comité-conseil du projet, qui regroupe les acteurs municipaux, citoyens et industriels locaux. Les concentrations de PST sont étudiées comme indicateur de présence de poussières visibles; un enjeu qui suscite des préoccupations pour de nombreux citoyens de LVBV. Le nickel, l'arsenic, le plomb et le cadmium ont été retenus parce qu'ils peuvent engendrer des risques pour la santé, selon la concentration à laquelle est exposée la population par le biais de l'air extérieur. Le cobalt peut renseigner sur la provenance du nickel, puisqu'il est aussi présent dans le minerai de nickel. Les concentrations de manganèse, de calcium et de fer dans l'air peuvent donner une indication de la provenance des PST, mais ne représentent habituellement pas de risque pour la santé aux concentrations généralement mesurées dans l'air extérieur. L'antimoine est retenu comme indicateur des émissions de la circulation routière, parce qu'il est libéré par l'abrasion des plaquettes de frein. Les particules fines ( $PM_{2,5}$ ), qui représentent une fraction des PST, sont étudiées parce qu'elles sont les plus susceptibles d'affecter la santé et qu'il existe de multiples sources dans les milieux urbains comme LVBV.

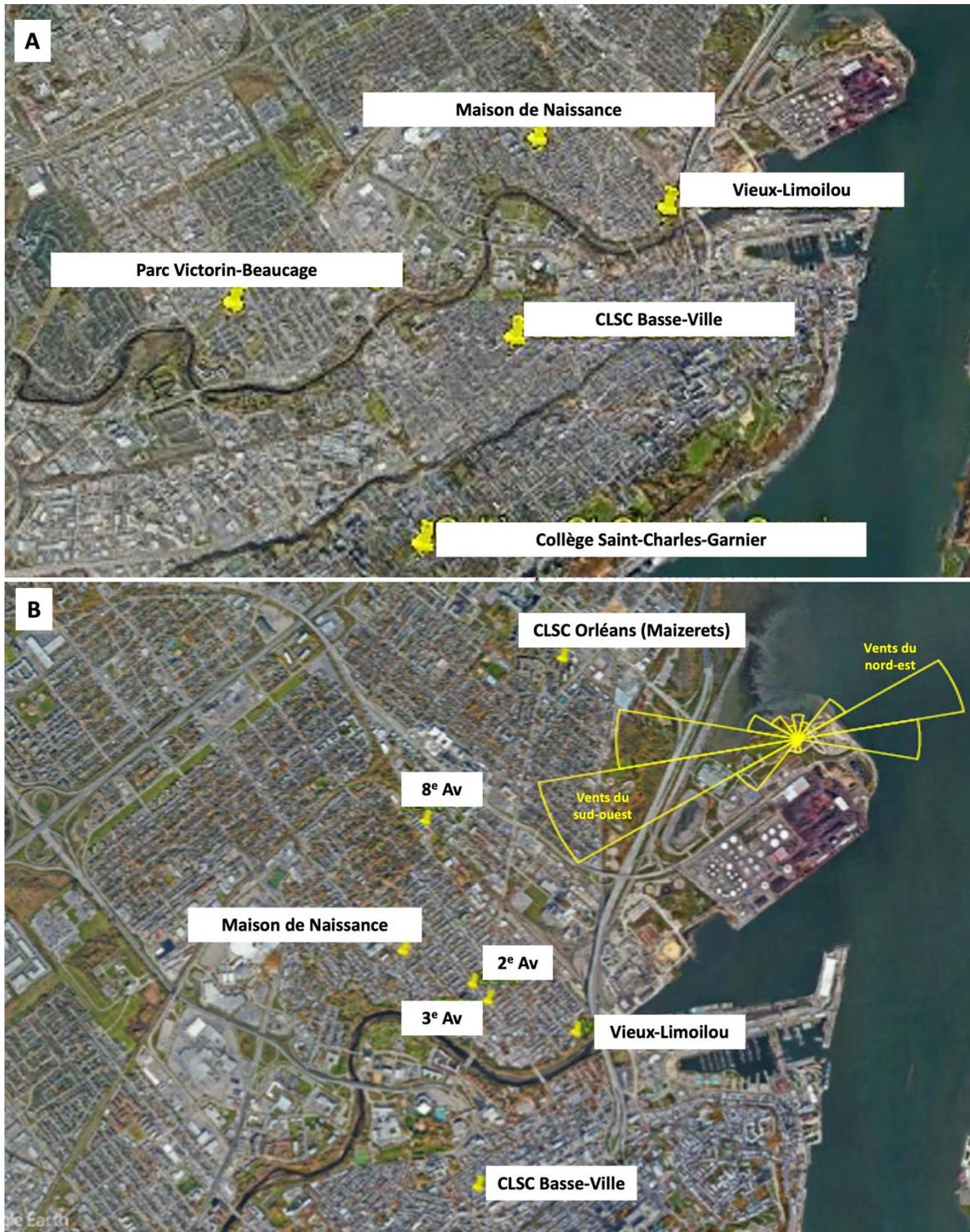
### STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE

Ce portrait se base sur les données provenant des stations d'échantillonnage du *Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec* (RSQAQ), de stations temporaires installées par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) et de trois stations prêtées par l'Administration portuaire de Québec (APQ). Les concentrations de PST et d'éléments métalliques dans l'air ont été mesurées à huit stations dont six proviennent du RSQAQ et deux ont été ajoutées temporairement par le MELCCFP, à la Maison de Naissance (située sur la 1<sup>re</sup> Avenue dans Limoilou) et au CLSC Basse-Ville (situé dans le quartier Saint-Roch). Ainsi, il y a quatre stations dans LVBV (figure IA) : deux stations dans Limoilou (Vieux-Limoilou et Maison de Naissance), une station dans le quartier Saint-Roch (CLSC Basse-Ville) et une station dans Vanier (parc Victorin-Beaucage). Quatre autres stations permettent de comparer la qualité de l'air avec d'autres secteurs : en Haute-Ville (au Collège Saint-Charles-Garnier); à Sainte-Foy (à la bibliothèque Monique-Corriveau); à quelques mètres de l'autoroute Henri-IV, pour estimer la contribution de la circulation routière; et à Notre-Dame-du-Rosaire, en milieu forestier, à des fins de comparaison avec une station sans influence de sources urbaines. Les concentrations de particules fines sont mesurées à dix stations, dont quatre stations du RSQAQ et six stations de l'APQ. Il y avait sept stations dans LVBV (figure IB) : cinq stations dans Limoilou (Vieux-Limoilou, Maison de Naissance, 2<sup>e</sup> Avenue, 3<sup>e</sup> Avenue et 8<sup>e</sup> Avenue), une station en Basse-Ville (CLSC Basse-Ville) et une station dans Maizerets (CLSC Orléans). Elles ont été comparées à trois autres stations : en Haute-Ville (au Collège Saint-Charles-Garnier); à Sainte-Foy (à l'école Les Primevères); et à Deschambault, en milieu rural.

### ÉCHANTILLONNAGE

Les PST ont été prélevées à l'aide d'échantillonneurs (pompes) à haut débit de type *Hi-Vol* de manière séquentielle, c'est-à-dire durant une journée entière tous les six jours, de 2018 à 2021 aux stations du RSQAQ et de 2018 à 2019 pour les stations temporaires Maison de Naissance et CLSC Basse-Ville. Les métaux et métalloïdes ont été échantillonnés de la même manière, mais pour des périodes variables selon les stations, indiquées dans les tableaux de résultats (section « Tableaux et figures

synthétiques »). Les métaux ont été analysés au laboratoire du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). La limite de détection est variable selon les contaminants et précisée au bas de chaque tableau. Pour augmenter le nombre d'échantillons et la précision des analyses, il a été décidé d'utiliser également les concentrations de métaux dans les PM<sub>10</sub> qui sont échantillonnées par échantillonneur *Hi-Vol* aux deux jours à la station Vieux-Limoilou. Les particules fines ont été mesurées en continu (24 heures sur 24; 7 jours sur 7), par des moniteurs *BAM 1020* et *T640* entre 2018 et 2020 aux stations du RSQAQ, ainsi qu'en 2019 pour les stations Maison de Naissance, CLSC Basse-Ville et CLSC Orléans, et par des moniteurs *SHARP 5030* entre 2015 et 2019 aux stations de l'APQ.



Remarque : Les stations de la bibliothèque Monique-Corriveau (Sainte-Foy), de Notre-Dame-du-Rosaire (près de Montmagny), de l'école Les Primevères (Sainte-Foy), de l'autoroute Henri-IV et de Deschambault sont situées hors des limites de la carte.

Figure 1 – Localisation des stations d'échantillonnage des PST et des éléments métalliques (A) et des particules fines (B) dans LVBV; et rose des vents à la station météorologique de Beauport (B)

## ANALYSE DES DONNÉES

Les analyses suivantes ont été effectuées pour chacun des onze contaminants documentés, et sont détaillées dans l'Annexe A :

- description de la variation spatio-temporelle des concentrations;
- analyse de la saisonnalité;
- analyse selon la direction des vents;
- comparaison entre les secteurs de Québec et d'autres villes québécoises et canadiennes;
- corrélation entre les stations et corrélation entre les contaminants.

Les traitements statistiques pour les PST ont été réalisés avec les logiciels Excel et SYSTAT par l'équipe de la DSPublique. Les traitements statistiques pour les particules fines ont été effectués à l'aide du logiciel SAS par le consultant externe AirMet Science inc., mais l'interprétation des résultats a été effectuée par la DSPublique.

## SIGNIFICATION DES RÉSULTATS POUR LA SANTÉ DE LA POPULATION

La signification des résultats pour la santé de la population de LVBV a été évaluée en comparant les résultats aux valeurs recommandées par les autorités sanitaires pour protéger la santé de la population (OMS, US EPA ou ATSDR). Ces valeurs indiquent les concentrations auxquelles des effets sur la santé des individus pourraient survenir selon les autorités sanitaires. Pour les métaux cancérigènes, le risque a été évalué en calculant le nombre de cas supplémentaires de cancer qui pourraient survenir parmi un million de personnes exposées, si elles étaient exposées aux concentrations moyennes actuelles durant toute leur vie (24 heures sur 24, durant 70 ans) (encadré 1). Cette estimation est basée sur les coefficients de risque unitaire publiés par les autorités sanitaires reconnues (Santé Canada, US EPA, OEHHA, TCEQ). Le texte présente les estimations les plus plausibles, alors que les tableaux montrent aussi les résultats selon tous les risques unitaires recensés et en fonction de l'intervalle de confiance à 95 % autour de la concentration moyenne arithmétique. L'utilisation de cette dernière est plus conservatrice et peut amener à surestimer le risque. Les concentrations de métaux présents dans les PST sont utilisées pour effectuer les comparaisons, sauf lorsqu'il est précisé que les concentrations dans les PM<sub>10</sub> ont été utilisées.

### Encadré 1. Interprétation du risque de cancer

Les autorités sanitaires internationales considèrent que le risque de cancer est « négligeable », c'est-à-dire pratiquement nul, lorsqu'il correspond à un cas de cancer ou moins parmi un million de personnes exposées toute leur vie (INSPQ, 2012). Il est toujours souhaitable de réduire le risque au plus bas niveau qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre.

L'acceptabilité du risque est une décision prise et assumée par les autorités compétentes en fonction de la perception du risque des parties prenantes, du contexte social et économique et des valeurs éthiques. À titre indicatif, dans ses lignes directrices, Santé Canada (2021b) accepte généralement un risque de 1 à 10 cas par million de personnes exposées, tandis que l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2012) accepte un risque de 10 cas sur un million. Selon la situation sociale et économique, certaines autorités acceptent jusqu'à 100 cas sur un million de personnes exposées, dans un contexte de santé environnementale (Valcke *et al.*, 2022).

### COMPARAISON AVEC LES NORMES RÉGLEMENTAIRES

Les concentrations de PST, d'éléments métalliques et de particules fines sont aussi comparées aux normes du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA) et aux critères de la qualité de l'air en vigueur au Québec.

### PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Ce portrait présente les résultats de façon à faciliter la compréhension des parties prenantes sur les enjeux de QAE et de santé publique associés à la ville de Québec. Étant donné les multiples analyses réalisées, il a été choisi de présenter dans le corps du texte seulement les résultats jugés les plus pertinents au regard de la santé. La section « Tableaux et figures synthétiques », en fin de document, présente les résultats de façon plus détaillée. Pour faciliter la lecture, il a été choisi de regrouper pour chacun des contaminants les résultats, la discussion et les éléments de contexte jugés pertinents pour l'interprétation des impacts sur la santé.

Le projet MEMS prévoyait initialement un échantillonnage durant la période 2018-2019, mais les données des années subséquentes aux stations permanentes ont été utilisées pour augmenter la puissance des analyses. Les données de la station autoroute Henri-IV, installée en 2020, ont aussi été ajoutées étant donné leur pertinence. Dans les tableaux de résultats, il a été choisi de présenter les données pour toute la période disponible. Dans les figures comparant les concentrations de métaux aux différentes stations, la période se limite aux années 2018-2019, lorsque les données étaient disponibles à toutes les stations (sauf à autoroute Henri-IV).

De plus, pour faciliter l'interprétation par un public diversifié, les figures présentent les concentrations moyennes plutôt que la distribution des concentrations journalières. D'un point de vue de santé publique, c'est généralement l'exposition moyenne à long terme qui entraîne le plus de risques pour la santé. C'est aussi à partir de la concentration moyenne que les risques sont évalués. Lorsque nécessaire, le texte indique si des concentrations journalières dépassent les valeurs de référence journalières.

## Résultats et discussion

### PARTICULES EN SUSPENSION TOTALES

#### Principaux constats

Les concentrations de PST sont plus élevées dans LVBV que dans les autres secteurs étudiés de Québec (excepté près de l'autoroute Henri-IV), mais elles sont comparables aux concentrations mesurées à Montréal et dans certaines villes québécoises. Dans l'ensemble, les PST semblent provenir de sources différentes que les métaux toxiques ou les particules fines. À l'exception de ces derniers contaminants, la concentration totale de particules dans l'air n'entraîne pas de risque important pour la santé physique. Elles peuvent néanmoins affecter la qualité de vie des résidents de LVBV.

Les particules en suspension totales (PST) sont étudiées comme indicateur de la présence des poussières visibles. Celles-ci suscitent des préoccupations auprès des citoyens. Elles comprennent l'ensemble des particules en suspension dans l'air, soit une fraction grossière et une fraction fine (d'un diamètre de 2,5 µm et moins). Comme expliqué dans le *Bilan initial de la qualité de l'air* (DSPublique, 2018b), les plus grosses particules, comme les poussières visibles, se déposent généralement près de leurs sources d'émission. Elles ont un trop grand diamètre pour se rendre en profondeur dans les poumons lorsqu'inhalées; elles sont captées par les sécrétions dans les voies respiratoires supérieures puis excrétées ou avalées. Peu d'études rapportent des effets toxiques directement attribuables aux PST, mais elles peuvent causer des effets d'ordre allergique ou irritant. Par ailleurs, en se déposant sur les surfaces extérieures, ces particules peuvent affecter la qualité de vie des résidents.

L'analyse de la concentration de PST n'est pas un bon indicateur des effets des particules sur la santé; c'est plutôt leur fraction fine qui a le plus d'impacts sur la santé. C'est-à-dire que pour évaluer les effets des PST sur la santé, il vaut mieux mesurer directement leur contenu en particules fines ou en métal. Pour cette raison, les autorités sanitaires n'ont pas adopté de valeur de référence pour les PST. Le RAA préconise que la concentration de PST ne dépasse pas 120 µg/m<sup>3</sup> sur 24 heures pour minimiser les nuisances dues au dépôt de poussières.

D'après les données québécoises de 2020 de l'inventaire d'Environnement et Changements climatiques Canada, les principales sources de PST sont les activités de construction (71 %), les routes pavées (13 %), le chauffage au bois résidentiel (7 %) et l'industrie des minéraux (6 %), en excluant les routes non pavées et l'agriculture, qui sont propres aux milieux ruraux (ECCC, 2022). Les PST peuvent aussi provenir de sources naturelles : l'érosion naturelle des sols, le pollen et les feux de forêt.

#### *PST à la station Vieux-Limoilou*

La concentration moyenne de PST à la station Vieux-Limoilou était de 42,8 µg/m<sup>3</sup> entre 2018 et 2021 (tableau PST1). La concentration de PST est plus élevée au printemps, entre mars et mai, atteignant jusqu'à 70 µg/m<sup>3</sup> (figures 1 et PST1). La concentration de PST est légèrement plus élevée lorsque les vents proviennent du nord-est (figure 2) où se trouvent plusieurs sources d'émissions (ex. : port, autoroute, industries).

Les concentrations des PST sont relativement peu corrélées avec celles des particules fines, ce qui est attendu puisque la fraction grossière des particules, qui représente généralement la masse la plus importante des PST, provient de sources différentes de la fraction fine (tableau 1). Par conséquent, une concentration élevée de poussières visibles n'indique pas nécessairement une exposition plus grande aux particules fines.

Par contre, les concentrations journalières de PST sont fortement corrélées avec les concentrations de fer, de calcium et de manganèse : trois métaux naturellement présents dans les sols. Cela suggère qu'une part importante des PST sont des poussières issues des sols, qui sont remises en suspension dans l'air par les vents et par différentes activités humaines (ex. : les travaux de construction, la circulation routière, l'érosion des terrains non recouverts) (Foucreault et Laberge, 2022). Les concentrations journalières de PST sont relativement peu corrélées avec les métaux toxiques, ce qui suggère qu'elles proviennent de sources différentes (tableau 1).

### *Comparaison avec les autres secteurs de Québec*

Il est attendu d'observer plus de PST dans l'air en milieu urbain, car les sources sont généralement multiples et concentrées : à toutes les stations urbaines (autre que l'autoroute Henri-IV), les concentrations moyennes sont 2,5 à 4 fois plus élevées qu'à la station de Notre-Dame-du-Rosaire, qui est située en milieu forestier (figure 4 et tableau PST1). Les concentrations moyennes dans LVBV sont plus élevées d'environ 32 à 45 % qu'aux stations Saint-Charles-Garnier (Haute-Ville) et bibliothèque Monique-Corriveau (Sainte-Foy). À cette dernière station, durant les travaux de réfection de la route située en face de la station, la concentration a toutefois augmenté, jusqu'à atteindre celle du Vieux-Limoilou. Cela illustre bien l'impact des travaux de construction. La station de l'autoroute Henri-IV se démarque par des concentrations beaucoup plus élevées que les autres, ce qui montre la contribution de la circulation automobile à la remise en suspension des poussières.

Même si les concentrations de PST sont plus élevées dans LVBV, leur variation saisonnière suit celles des concentrations mesurées aux autres stations de la Haute-Ville, de Sainte-Foy et même de Notre-Dame-du-Rosaire (figure PST1). En effet, elles présentent le même effet de saisonnalité, avec des concentrations plus élevées au printemps (figure PST1). Comme cet effet de saisonnalité est aussi présent hors de la ville, elle pourrait s'expliquer par la remise en suspension des particules accumulées dans la neige durant l'hiver et par la présence de pollens (Foucreault et Laberge, 2022). De plus, il y a une forte corrélation entre les concentrations mesurées simultanément aux stations de LVBV, de la Haute-Ville et de Sainte-Foy (tableau PST3). Ainsi, lorsque la concentration est plus élevée à Vieux-Limoilou, elle a aussi tendance à être plus élevée aux autres stations urbaines.

### *Comparaison avec d'autres villes*

La concentration moyenne de PST aux stations de LVBV est du même ordre que d'autres stations urbaines qui peuvent être aussi à proximité de sources de poussières (Anjou, Rosemont, Trois-Rivières, Joliette, Saint-Jérôme et Drummondville) (figure PST2). La concentration mesurée à la station de l'autoroute Henri-IV est beaucoup plus élevée, puisque la station est située à quelques mètres de l'autoroute, entre l'autoroute et une bretelle de sortie. Elle montre l'impact du transport routier sur la

QAE, même si les concentrations qui y sont mesurées surestiment l'exposition réelle de la population vivant près de l'autoroute Henri-IV.

Les concentrations de PST ne sont pas mesurées dans les autres grandes villes canadiennes par le *Programme de surveillance nationale de la pollution atmosphérique* (SNPA). La concentration moyenne de PM<sub>10</sub> à Vieux-Limoilou est toutefois similaire aux concentrations mesurées dans les autres grandes villes du pays (figure 3).

### *Concentrations journalières élevées*

La concentration journalière a dépassé 120 µg/m<sup>3</sup> durant 1,3 % des jours échantillonnés dans Vieux-Limoilou (trois fois entre 2018 et 2021, toujours entre mars et mai), durant 2,1 % des jours échantillonnés dans Vanier (quatre jours entre 2018 et 2021, toujours en mars) et durant 18,3 % des jours échantillonnés près de l'autoroute Henri-IV (17 jours entre 2020 et 2021, entre novembre et avril). Aucun dépassement n'a été observé aux autres stations.

## **NICKEL**

### **Principaux constats**

Bien que les risques du nickel pour la santé soient très faibles, le risque de cancer estimé dans LVBV dépasserait le seuil considéré comme négligeable par les autorités sanitaires, dont la DSPublique. Il est donc nécessaire de mettre en place de nouvelles mesures d'atténuation pour éviter les épisodes de forte concentration journalière, afin de diminuer l'exposition au nickel.

Les résultats des mesures effectuées suggèrent la présence d'une source de nickel située au nord-est de la station Vieux-Limoilou, ce qui supporte la conclusion du MELCCFP, c'est-à-dire que les concentrations plus élevées de nickel dans LVBV sont dues à la manutention de minerai de nickel au port de Québec. Les actions d'atténuation entreprises ces dernières années (ex. : réduction à la source) doivent se poursuivre, car elles contribuent à diminuer les concentrations de nickel dans LVBV.

Les informations du présent document complètent celles des avis de santé publique portant sur le nickel dans Limoilou, qui concluaient que l'exposition à ce métal entraîne un faible risque d'effet sur la santé pour la population de Limoilou (DSPublique, 2013; DSPublique, 2015). La DSPublique y recommandait que le respect des bonnes pratiques en termes de manutention, d'entreposage et autres utilisations du nickel sous toutes ses formes soit de mise, de même que l'utilisation des technologies disponibles pour minimiser le largage de nickel dans l'air extérieur.

Le MELCCFP a identifié la manutention de nickel en vrac au port de Québec comme source probable des concentrations élevées de nickel dans le quartier Limoilou (Walsh et Brière, 2013). Le port reçoit du minerai de nickel de la mine Raglan, sous forme de pentlandite (un composé sulfuré), qui est ensuite chargée sur des trains vers les fonderies de Sudbury, en Ontario. Le nickel affiné (matte de nickel), sous forme de sulfure de nickel, revient par la suite au port de Québec pour être expédié en Europe. Le minerai de nickel contient également du cobalt; d'ailleurs, la mine Raglan produit aussi du cobalt

(Glencore, 2022). Des actions sont mises en place depuis plusieurs années par l'entreprise qui manutentionne le nickel et par le port de Québec pour réduire les émissions de poussières, comme la manutention du minerai de nickel principalement sous couvert, la surveillance accrue des opérations de transbordement ainsi que les activités de nettoyage du site. Ces actions pourraient expliquer la diminution des concentrations annuelles moyennes de nickel entre 2010 et 2015 aux stations de Vieux-Limoilou et de parc Victorin-Beaucage (Vanier), même s'il persiste toujours des dépassements journaliers (DSPublique, 2018b).

### *Nickel à la station Vieux-Limoilou*

Durant la majorité des journées d'échantillonnage, la concentration de nickel dans les PST est demeurée relativement faible, voire sous la limite de détection pour 57 % des journées échantillonnées. Quelques relevés présentent toutefois des concentrations journalières élevées (jusqu'à environ 300 ng/m<sup>3</sup> de nickel dans les PM<sub>10</sub> et plus de 500 ng/m<sup>3</sup> de nickel dans les PST, qui font augmenter la concentration moyenne à 8,4 ng/m<sup>3</sup> dans les PM<sub>10</sub> et à 16,3 ng/m<sup>3</sup> dans les PST [tableau Nickel1]). Il semble ainsi se profiler une concentration de base urbaine, similaire à celle retrouvée dans d'autres villes canadiennes, sur laquelle se superposent des apports ponctuels épisodiques provenant d'une source d'émission spécifique au secteur de Limoilou. Le niveau de base est trop faible pour pouvoir identifier une saisonnalité ou une tendance à long terme. Des concentrations journalières élevées sont identifiées sporadiquement, parfois durant quelques jours consécutifs, parfois espacées de plusieurs mois.

Les épisodes de fortes concentrations dans LVBV semblent surtout survenir lorsque les vents proviennent du nord-est, où se situe le port de Québec : sept des dix concentrations journalières les plus élevées sont survenues lorsque les vents provenaient du nord-est (tableau Nickel2). La proportion de nickel dans les particules est neuf fois plus élevée durant les journées dominées par des vents du nord-est que pour les journées dominées par des vents du sud-ouest (figure 2).

Le nickel est faiblement corrélé avec les PST ou avec les particules fines, ce qui signifie que les concentrations élevées de nickel ne surviennent pas nécessairement lors des journées présentant de fortes concentrations en particules totales ou fines (tableau 1). Les concentrations journalières de nickel sont toutefois fortement corrélées avec celles du cobalt, ce qui signifie que les concentrations élevées de nickel ont tendance à survenir en même temps que les concentrations élevées de cobalt<sup>1</sup> (tableau 1).

Il est à noter que la concentration moyenne annuelle de nickel dans les PM<sub>10</sub> est de sept à dix-sept fois plus élevée à la station Vieux-Limoilou qu'aux stations des autres grandes villes canadiennes (figure 3).

### *Comparaison avec les autres secteurs de Québec*

Les stations Vieux-Limoilou et CLSC Basse-Ville se démarquent par des concentrations moyennes plus élevées que celles observées ailleurs sur le territoire de la ville de Québec (figure 4 et tableau Nickel1).

---

<sup>1</sup> Cet aspect est discuté plus en détail dans la section sur le cobalt.

Ces stations sont d'ailleurs les plus influencées par les vents nord-est, qui balaient le port de Québec. Les concentrations sont plus faibles aux stations Saint-Charles-Garnier, Maison de Naissance et parc Victorin-Beaucage, et encore moindres aux stations bibliothèque Monique-Corriveau et autoroute Henri-IV. Les faibles concentrations à proximité de l'autoroute Henri-IV indiquent que les autoroutes, présentes en périphérie du secteur Limoilou, ne devraient pas être une source importante de nickel. À la bibliothèque Monique-Corriveau, le nickel a été détecté une seule fois : à ce moment, les vents venaient de l'est et toutes les stations à Québec ont alors présenté des concentrations élevées de nickel. Selon les conditions météorologiques et les activités de manutention du minerai menées au port, le nickel peut donc parfois être détecté sur une grande partie du territoire de Québec.

### *Signification pour la santé*

Afin d'évaluer le risque de cancer, les autorités sanitaires (Santé Canada, OMS, US EPA, ATSDR) ont établi des risques unitaires pour le nickel qui assument que le risque augmente avec l'exposition, et qu'il n'y a théoriquement pas de seuil sans risque. Suivant cette approche, l'exposition aux concentrations moyennes au nickel mesurées à la station Vieux-Limoilou correspondrait à un risque de cancer du poumon variant entre 4 et 11 cas<sup>2</sup> pour un million de personnes exposées 24 h sur 24 durant toute leur vie (tableau Nickel3). Cette estimation est basée sur des valeurs de référence élaborées pour des composés sulfurés de nickel, tels que la pentlandite. En effet, des analyses avaient démontré en 2013 que l'essentiel du nickel mesuré à la station Vieux-Limoilou était sous la forme de pentlandite. Il n'y a pas de donnée probante indiquant que la situation ait changé. Le risque n'est pas homogène dans LVBV, puisque les concentrations de nickel sont plus faibles aux autres stations, incluant celle de la Maison de Naissance. Le risque de cancer pour LVBV est ainsi considéré très faible<sup>3</sup>, mais dépasse le niveau considéré négligeable par la DSPublique et les autorités sanitaires.

Cette approche prudente a été privilégiée parce que les autorités sanitaires publient des risques unitaires sans seuil, et qu'ils ont été employés par d'autres évaluations en contexte canadien (Cancer Care Ontario et Public Health Ontario, 2016; CAREX Canada, 2011; Valcke *et al.*, 2022). Par contre, la DSPublique note que, selon un comité d'experts européens en santé au travail, les mécanismes de cancérogénicité du nickel seraient surtout indirects, ce qui signifie qu'il existerait un niveau d'exposition sans risque de cancer (Committee for Risk Assessment, 2018). Dans cette perspective, la

---

<sup>2</sup> Le tableau Nickel3 présente une estimation du risque en faisant varier différents paramètres; les risques se situent entre 2,2 et 30 cas par million de personnes exposées. L'estimation la plus plausible d'après la DSPublique est de l'ordre de 4 à 11 cas par million de personnes, parce qu'elle est basée sur la moyenne arithmétique de la concentration de nickel dans les PM<sub>10</sub>, et sur les risques unitaires de Santé Canada et de l'US EPA. La concentration dans les PM<sub>10</sub> représente les particules suffisamment petites pour se rendre en profondeur dans les poumons. Les risques unitaires de Santé Canada et de l'US EPA sont basés sur des composés sulfurés comme la pentlandite.

<sup>3</sup> À titre indicatif, si une population de 88 000 personnes (comme celle dans LVBV) était exposée durant toute sa vie aux concentrations moyennes mesurées à Vieux-Limoilou (les plus élevées de LVBV), ce risque correspondrait au maximum à un cas de cancer sur 70 ans. Le nombre réel serait sans doute moindre puisque les concentrations sont plus basses aux autres stations de LVBV.

norme annuelle québécoise (20 ng/m<sup>3</sup>) protègerait aussi du cancer. Il est possible que le consensus scientifique évolue au cours des prochaines années.

La concentration moyenne de nickel dans les PM<sub>10</sub> (8,4 ng/m<sup>3</sup>) mesurée à la station Vieux-Limoilou est inférieure aux seuils recommandés pour éviter des effets respiratoires à la suite d'une exposition de longue durée, soit 14 ng/m<sup>3</sup> pour les composés autres que les oxydes de nickel (OEHHA, 2012), 47 ng/m<sup>3</sup> pour les composés solubles (MELCC, 2021) et 90 ng/m<sup>3</sup> (ATSDR, 2005) pour le sulfate de nickel. Cette comparaison est conservatrice puisque ces valeurs sont basées sur des composés solubles de nickel, qui auraient une plus grande toxicité respiratoire que les composés peu solubles comme la pentlandite (ATSDR, 2005).

Concernant les effets aigus, toutes les concentrations journalières, même les plus élevées, sont plusieurs centaines de fois inférieures aux concentrations pour lesquelles des effets ont été observés chez les humains (1 000 000 ng/m<sup>3</sup>) ou chez les animaux (100 000 ng/m<sup>3</sup>) (DSPublique, 2015). Le risque d'effets aigus est donc très faible.

Sur la base des calculs effectués et en tenant compte des incertitudes sur le mécanisme de cancérogénicité du nickel, la DSPublique considère que les risques pour la santé liés à l'exposition au nickel dans le secteur Limoilou sont très faibles. Néanmoins, la DSPublique juge que la norme journalière doit être respectée. De plus, puisque le nickel est un cancérigène, les moyens disponibles doivent être mis en place pour diminuer les émissions. Si toutes les concentrations journalières dépassant la norme journalière (70 ng/m<sup>3</sup>) étaient retirées des calculs de risques pour le cancer, la concentration annuelle moyenne à Vieux-Limoilou diminuerait à 3,4 ng/m<sup>3</sup>. Le risque estimé de cancer serait alors de 1,6 à 4 cas par million, ce qui se rapprocherait d'un risque négligeable et qui se situerait dans la zone de risque acceptable pour des autorités reconnues comme Santé Canada et l'OMS.

### *Comparaison avec les normes réglementaires*

La norme annuelle du RAA vise à limiter le risque de cancer populationnel à un niveau jugé acceptable par le gouvernement en tenant compte des enjeux économiques, tandis que la norme journalière vise à éviter des effets à court terme sur la santé des individus exposés. La concentration moyenne de nickel dans les PM<sub>10</sub> à Vieux-Limoilou est 58 % plus faible que la norme annuelle de 20 ng/m<sup>3</sup> en vigueur depuis avril 2022. La norme journalière actuelle (70 ng/m<sup>3</sup>) aurait été dépassée environ une journée sur trente (3,4 %) à Vieux-Limoilou entre 2018 et 2021 (tableau Nickel4). En comparaison, la norme qui était en vigueur au moment de l'échantillonnage (14 ng/m<sup>3</sup>) a été dépassée dans 8,3 % des journées.

## COBALT

### Principaux constats

L'exposition au cobalt pourrait entraîner un risque faible, mais non négligeable de cancer dans LVBV, mais le calcul de ce risque demeure incertain en l'absence de spéciation de la forme de cobalt à laquelle la population est exposée.

Les données supportent la conclusion que les concentrations journalières élevées de nickel et de cobalt sont liées aux activités de manutention de minerai de nickel au port de Québec. À cet égard, une diminution des émissions de nickel réduirait par le fait même l'exposition et le risque potentiel associé au cobalt.

Le cobalt est retenu dans ce portrait afin de fournir des informations complémentaires sur la provenance du nickel dans l'air extérieur, puisqu'il est présent dans le minerai de nickel manutentionné au port de Québec.

### *Cobalt à la station Vieux-Limoilou*

Les concentrations de nickel et de cobalt sont fortement corrélées entre elles à la station Vieux-Limoilou (tableau 1). Les concentrations de cobalt sont influencées par les vents du nord-est (figure 2). D'ailleurs, parmi les dix plus fortes concentrations journalières de cobalt, sept sont survenues lorsque les vents dominants provenaient du nord-est, et huit correspondaient aussi aux plus fortes concentrations de nickel (tableau Cobalt2). Ces fortes concentrations sont vraisemblablement associées aux activités de manutention de minerai de nickel au port de Québec.

La concentration de cobalt à la station Vieux-Limoilou (mesurée dans les PM<sub>10</sub>) ne peut pas être comparée aux autres villes canadiennes, puisque le SNPA la mesure dans les particules fines.

### *Comparaison avec les autres secteurs de Québec*

Comme pour le nickel, les concentrations moyennes de cobalt sont plus élevées à la station Vieux-Limoilou, moins élevées aux autres stations de LVBV alors que la station Collège Saint-Charles-Garnier (Haute-Ville) présente les plus faibles concentrations (figure 4 et tableau Cobalt1). Même si les concentrations moyennes de cobalt sont similaires aux stations de l'autoroute Henri-IV et du Vieux-Limoilou, elles ne semblent pas provenir des mêmes sources. À la station de l'autoroute Henri-IV, les concentrations de cobalt sont corrélées avec les PST, où elles sont plus abondantes qu'à la station Vieux-Limoilou; dans ce contexte, le cobalt pourrait donc provenir de la remise en suspension des poussières générée par la circulation routière (figure Cobalt1). À la station Vieux-Limoilou, les concentrations de cobalt ne sont pas corrélées avec les PST, mais elles le sont avec celles du nickel, indiquant que les deux métaux partagent une source commune d'émission (figure Cobalt1 et tableau 1).

### *Signification pour la santé et comparaison avec la norme réglementaire*

Le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC) a récemment classé certaines formes de cobalt comme « probablement » cancérigènes (cobalt métallique et sels de cobalt solubles) ou

« possiblement » cancérigènes (sulfure et oxydes), alors que les autres formes demeurent non classifiables (Karagas *et al.*, 2022). Il demeure donc incertain que les formes de cobalt retrouvées dans l'air de LVBV soient cancérigènes. Le risque pourrait être d'environ trois cas de cancer du poumon pour un million de personnes exposées durant toute leur vie aux concentrations actuellement observées dans Vieux-Limoilou<sup>4</sup> (tableau Cobalt3). Le risque serait légèrement plus faible pour les populations localisées près des autres stations de LVBV. Ce risque dépasse le seuil considéré négligeable, mais demeure faible.

Par ailleurs, à toutes les stations, les concentrations moyennes de cobalt sont 143 à 526 fois plus faibles que la valeur pouvant entraîner des effets chroniques autres que le cancer, soit 0,1 µg/m<sup>3</sup> (ATSDR, 2004). Cette valeur est aussi le critère de qualité de l'air en vigueur au Québec.

## ARSENIC

### Principaux constats

Les concentrations d'arsenic dans l'air extérieur de LVBV ne sont pas plus élevées que dans les autres secteurs de Québec. Elles correspondent au niveau généralement observé en milieu urbain, même en l'absence de source industrielle particulière. Toutes les concentrations journalières sont largement sous la valeur recommandée pour protéger la santé. Les données n'orientent pas vers une source locale spécifique d'arsenic.

L'arsenic et ses composés inorganiques sont classés cancérigènes (groupe 1 du CIRC). Il est attendu de retrouver de l'arsenic dans l'air extérieur, à des concentrations d'environ 2 ng/m<sup>3</sup>, en raison d'une multitude de sources naturelles et anthropiques (ATSDR, 2007 et MELCC, 2011).

### Arsenic à la station Vieux-Limoilou

Pour la période à l'étude, la concentration moyenne d'arsenic dans les PST à la station Vieux-Limoilou est de 1,8 ng/m<sup>3</sup>, ce qui est sous la norme québécoise (3 ng/m<sup>3</sup>) et près des concentrations généralement rencontrées en milieux urbains (tableau Arsenic1). Les observations sur la saisonnalité et l'influence des vents ne permettent pas d'identifier de sources particulières à Limoilou : les concentrations semblent plus élevées en été, tandis que les concentrations d'arsenic ne semblent pas influencées par les vents (figures 1 et 2).

Alors que les concentrations d'arsenic sont peu ou pas corrélées avec celles d'autres métaux, les plus fortes concentrations journalières d'arsenic sont survenues en même temps que les quatre plus fortes concentrations de fer et de manganèse (tableaux Arsenic2 et MFC4). Durant ces journées, les vents dominants provenaient autant du nord-est que du sud-ouest, ce qui ne suggère pas de source spécifique.

---

<sup>4</sup> L'estimation est basée sur la concentration moyenne de cobalt dans les PM<sub>10</sub> à Vieux-Limoilou et la moyenne géométrique des risques unitaires de trois autorités sanitaires (US EPA, OEHHA et TCEQ).

La concentration d'arsenic à la station Vieux-Limoilou (mesurée dans les  $PM_{10}$ ) ne peut pas être comparée aux autres villes canadiennes, puisque le SNPA la mesure dans les  $PM_{2,5}$ .

### *Comparaison avec les autres secteurs de Québec*

La concentration moyenne d'arsenic dans Vieux-Limoilou est similaire aux concentrations mesurées dans les autres secteurs de Québec (figure 4 et tableau Arsenic1).

### *Signification pour la santé*

Même en l'absence de sources industrielles spécifiques, les concentrations d'arsenic, notamment associées aux concentrations présentes dans l'air en milieu urbain, peuvent être suffisantes pour dépasser le risque cancérigène considéré négligeable. Le risque de cancer du poumon lié à l'arsenic est similaire dans tous les secteurs étudiés (environ trois cas de cancer pour un million de personnes exposées durant toute leur vie) et correspond au risque attendu dans un milieu urbain même en l'absence de source industrielle (3,8 cas par million de personnes exposées au niveau de fond d'arsenic dans l'air extérieur)<sup>5</sup> (tableau Arsenic3).

Toutes les concentrations journalières (incluant la plus élevée,  $74 \text{ ng/m}^3$ ) sont largement sous la valeur recommandée par l'ATSDR pour protéger les enfants à naître et en bas âge ( $200 \text{ ng/m}^3$ ) (Valcke *et al.*, 2022).

## **CADMIUM**

### **Principaux constats**

Les concentrations de cadmium mesurées dans l'air extérieur de LVBV sont nettement inférieures aux seuils recommandés pour protéger la santé.

Le cadmium et ses composés sont des éléments toxiques et cancérigènes avérés chez l'homme (groupe 1 du CIRC). La norme québécoise est de  $3,6 \text{ ng/m}^3$ , établie pour limiter le risque de cancer du poumon.

### *Cadmium à la station Vieux-Limoilou*

La concentration moyenne de cadmium dans les PST est de  $0,24 \text{ ng/m}^3$ , ce qui est 15 fois sous la norme québécoise. D'ailleurs, dans la moitié des échantillons prélevés, la concentration de cadmium est trop faible pour qu'elle soit détectée (tableau Cadmium1). Les concentrations de cadmium sont mieux corrélées avec les concentrations de particules fines qu'avec celles des PST (tableau 1). Il y a davantage

---

<sup>5</sup> L'estimation est basée sur la concentration moyenne d'arsenic dans les  $PM_{10}$  et la moyenne géométrique des risques unitaires de cinq autorités sanitaires (Santé Canada, US EPA, OEHHA, OMS et TCEQ). Le risque calculé serait plus élevé avec le risque unitaire de Santé Canada, mais correspondrait toujours au risque attendu en milieu urbain, et uniforme pour tous les secteurs de Québec.

de cadmium dans les particules portées par les vents du nord-est (figure 2). Les concentrations sont toutefois trop faibles pour observer une saisonnalité claire.

La concentration moyenne de cadmium dans les PM<sub>10</sub> à Vieux-Limoilou est similaire aux concentrations mesurées dans les autres villes canadiennes (figure 3).

### *Comparaison avec les autres secteurs de Québec*

La concentration moyenne de cadmium à la station Vieux-Limoilou est plus élevée qu'aux autres stations de LVBV. La station Collège Saint-Charles-Garnier présente aussi une concentration moyenne plus élevée de cadmium, similaire à celle de Vieux-Limoilou (tableau Cadmium1). Les concentrations sont plus faibles aux stations les plus à l'ouest (bibliothèque Monique-Corriveau et autoroute Henri-IV).

### *Signification pour la santé et comparaison avec la norme réglementaire*

À toutes les stations, le risque de cancer du poumon lié au cadmium est négligeable (tableau Cadmium3).

Les concentrations moyennes de cadmium sont environ 15 à 30 fois plus faibles que la norme annuelle du RAA (3,6 ng/m<sup>3</sup>) et largement sous la valeur recommandée par l'ATSDR pour protéger les reins (10 ng/m<sup>3</sup>) (Valcke *et al.*, 2022).

De plus, toutes les concentrations journalières (maximum de 2 ng/m<sup>3</sup>) sont très largement sous la valeur recommandée par l'ATSDR pour éviter des effets néfastes à court terme (30 ng/m<sup>3</sup>) (Valcke *et al.*, 2022).

## **PLOMB**

### **Principaux constats**

Les concentrations actuelles de plomb dans l'air extérieur de LVBV ne suggèrent pas de sources spécifiques et ne suscitent pas de préoccupations pour la santé de la population.

L'air extérieur contribue à une faible part de l'exposition populationnelle au plomb depuis l'interdiction d'intégrer des additifs au plomb dans l'essence en 1993 (Santé Canada, 2019).

### *Plomb à la station Vieux-Limoilou*

La concentration moyenne de plomb est très faible dans ce secteur (3,4 ng/m<sup>3</sup>); les niveaux sont trop bas pour être détectés dans 28 % des échantillons (tableau Plomb1). Les analyses de saisonnalité et de vents ne suggèrent pas de sources particulières (figures 1 et 2).

La concentration moyenne de plomb dans les PM<sub>10</sub> à Vieux-Limoilou est similaire aux concentrations mesurées dans les autres villes canadiennes (figure 3).

### *Comparaison avec les autres secteurs de Québec*

Les concentrations moyennes de plomb dans les PST sont similaires aux stations Vieux-Limoilou, Maison de Naissance et CLSC Basse-Ville, mais sont 30 à 48 % plus élevées qu'en Haute-Ville (tableau Plomb1). Les concentrations à ces trois stations de LVBV sont du même ordre de grandeur que la concentration mesurée près de l'autoroute Henri-IV (figure 4). La circulation autoroutière pourrait donc contribuer aux concentrations mesurées, même en absence de plomb dans l'essence.

### *Signification pour la santé et comparaison avec la norme réglementaire*

La concentration moyenne de plomb à Vieux-Limoilou est 147 fois plus faible que la recommandation de l'OMS (500 ng/m<sup>3</sup>) et 30 fois plus faible que la norme québécoise (100 ng/m<sup>3</sup>). De plus, toutes les concentrations journalières (maximum de 21 ng/m<sup>3</sup>) sont très largement sous la valeur repère provisoire proposée par l'INSPQ (350 ng/m<sup>3</sup>) pour éviter les effets sur le développement des enfants (Valcke *et al.*, 2022). Donc, même s'il n'y a pas de niveau d'exposition au plomb sans risque pour la santé, le risque d'effets sur la santé est très faible dans Vieux-Limoilou.

## **ANTIMOINE**

### **Principaux constats**

Les concentrations d'antimoine mesurées dans l'air extérieur de LVBV sont bien inférieures aux seuils recommandés pour protéger la santé. L'antimoine est moins souvent détecté dans LVBV qu'en bordure de l'autoroute Henri-IV, mais plus souvent qu'en Haute-Ville, suggérant que LVBV puisse être plus influencé par la pollution issue de la circulation routière que la Haute-Ville.

L'antimoine est un indicateur des émissions de la circulation routière, puisqu'il est présent dans les plaquettes de freins et libéré lors de leur abrasion (Varrica *et coll.*, 2013). Des effets sur la santé pourraient survenir à une concentration moyenne dépassant 300 ng/m<sup>3</sup> (ATSDR, 2019).

### *Antimoine à la station Vieux-Limoilou*

La concentration moyenne d'antimoine est de 1,2 ng/m<sup>3</sup> (tableau Antimoine1). L'antimoine n'est pas détectable dans presque la moitié des échantillons (tableau Antimoine1).

La concentration moyenne d'antimoine dans les PM<sub>10</sub> à Vieux-Limoilou est similaire aux concentrations mesurées dans les autres villes canadiennes (figure 3).

### *Comparaison avec les autres secteurs de Québec*

L'antimoine est plus souvent détecté près de l'autoroute Henri-IV (84 % des échantillons). L'antimoine est détecté dans 51 % des échantillons à Vieux-Limoilou, soit plus souvent qu'aux autres stations de LVBV (40 à 45 %) et qu'en Haute-Ville (31 %) (tableau Antimoine1). Cela indique que LVBV pourrait être davantage influencé par la pollution issue de la circulation routière que la Haute-Ville.

### *Signification pour la santé et comparaison avec la norme réglementaire*

À toutes les stations, les concentrations moyennes d'antimoine sont 43 à 250 fois plus faibles que la valeur de référence de l'US EPA (200 ng/m<sup>3</sup> pour le trioxyde d'antimoine) (US EPA, 1995), et 65 à 375 fois plus faibles que la valeur de référence de l'ATSDR (300 ng/m<sup>3</sup>) (ATSDR, 2019) pour prévenir les effets chroniques sur la santé. Les concentrations moyennes d'antimoine sont aussi de 37 à 213 fois plus faibles que la norme réglementaire québécoise (170 ng/m<sup>3</sup>). L'antimoine trivalent a récemment été classé comme probablement cancérigène par le CIRC (groupe 2A, pour le cancer du poumon), tandis que l'antimoine pentavalent demeure non classifiable (Karagas *et al.*, 2022). Le risque populationnel associé à de telles expositions n'a pas pu être calculé dans le cadre de ce portrait, puisque les autorités sanitaires n'ont pas élaboré de coefficient de risque unitaire pour l'antimoine. Le risque n'est vraisemblablement pas significatif, puisque l'antimoine était rarement détecté.

## **MANGANÈSE, FER ET CALCIUM**

### **Principaux constats**

Les concentrations de manganèse, de fer et de calcium dans l'air extérieur ne sont pas suffisantes pour affecter la santé de la population de LVBV.

Les concentrations de PST sont étroitement liées à celles de ces métaux, ce qui suggère qu'une part importante provient de la remise en suspension de poussières issues des sols par les vents, les travaux de construction, la circulation routière et certaines activités industrielles.

Le manganèse, le fer et le calcium n'ont pas été étudiés en raison de leurs effets potentiels sur la santé, mais plutôt parce qu'ils peuvent renseigner sur la provenance des PST. En effet, ces trois métaux sont des éléments abondants dans les sols et peuvent indiquer que les PST proviennent de poussières remises en suspension dans l'air par les vents, par des travaux de construction, par la circulation routière ou par des activités industrielles.

### *Manganèse, fer et calcium à la station Vieux-Limoilou*

Ces trois métaux sont corrélés aux PST (tableau 1). De plus, leur patron de concentration suit les mêmes variations saisonnières que les PST (plus élevée au printemps) et ils se retrouvent généralement dans les particules plus grossières (figure 1). En effet, 47 % du fer, 58 % du calcium et 68 % du manganèse se retrouvent dans les particules de diamètre supérieur à 10 micromètres<sup>6</sup>. Même si la concentration de ces métaux est légèrement plus élevée lorsque les vents proviennent du nord-est (figure 2), il n'y a pas de différence marquée comme le nickel, ce qui suggère que les sources sont diffuses.

---

<sup>6</sup> D'après la comparaison des concentrations dans les PM<sub>10</sub> et dans les PST, mesurées avec un échantillonneur *Hi-Vol*.

En comparaison avec les autres villes canadiennes, les concentrations moyennes de ces métaux dans les PM<sub>10</sub> sont similaires à Vieux-Limoilou (figure 3).

### *Comparaison avec les autres secteurs de Québec*

De manière générale, les concentrations de manganèse, de fer et de calcium sont plus élevées aux stations de LVBV en comparaison avec la station Collège Saint-Charles-Garnier en Haute-Ville : de 12 à 47 % pour le manganèse, de 33 à 68 % pour le fer et de 29 à 86 % pour le calcium (figure 4). Cette différence semble surtout due au fait qu'il y a davantage de PST dans LVBV (32 à 45 %), plutôt qu'à une différence marquée dans la composition des PST aux autres stations. De plus, les concentrations journalières sont fortement corrélées entre les stations, ce qui indique qu'elles sont influencées par des sources diffuses (tableau MFC6).

Par ailleurs, comme pour les PST, les concentrations les plus élevées de ces trois métaux sont observées près de l'autoroute Henri-IV, ce qui illustre la contribution de la circulation routière sur la suspension des particules (figure 4).

### *Signification pour la santé et comparaison avec la norme réglementaire*

Pour toutes les stations, les concentrations de manganèse dans les PST sont environ deux à cinq fois plus faibles que la valeur pouvant entraîner des effets sur la santé (50 ng/m<sup>3</sup>) d'après Santé Canada (2010) et l'US EPA (1993). Les organisations scientifiques n'ont pas établi de valeur de référence pour le fer et le calcium puisque ces métaux ne représentent généralement pas de risque pour la santé aux concentrations présentes dans l'air extérieur<sup>7</sup>.

À toutes les stations, sauf à celle de l'autoroute Henri-IV, les concentrations moyennes de manganèse dans les PST sont deux à trois fois plus faibles que le critère annuel de qualité de l'air du MELCCFP (25 ng/m<sup>3</sup>). Ce critère est établi pour les PM<sub>10</sub>, ce qui rend la comparaison conservatrice puisque les concentrations dans les PST incluent des particules plus grosses qui posent moins de risques toxiques pour la santé. Enfin, il n'y a pas de norme ou de critère de qualité de l'air pour le fer et le calcium.

---

<sup>7</sup> Des valeurs de référence sont disponibles en contexte occupationnel : les concentrations moyennes de fer et de calcium dans l'air de LVBV sont plusieurs centaines à plusieurs milliers de fois inférieures aux valeurs recommandées pour protéger les travailleurs (5 000 µg/m<sup>3</sup> pour certaines formes de fer et de calcium, d'après l'ACGIH [2022]).

## PARTICULES FINES

### Principaux constats

Les concentrations de particules fines dans LVBV sont similaires aux autres stations de la ville de Québec. De l'avis de la DSPublique, réduire les concentrations annuelles moyennes de particules fines procurerait les plus grands gains pour la santé de la population de LVBV, et plus largement de la ville de Québec. De nombreux décès et problèmes de santé pourraient être évités en diminuant la concentration moyenne de particules fines dans l'air extérieur. Des actions concertées sont nécessaires pour réduire les émissions de particules fines, tant à l'échelle locale que nationale.

Les particules fines (PM<sub>2,5</sub>) ont de nombreux effets bien démontrés sur la santé; elles sont considérées cancérogènes par le CIRC. L'OMS recommande de viser une concentration annuelle moyenne inférieure à 5 µg/m<sup>3</sup> pour réduire les multiples effets sur la santé liés à une exposition à long terme<sup>8</sup>. L'OMS recommande aussi que 99 % des concentrations journalières soient inférieures à 15 µg/m<sup>3</sup> pour éviter les effets aigus sur la santé. À titre indicatif, chaque augmentation de 1 µg/m<sup>3</sup> de particules fines est associée à une augmentation de 2,3 % du risque de décès par maladie cardiovasculaire, et de 5 % de l'incidence d'asthme chez les enfants, d'après des données québécoises (Buteau *et al.*, 2023).

### *Particules fines dans Limoilou – Vanier – Basse-Ville*

Les concentrations annuelles moyennes de particules fines se situent environ entre 6 et 8 µg/m<sup>3</sup> aux stations de LVBV (tableau PF1). Les concentrations sont plus élevées de 1 à 2 µg/m<sup>3</sup> aux stations du Vieux-Limoilou et de la 3<sup>e</sup> Avenue. Sans être négligeable, cette différence n'est pas assez élevée pour orienter clairement vers des sources spécifiques, d'autant plus qu'à une même station, les concentrations peuvent varier de 1 à 2 µg/m<sup>3</sup> selon les années.

À toutes les stations de LVBV, les concentrations moyennes de particules fines sont plus élevées lorsque les vents dominants proviennent du sud-ouest (figure PF2). Ces vents peuvent transporter les particules émises des sources diffuses dans la ville de Québec, mais ils peuvent aussi emporter les particules émises dans la vallée du Saint-Laurent sur des centaines de kilomètres. De fortes concentrations de particules fines sont également soufflées par les vents du nord-est, ce qui suggère une contribution de sources locales comme l'autoroute Dufferin-Montmorency et les sources industrielles.

Les concentrations de particules fines augmentent en hiver et par temps froid (tableau PF3 et figure PF4), ce qui est probablement et principalement attribuable au chauffage au bois, la première source locale de particules fines au Québec (MDDEP, 2011). Les concentrations augmentent aussi en été et par temps chaud (tableau PF3 et figure PF4).

---

<sup>8</sup> Les normes canadiennes sur la qualité de l'air ambiant sont plus élevées : 8,8 µg/m<sup>3</sup> sur un an et 27 µg/m<sup>3</sup> sur 24 heures (CCME, 2022).

En comparaison avec les résultats présentés dans le *Bilan initial de la qualité de l'air*, qui montrait une tendance à la baisse des concentrations de particules fines de 2010 à 2017 (DSPublique, 2018b), pour la période d'échantillonnage plus courte de 2017 à 2020, les concentrations semblent stables.

### *Comparaison avec les autres secteurs de Québec et de la région*

Les concentrations moyennes varient d'environ  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  entre les stations urbaines de Québec, les plus élevées étant à l'école Les Primevères (Sainte-Foy) et à Vieux-Limoilou, et les plus faibles étant enregistrées aux CLSC Basse-Ville et Orléans (Maizerets) (tableau PF1). Les concentrations journalières sont aussi corrélées entre les stations (tableau PF2). Cela montre l'importance de l'effet des sources urbaines présentes dans l'ensemble de la ville, ainsi qu'une homogénéisation des concentrations aux stations urbaines. Contrairement aux PST, il n'y a pas de différence marquée entre la Haute-Ville et la Basse-Ville.

Les concentrations moyennes à Vieux-Limoilou et à l'école Les Primevères (Sainte-Foy) sont plus élevées de respectivement  $2,5$  et  $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  qu'à Deschambault, une station rurale (tableau PF1). Cela représenterait la contribution des sources locales de la ville de Québec. Cette contribution est vraisemblablement encore plus élevée, puisque la station Deschambault est elle-même influencée par certaines sources à proximité.

À toutes les stations, les concentrations sont plus élevées en hiver, entre novembre et mars (figure PF4). Par exemple, aux stations Vieux-Limoilou et Les Primevères, la concentration moyenne augmente de respectivement  $4,3$  et  $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (59 % et 31 %) entre novembre et mars par rapport au reste de l'année. Peu de sources peuvent engendrer une aussi grande augmentation des émissions en hiver, mis à part le chauffage au bois.

### *Signification pour la santé et comparaison avec les normes réglementaires*

Les normes réglementaires en vigueur au Québec ainsi que les lignes directrices de l'OMS concernant les particules fines sont des valeurs de gestion plutôt que des seuils sécuritaires pour la santé. Les concentrations annuelles moyennes mesurées aux stations de la ville de Québec dépassent de 28 à 80 % la ligne directrice actuelle de l'OMS ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). L'OMS recommande aussi de ne pas dépasser  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durant plus de 1 % des jours : cette cible est dépassée durant 11,5 % des jours à la station Les Primevères (Sainte-Foy), 8,2 % à Vieux-Limoilou et 5,6 % au Collège Saint-Charles-Garnier (Haute-Ville) (figure PF5).

La norme journalière du RAA ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) est dépassée durant 1,6 % des jours à la station Les Primevères (Sainte-Foy) et durant 1 % des jours à celle du Vieux-Limoilou, toujours pendant l'hiver (décembre à février) (figure PF5). Il n'y a pas de norme annuelle pour les particules fines au Québec.

Même si les concentrations de particules fines observées dans la ville de Québec sont plus faibles en comparaison avec d'autres pays industrialisés (Ritchie and Roser, 2019), elles entraînent un nombre important de décès prématurés et de maladies à LVBV. En effet, un autre rapport du projet MEMS montre que les particules fines entraînent autant de décès prématurés par maladie cardiaque ischémique (infarctus) que le tabagisme dans LVBV, et davantage de cas d'asthme infantile que l'exposition à la fumée secondaire (Buteau *et al.*, 2023). Sachant que les concentrations de particules

finest sont similaires dans d'autres secteurs de la ville de Québec, ces impacts sur la santé devraient être aussi importants pour les habitants du reste de la ville. D'ailleurs, Santé Canada (2021a) estime que, chaque année, pour la ville de Québec, l'exposition aux particules fines cause 269 décès prématurés, 731 épisodes de bronchites chez les enfants et 286 000 jours d'activités restreintes. Santé Canada calcule aussi que l'exposition aux particules fines génère des coûts de 2,1 milliards de dollars annuellement, seulement dans la ville de Québec, principalement à cause de la valeur économique des décès prématurés. De plus, les particules fines causent 570 cas de cancer du poumon chaque année au Québec, ce qui équivaut à au moins six cas de cancers annuellement dans LVBV, au *pro rata* de la population (ComPARE, 2019).

## Autres éléments de discussion

### Limites

Même si l'analyse des résultats a été effectuée avec les meilleures données disponibles, ce portrait comporte certaines limites, dont les plus spécifiques ont été présentées dans la méthodologie et la présentation des résultats. De manière générale, les analyses sont limitées par le nombre de stations disponibles, la durée et la fréquence de l'échantillonnage ainsi que par les limites de détection de l'analyse chimique de certains métaux. Aussi, selon les données disponibles, les périodes d'échantillonnage ne sont pas exactement les mêmes à toutes les stations ainsi que pour tous les contaminants analysés. Bien qu'un nombre considérable de stations d'échantillonnage ait été déployé pour le projet, elles ne peuvent pas capter toutes les variations à l'intérieur des quartiers. Une autre production complémentaire du projet MEMS a modélisé les concentrations de plusieurs contaminants (particules fines, oxydes d'azote, ozone et dioxyde de soufre) à une échelle géographique plus fine (Buteau *et al.*, 2023).

### Interactions entre les contaminants

Le projet MEMS n'avait pas pour objectif d'évaluer l'interaction entre les différents contaminants, ce qui serait difficilement réalisable dans l'état actuel des connaissances. Les lignes directrices de l'OMS (2021) ne recommandent pas de méthode pour évaluer les interactions entre les polluants de l'air, mais elles en font une priorité de recherche. Dans sa plus récente évaluation scientifique des particules fines, Santé Canada (2022) indique qu'il n'est « *pas encore possible de formuler des conclusions globales et complètes sur le rôle précis de chaque composant, ou même de combinaisons d'espèces, dans les effets des PM<sub>2,5</sub> sur la santé* ». L'US EPA abonde dans le même sens et conclut que « *les données probantes n'indiquent pas qu'une source ou qu'une composante est associée plus fortement avec les effets sur la santé que la masse des particules fines* [traduction libre] » (US EPA, 2019).

Les évaluations du CIRC ne mentionnent pas d'interactions augmentant le risque de cancer, concernant le nickel, le cobalt, l'arsenic et le cadmium (CIRC, 2012; Karagas *et al.*, 2022). D'après les connaissances théoriques en toxicologie, lorsque plusieurs métaux entraînent les mêmes effets (ex. : le cancer du poumon), il est possible que leurs effets s'additionnent (Valcke *et al.*, 2022). Par précaution, les risques de cancer liés au nickel et au cobalt peuvent donc être additionnés puisqu'ils proviennent de la même source : le risque total demeure du même ordre de grandeur, c'est-à-dire faible, mais non négligeable.

Enfin, il faut noter que, même si les risques sont évalués séparément pour chaque contaminant, plusieurs précautions rendent l'évaluation conservatrice. Les valeurs de référence sont généralement 30 à 1 000 fois plus basses que les concentrations pour lesquelles des effets sur la santé ont été observés dans les études. Quant au risque de cancer, il est estimé pour le scénario où une personne serait exposée 24 heures sur 24 durant 70 ans, conformément aux normes de pratique, visant à garantir un environnement sain. Néanmoins, dans les faits, les individus passent la majorité de leur temps à l'intérieur (où l'exposition pourrait être plus faible) et restent rarement toute leur vie dans un même secteur.

## Conclusion

Ce portrait montre que les concentrations de PST dans l'air extérieur de LVBV sont plus élevées qu'en Haute-Ville et qu'à Sainte-Foy, mais similaires ou inférieures à celles qui sont mesurées à Montréal. Leur contenu en éléments métalliques suggère qu'il s'agit en bonne partie de poussières issues des sols, qui sont remises en suspension par diverses activités urbaines. Les concentrations journalières de PST sont peu corrélées avec les concentrations de particules fines et de métaux toxiques, ce qui suggère que leurs sources diffèrent. À l'exception de leur contenu en nickel et en cobalt, le contenu en métaux des PST est représentatif d'un milieu urbain, et respecte les normes et critères de qualité de l'air en vigueur au Québec. Le dépôt de poussières peut néanmoins affecter la qualité de vie des résidents de LVBV.

Plusieurs indices suggèrent la présence d'une source commune de nickel et de cobalt située au nord-est de la station Vieux-Limoilou, soit la manutention de minerai de nickel sur le site du port de Québec. Les épisodes de concentration journalière élevée de nickel et de cobalt pourraient entraîner un risque de cancer qui dépasse le seuil considéré comme négligeable par les autorités sanitaires, dont la DSPublique. Pour cette raison, il est nécessaire de mettre en place des mesures d'atténuation efficaces qui permettent de respecter les normes journalières et annuelles du RAA pour le nickel. Le risque actuel demeure toutefois faible, et pourrait représenter, à l'échelle de la population de LVBV, un cas ou moins de cancer du poumon sur 70 ans.

À l'exception du nickel et du cobalt, les concentrations de métaux et de poussières semblent liées à des sources diffuses et se comparent à d'autres milieux urbains. De l'avis de la DSPublique, réduire les concentrations annuelles moyennes de particules fines procurerait les plus grands gains pour la santé de la population de LVBV, et plus largement de la ville de Québec. Santé Canada (2021a) estime qu'elles entraînent environ 269 décès prématurés, 731 épisodes de bronchites chez les enfants et 543 000 journées de symptômes respiratoires aigus chaque année parmi la population de la ville de Québec. Comme les sources sont multiples et diffuses sur le territoire de la ville (et même hors de la ville), la réduction des concentrations de particules fines nécessitera des actions concertées et collectives à l'échelle locale et nationale. Accélérer la lutte aux changements climatiques représente une opportunité d'améliorer la QAE localement puisque plusieurs sources de particules fines et d'autres contaminants préoccupants pour la santé sont aussi émettrices de gaz à effet de serre.

Ce portrait constitue un pas de plus vers l'atteinte de l'objectif principal du projet MEMS, soit de mieux comprendre le cumul de risques pour la santé auxquels fait face la population de LVBV en documentant l'exposition aux contaminants de l'air extérieur de certains secteurs aux prises avec des inégalités sociales de santé. L'ensemble des travaux effectués dans le cadre du projet MEMS permettra au directeur de santé publique et aux parties prenantes de la communauté de dégager des recommandations afin d'améliorer la QAE et, ultimement, la santé des citoyens.

## Références

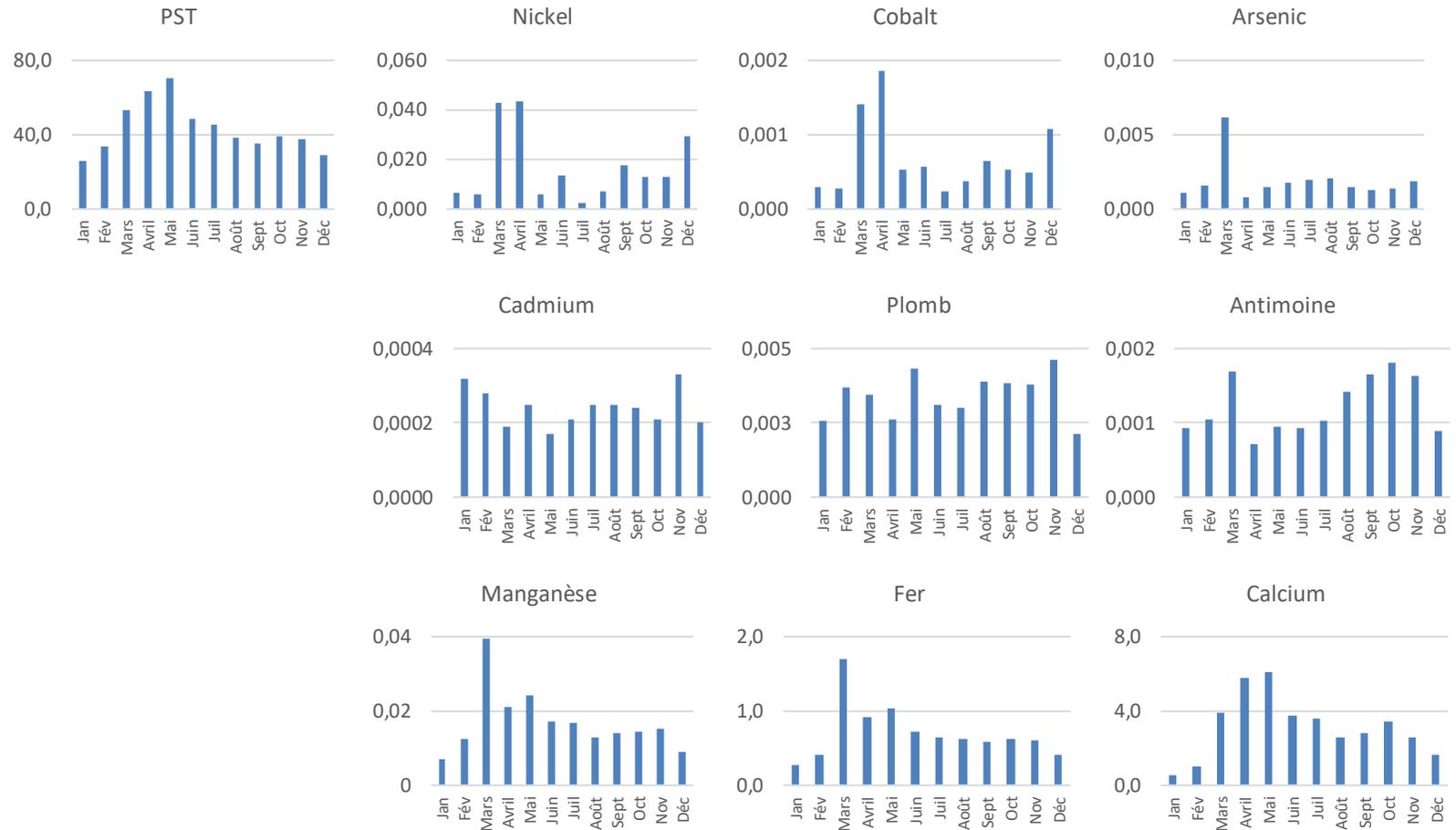
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). (2022). *ACGIH Data Hub*. Repéré le 20 décembre 2022 à <https://www.acgih.org/data-hub-2022/>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2004). *Toxicological Profile for Cobalt*. U.S. Department of Health and Human Services. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=373&tid=64>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2005). *Toxicological Profile for Nickel*. U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp15.pdf>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007). *Toxicological Profile for Arsenic*. U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2.pdf>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2019). *Toxicological Profile for Antimony and Compounds*. U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp23.pdf>
- Buteau, S., Goupil-Sormany, I., Smargiassi, A. (2023). *Portrait de la pollution de l'air à Québec et de certains de ses impacts sur la santé des résidents des territoires des CLSC Limoilou-Vanier et Québec-Basse-Ville*. Québec, Institut national de santé publique du Québec.
- Cancer Care Ontario et Public Health Ontario. (2016). *Environmental Burden of Cancer in Ontario*. <https://www.cancercareontario.ca/en/statistical-reports/cancer-risk-factors-ontario-environmental-burden>
- CAREX Canada. (2011). *Nickel Environmental Estimates (circa 2011): Supplemental Data*. <https://www.carexcanada.ca/profile/nickel-environmental-exposures/>
- Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME). (2022). *L'air au Canada*. Repéré le 20 décembre 2022 à <https://www.ccme.ca/fr/qualite-de-lair#slide-2>
- Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). (2012). *Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts* (IARC Monographs Volume 100c) <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono100C-10.pdf>
- Committee for Risk Assessment. (2018). *Opinion on Scientific Evaluation of Occupational Exposure Limits for Nickel and Its Compounds*. European Chemical Agency. (ECHA/RAC/ A77-O-0000001412-86-189/F). [https://echa.europa.eu/documents/10162/17233/nickel\\_opinion\\_en.pdf/9e050da5-b45c-c8e5-9e5e-a1a2ce908335?t=1552330145399](https://echa.europa.eu/documents/10162/17233/nickel_opinion_en.pdf/9e050da5-b45c-c8e5-9e5e-a1a2ce908335?t=1552330145399)

- ComPARE. (2019). *Association Between Cancer Types and Risk Factors in Canada for Both Sexes Combined and All Ages, 2015* [estimés pour le Québec], outil de données en ligne consulté le 30 octobre 2022. <https://data.prevent.cancer.ca/current/cancer-types>
- Direction régionale de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de la Capitale-Nationale (DSPublique). (2013). *Contamination atmosphérique dans l'arrondissement La Cité-Limoilou : La question du nickel. Avis de santé publique*. Agence de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale.  
[https://www.bibliotheque.assnat.qc.ca/DepotNumerique\\_v2/AffichageNotice.aspx?idn=55347](https://www.bibliotheque.assnat.qc.ca/DepotNumerique_v2/AffichageNotice.aspx?idn=55347)
- Direction de santé publique du CIUSSSCN (DSPublique). (2015). *Contamination environnementale dans le quartier Limoilou : le nickel. Avis complémentaire de santé publique*. Centre intégré universitaire de santé et services sociaux de la Capitale-Nationale.  
<https://www.ciusss-capitalenationale.gouv.qc.ca/a-propos/publications/contamination-environnementale-limoilou-nickel>
- Direction de santé publique du CIUSSSCN (DSPublique). (2018a). *Projet « Mon environnement, ma santé » : volet de la qualité de l'air extérieur. Les activités scientifiques*. Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale.  
[https://www.ciusss-capitalenationale.gouv.qc.ca/sites/d8/files/docs/ProfSante/SPU/rap\\_ac\\_sc\\_2019-02-25\\_vf.pdf](https://www.ciusss-capitalenationale.gouv.qc.ca/sites/d8/files/docs/ProfSante/SPU/rap_ac_sc_2019-02-25_vf.pdf)
- Direction de santé publique du CIUSSSCN (DSPublique). (2018b.) *Projet « Mon environnement, ma santé » : volet de la qualité de l'air extérieur. Bilan initial de la qualité de l'air extérieur et ses effets sur la santé*. Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale.  
[https://www.ciusss-capitalenationale.gouv.qc.ca/sites/d8/files/docs/ProfSante/SPU/bilan\\_initial\\_qae\\_2019-09-06\\_table\\_materies\\_corrigees.pdf](https://www.ciusss-capitalenationale.gouv.qc.ca/sites/d8/files/docs/ProfSante/SPU/bilan_initial_qae_2019-09-06_table_materies_corrigees.pdf)
- Environnement et Changements climatiques Canada (ECCC). (2022). *Recherche en ligne des données des inventaires des émissions de carbone noir et de polluants atmosphériques* [extraction des données annuelles sur la matière particulaire totale pour le Québec en 2020, réalisée le 2 octobre 2022].  
<https://pollution-waste.canada.ca/air-emission-inventory/?GoCTemplateCulture=fr-CA>
- Foucreault, M. A., Laberge, A. (2022). *Bilan de la qualité de l'air au Québec 2018*, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.  
<http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/bilan/qualiteair-quebec-2018.pdf>
- Glencore. (2022). *Mine Raglan : nos activités minières*. Repéré le 30 octobre 2022 à <https://www.glencore.ca/fr/raglan/what-we-do/our-mining-activity>
- Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). (2012). *Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique d'origine environnementale au Québec*.  
<https://www.inspq.qc.ca/publications/1440>

- Karagas, M. R., Wang, A., Dorman, D. C. *et al.* (2022). *Carcinogenicity of Cobalt, Antimony Compounds, and Weapons-Grade Tungsten Alloy*. *The Lancet Oncology*, 23(5), 577–578.  
[https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(22\)00219-4](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(22)00219-4)
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). (2011). *Inventaire des émissions des principaux contaminants atmosphériques au Québec en 2008 et évolution depuis 1990*.  
<http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/inventaire/rapport2008.pdf>
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2011). *Arsenic, élémentaire et composés inorganiques (sauf l'arsine) (Exprimé en As)*.
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2021). *Fiche technique de la norme sur la qualité de l'atmosphère relative au nickel*.  
<https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/nickel/fiche-technique-norme-nickel.pdf>
- California Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA). (2012). *Nickel Reference Exposure Levels*. California Environmental Protection Agency.  
<https://oehha.ca.gov/media/downloads/cnr/032312nirefinal.pdf>
- California Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA). (2020). *Cobalt and Cobalt Compounds. Cancer Inhalation Unit Risk Factors. Technical Support Document for Cancer Potency Factors*. California Environmental Protection Agency.  
<https://oehha.ca.gov/media/downloads/cnr/cobaltcpf100220.pdf>
- Organisation mondiale de la santé (OMS). (2012). *Guidelines for Drinking-Water Quality (4<sup>th</sup> edition)*.  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2011/dwq\\_guidelines/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/index.html)
- Organisation mondiale de la santé (OMS). (2021). *WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide*.  
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>
- Ritchie, H., Roser, M. (2019). *Outdoor Air Pollution*. OurWorldInData.  
<https://ourworldindata.org/outdoor-air-pollution>
- Santé Canada. (2010). *Human Health Risk Assessment for Inhaled Manganese: document summary (publication no. 100122)*. <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/human-health-risk-assessment-inhaled-manganese-document-summary.html>
- Santé Canada. (2019). *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique – Le plomb*. <https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-lead/guidance-document/document-reference.pdf>
- Santé Canada. (2021a). *Les impacts sur la santé de la pollution de l'air au Canada : Estimation de la morbidité et des décès prématurés – rapport 2021*. [Données pour la ville de Québec fournies par la Division de l'évaluation des secteurs de pollution de l'air et des sciences de l'exposition,

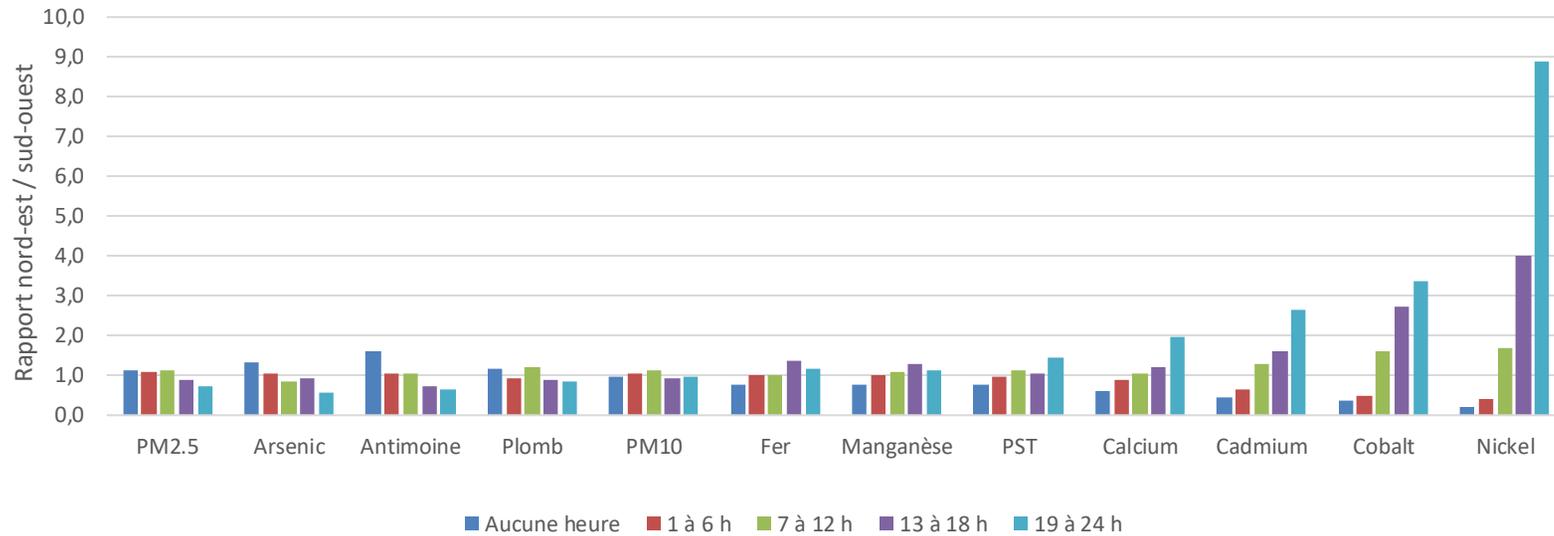
- Santé Canada. Communication personnelle. Août 2022]  
<https://www.canada.ca/fr/sante-Canada/services/publications/vie-saine/2021-effets-pollution-air-interieur-sante.html>
- Santé Canada. (2021b). *Méthode d'évaluation des risques de cancer : Un sondage sur les pratiques actuelles à Santé Canada*.  
<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/science-recherche-et-donnees/methode-evaluation-risques-cancer-sondage-pratiques-actuelles.html>
- Santé Canada. 2022. *Évaluation scientifique canadienne des effets sur la santé des particules fines (PM<sub>2,5</sub>)*. (H144-100/2022F-PDF).  
[https://publications.gc.ca/collections/collection\\_2022/sc-hc/H144-100-2022-fra.pdf](https://publications.gc.ca/collections/collection_2022/sc-hc/H144-100-2022-fra.pdf)
- Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ). (2017a). *Nickel and Inorganic Nickel Compounds: Development Support Document. Revised July 26, 2017*.  
<https://www.tceq.texas.gov/toxicology/dsd/final>
- Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ). (2017b). *Cobalt and Cobalt Compounds : Development Support Document. Final August 16, 2017*.  
<https://www.tceq.texas.gov/toxicology/dsd/final>
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2019). *Integrated Science Assessment for Particulate Matter*.  
<https://www.epa.gov/isa/integrated-science-assessment-isa-particulate-matter>
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2008). *Provisional Peer Reviewed Toxicity Values for Cobalt (CASRN 7440-48-4)*. (EPA/690/R-08/008F).  
<https://cfpub.epa.gov/ncea/pprtv/documents/Cobalt.pdf>
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (1995). *Integrated Risk Information System : Antimony trioxide (CASRN 1309-64-4)*.  
[https://iris.epa.gov/static/pdfs/0676\\_summary.pdf](https://iris.epa.gov/static/pdfs/0676_summary.pdf)
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (1993). *Integrated Risk Information System : Manganese (CASRN 7439-96-5)*.  
[https://iris.epa.gov/static/pdfs/0373\\_summary.pdf](https://iris.epa.gov/static/pdfs/0373_summary.pdf)
- Valcke, M., Ponce, G., Bourgault, M.-H. et al. (2022). *Soutien scientifique aux autorités de santé publique dans le cadre du processus de renouvellement de l'autorisation ministérielle accordée à Glencore pour l'exploitation de la Fonderie Horne à Rouyn-Noranda*. Institut national de santé publique du Québec.  
<https://www.inspq.qc.ca/publications/3244-Soutien-scientifique-aux-autorites-sante-publique-renouvellement-autorisation-glencore-exploitation-fonderie-horne-Rouyn-Noranda>
- Varrica, D., Bardelli, F., Dongarra, G. et al. (2013). Speciation of Sb in Airborne Particulate Matter, Vehicle Brake Linings, and Brake Pad Wear Residues. *Atmospheric Environment*, 64, 18-24.  
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.08.067>
- Walsh, P., Brière, J.-F. (2013). *Origine des concentrations élevées de nickel dans l'air ambiant à Limoilou*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs.  
<https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/ambiant/nickel-limoilou/concentrations-nickel-air-Limoilou.pdf>

## Tableaux et figures synthétiques



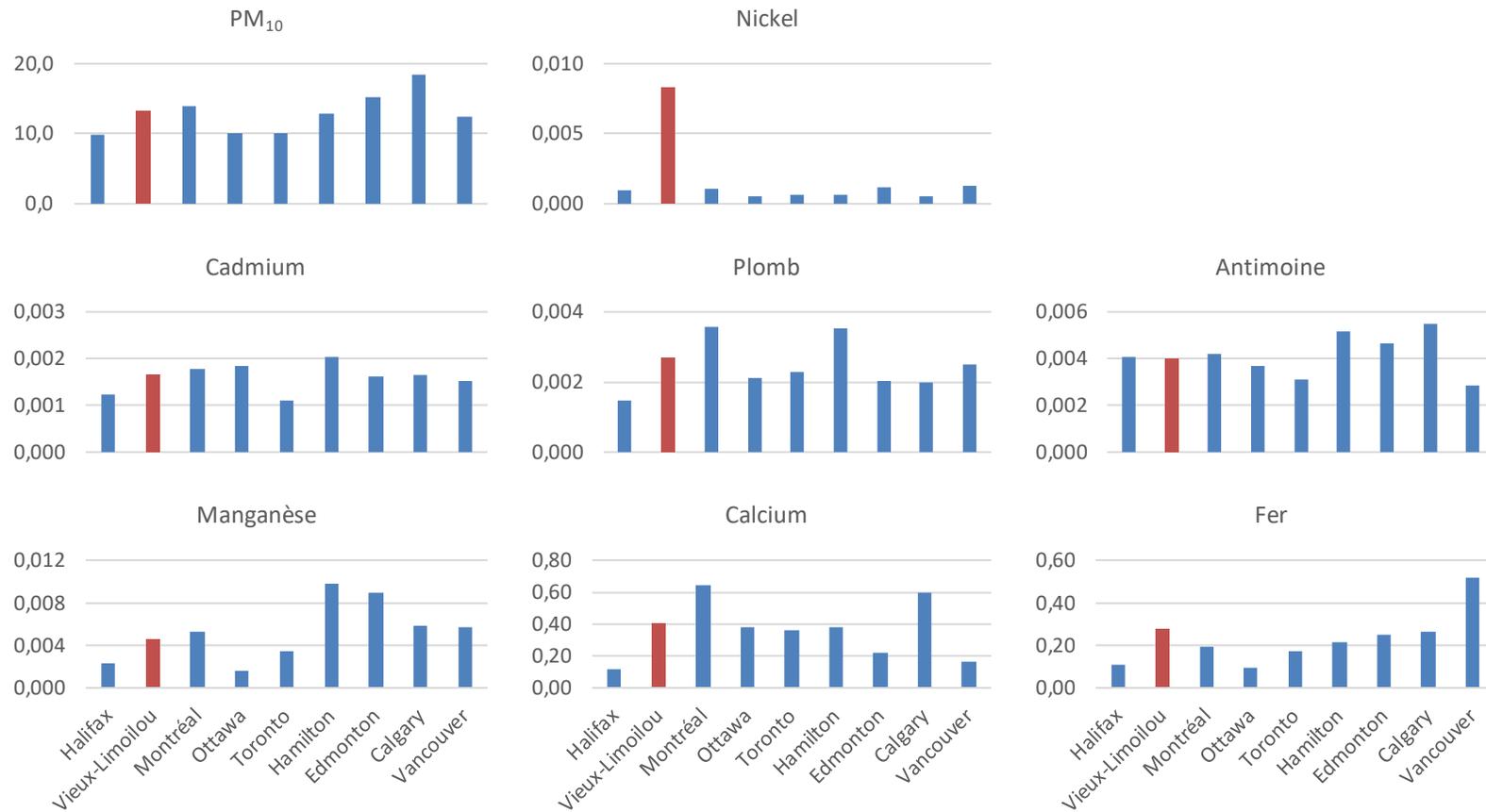
Remarque : La figure 1 montre la variation mensuelle des concentrations de PST et métaux à la station Vieux-Limoilou. Les concentrations de nickel et d'arsenic sont présentées dans un souci d'uniformité, mais leur variation ne représente pas une saisonnalité : les concentrations sont généralement très faibles durant toute l'année, mais quelques concentrations journalières plus élevées influencent les moyennes mensuelles. Les concentrations de cobalt sont généralement plus élevées au printemps, mais les épisodes de forte concentration surviennent toute l'année. Pour les autres métaux (cadmium, plomb et antimoine), il n'y a pas de saisonnalité claire. Les échelles ne sont pas les mêmes pour tous les contaminants, afin de montrer les variations mensuelles.

Figure 1 – Concentrations mensuelles moyennes de PST et de métaux dans les PST ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), station Vieux-Limoilou, 2018-2021



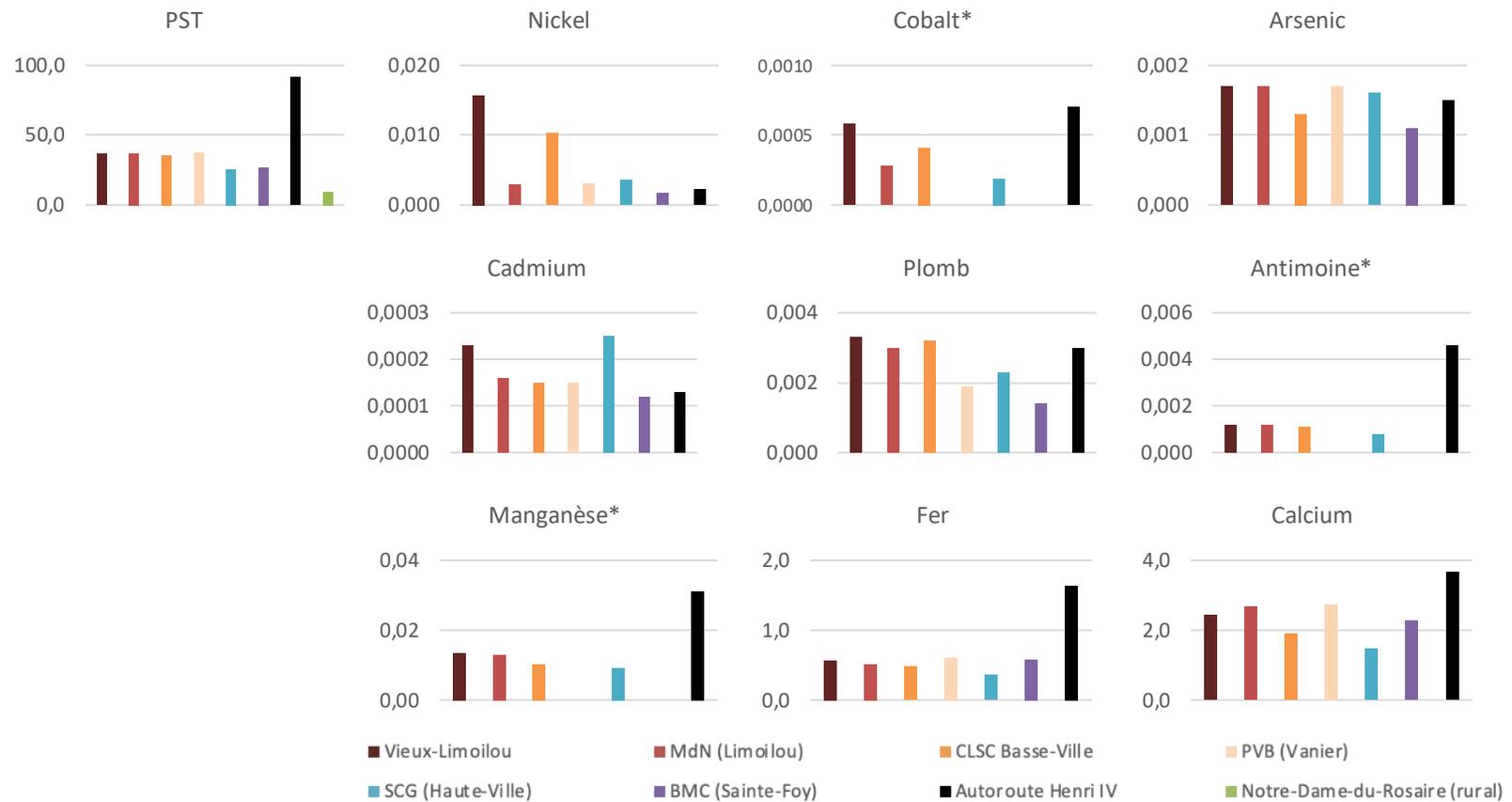
Remarque : La figure 2 compare les concentrations moyennes de contaminant à la station Vieux-Limoilou selon les deux directions dominantes des vents (nord-est et sud-ouest). Par exemple, la concentration de nickel est neuf fois plus élevée durant les journées comportant 19 à 24 heures de vents du nord-est, que durant les journées comportant 19 à 24 heures de vents du sud-ouest. Les vents du nord-est passent par le fleuve puis par la région du port de Québec, de certaines industries et de l'autoroute Dufferin-Montmorency. À l'inverse, les vents du sud-ouest passent par une grande partie de la ville de Québec. Le nickel et, dans une moindre mesure, le cobalt et le cadmium sont plus présents durant les journées dominées par les vents du nord-est.

Figure 2 – Rapports des concentrations moyennes de PST, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et métaux (dans les PM<sub>10</sub>) selon le nombre d'heures de vents nord-est versus sud-ouest, station Vieux-Limoilou, 2018-2021



Remarque : La figure 3 montre les concentrations moyennes de métaux dans les PM<sub>10</sub> à la station Vieux-Limoilou (en rouge) et aux autres stations des grandes villes canadiennes (en bleu), d'après les plus récentes données disponibles. Les données proviennent du SNPA, dont fait partie la station Vieux-Limoilou. Comme le SNPA ne mesure pas les PST, les concentrations sont comparées dans les PM<sub>10</sub>. Dans l'ensemble, à l'exception du nickel, les concentrations de métaux à Vieux-Limoilou sont du même ordre que dans les autres villes canadiennes. Le cadmium et le plomb n'étaient pas détectables dans la majorité des mesures à toutes les stations : les concentrations moyennes sont présentées à titre indicatif pour montrer qu'elles sont faibles et semblables dans toutes les villes. Les concentrations d'arsenic et de cobalt n'ont pas pu être comparées, car elles ne sont pas mesurées dans les particules de même taille à la station Vieux-Limoilou et aux autres stations. Les échelles ne sont pas les mêmes pour tous les contaminants, afin de montrer les variations entre stations.

Figure 3 – Concentrations moyennes de PM<sub>10</sub> et de métaux dans les PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) dans les grandes villes canadiennes, 2018-2019



\*Données non disponibles aux stations PVB et BMC pour le cobalt, l'antimoine et le manganèse.

Remarque : Le portrait propose une interprétation qualitative parce que les périodes d'échantillonnage ne sont pas exactement les mêmes, et parce que les différences de concentration sont généralement minimales comparativement aux valeurs de référence n'entraînant pas de risque significatif pour la santé. La station de l'autoroute Henri-IV se démarque parce qu'elle est située très près de l'autoroute; elle montre l'impact de la circulation routière sur les concentrations de la plupart des contaminants, sauf pour le nickel et le cadmium. Les plus grands écarts entre LVBV et les autres secteurs sont observés pour le nickel et le cobalt. Les autres variations sont discutées dans la section propre à chaque contaminant. Les périodes d'échantillonnage varient selon les contaminants et les stations. Les tableaux de résultats indiquent ces périodes, mais elles sont généralement : 2018-2019 pour VL, MdN, CLSC Basse-Ville et SCG; 2019 pour PVB et BMC; 2020-2021 pour autoroute Henri-IV. Les échelles ne sont pas les mêmes pour tous les contaminants, afin de faciliter la visualisation des différences entre les stations.

Figure 4 – Concentrations moyennes de PST et de métaux (µg/m³) dans les PST, stations de Québec, 2018-2019

Tableau 1. Coefficients de corrélation entre les concentrations journalières appariées de PST, de PM<sub>2,5</sub> et de métaux à la station Vieux-Limoilou, 2018-2019

	PST	Antimoine	Arsenic	Cadmium	Calcium	Cobalt	Fer	Manganèse	Nickel	Plomb
PM <sub>2,5</sub>	0,36	0,54	0,40	0,34	(0,07)	0,17	0,29	0,34	0,17	0,58
PST		0,34	0,21	(0,08)	0,84	0,56	0,85	0,83	0,34	0,51
Antimoine			0,41	0,17	0,30	0,23	0,45	0,45	(0,09)	0,59
Arsenic				(0,09)	(0,14)	NS	0,26	0,25	(0,00)	0,40
Cadmium					(-0,01)	0,20	(0,11)	0,17	0,29	0,50
Calcium						0,51	0,84	0,90	0,23	0,40
Cobalt							0,65	0,62	0,77	0,44
Fer								0,93	0,41	0,54
Manganèse									0,38	0,63
Nickel										0,34

Remarque : Le tableau présente le coefficient de corrélation de Spearman entre les concentrations journalières appariées de deux contaminants, mesurées les mêmes journées à la station Vieux-Limoilou. Par exemple, les concentrations journalières de manganèse sont fortement corrélées avec celles de fer puisque le coefficient (0,93) s'approche de la corrélation complète (1,00). Cela signifie que lorsque les concentrations de manganèse augmentent, celles de fer ont aussi tendance à augmenter, et vice versa. Les corrélations sont significatives sur le plan statistique ( $p < 0,05$ ), à l'exception des coefficients entre parenthèses. Les corrélations fortes sont indiquées en bleu (coefficient  $> 0,70$ ). Les plus fortes corrélations sont observées entre le nickel et le cobalt; et entre le fer, le calcium, le manganèse et les PST. Une forte corrélation entre deux contaminants suggère qu'ils ont des sources communes.

## Tableaux et figures par contaminant

### PARTICULES EN SUSPENSION TOTALES (PST)

Tableau PST1. Concentrations de PST ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) aux stations de Québec et de Notre-Dame-du-Rosaire, 2018-2021

	Vieux-Limoilou 2018- 2021	Vieux-Limoilou 2018- 2019	MdN (Limoilou)	CLSC Basse- Ville	PVB (Vanier)	SCG (Haute- Ville)	BMC (Sainte- Foy)	Autoroute Henri-IV	Notre- Dame-du- Rosaire (rural)
Début	2018-01-02	2018-01-02	2018-01-28	2018-02-20	2018-01-02	2018-01-14	2018-01-02	2020-02-01	2018-01-20
Fin	2021-12-30	2019-12-29	2019-09-30	2019-09-30	2021-08-20	2019-09-30	2021-12-30	2021-12-30	2021-12-30
N	227	108	56	41	192	65	201	93	158
Moyenne	42,8	36,8	37,1	35,5	37,2	25,7	28,6	91,4	10,3
Médiane	35,0	32,5	35,5	33,0	32,0	26,0	27	66,0	6,0
Maximum	172	119	109	105	188	76	88	447	123
% < LD	0,4 %	0,9 %	0 %	2,4 %	0,5 %	0 %	1,0 %	0 %	4,4 %
% jours > 120	1,4 %	0 %	0 %	0 %	1,9 %	0 %	0 %	23 %	0,6 %

Limite de détection (LD) :  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Remarque : Pour faciliter la comparaison entre les stations, les résultats de la station Vieux-Limoilou sont aussi présentés pour la période 2018-2019.

Tableau PST2. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées de PST, station Vieux-Limoilou, 2018-2021

Date	Concentrations les plus élevées de PST ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Nombre d'heures de vent dans chaque direction		Direction dominante
		Nord-est [30°-110°]	Sud-ouest [190°-260°]	
2021-04-16	172	24	0	NE
2021-05-04	146	24	0	NE
2021-03-23	139	0	13	SO
2018-05-08	119	19	2	NE
2020-11-05	113	4	10	SO
2020-04-27	112	24	0	NE
2018-05-14	110	2	17	SO
2020-04-09	108	24	0	NE
2021-03-17	106	0	14	SO
2020-05-21	103	0	23	SO

Remarque : Les plus fortes concentrations journalières sont survenues autant lors des journées dominées par les vents du nord-est que du sud-ouest, ce qui ne suggère pas de sources particulières.

Tableau PST3. Coefficient de corrélation entre les concentrations journalières de PST aux différentes stations, 2018-2021

	MdN	CLSC	PVB	SCG	BMC	NdR
VL	0,82	0,75	0,82	0,77	0,73	0,34
MdN		0,92	0,81	0,89	0,77	0,41
CLSC Basse-Ville			0,78	0,88	0,71	0,24
PVB				0,79	0,89	0,35
SCG					0,80	0,66
BMC						0,34

Remarque : Le tableau présente le coefficient de corrélation de Spearman entre les concentrations journalières de PST, mesurées la même journée à deux stations. Par exemple, les concentrations journalières de PST à la station Vieux-Limoilou sont fortement corrélées avec celles de la station parc Victorin-Beaucage à Vanier, puisque le coefficient (0,82) s'approche de la corrélation complète (1,00). Cela signifie que lorsque les concentrations augmentent à Vieux-Limoilou, elles augmentent aussi à Vanier, et vice versa. Les corrélations fortes sont indiquées en bleu (coefficient > 0,70). Les corrélations sont toutes significatives sur le plan statistique ( $p < 0,05$ ). Les concentrations journalières sont bien corrélées entre les stations de LVBV et les autres stations urbaines, ce qui montre que la variation au fil des jours est fortement influencée par les conditions météorologiques.

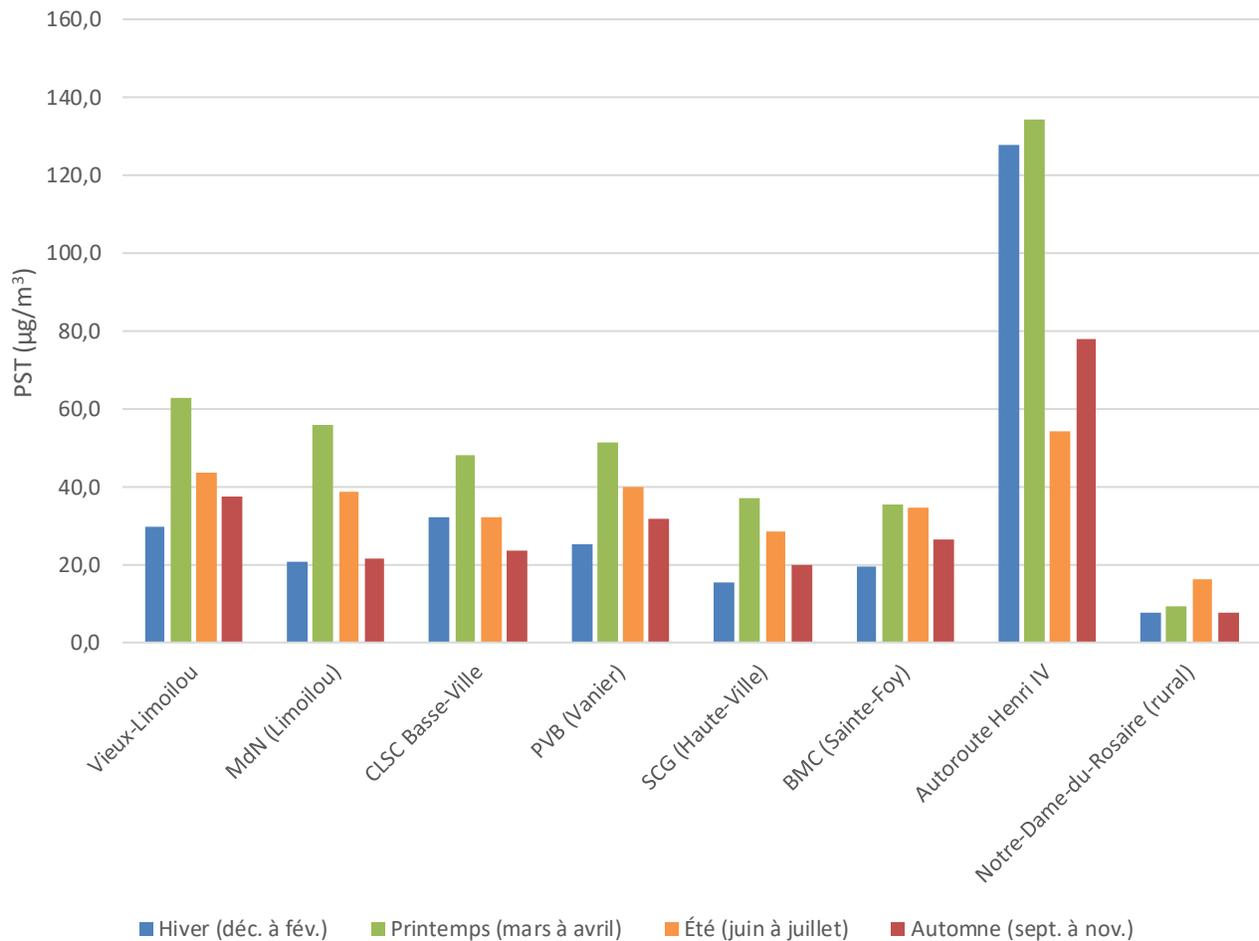
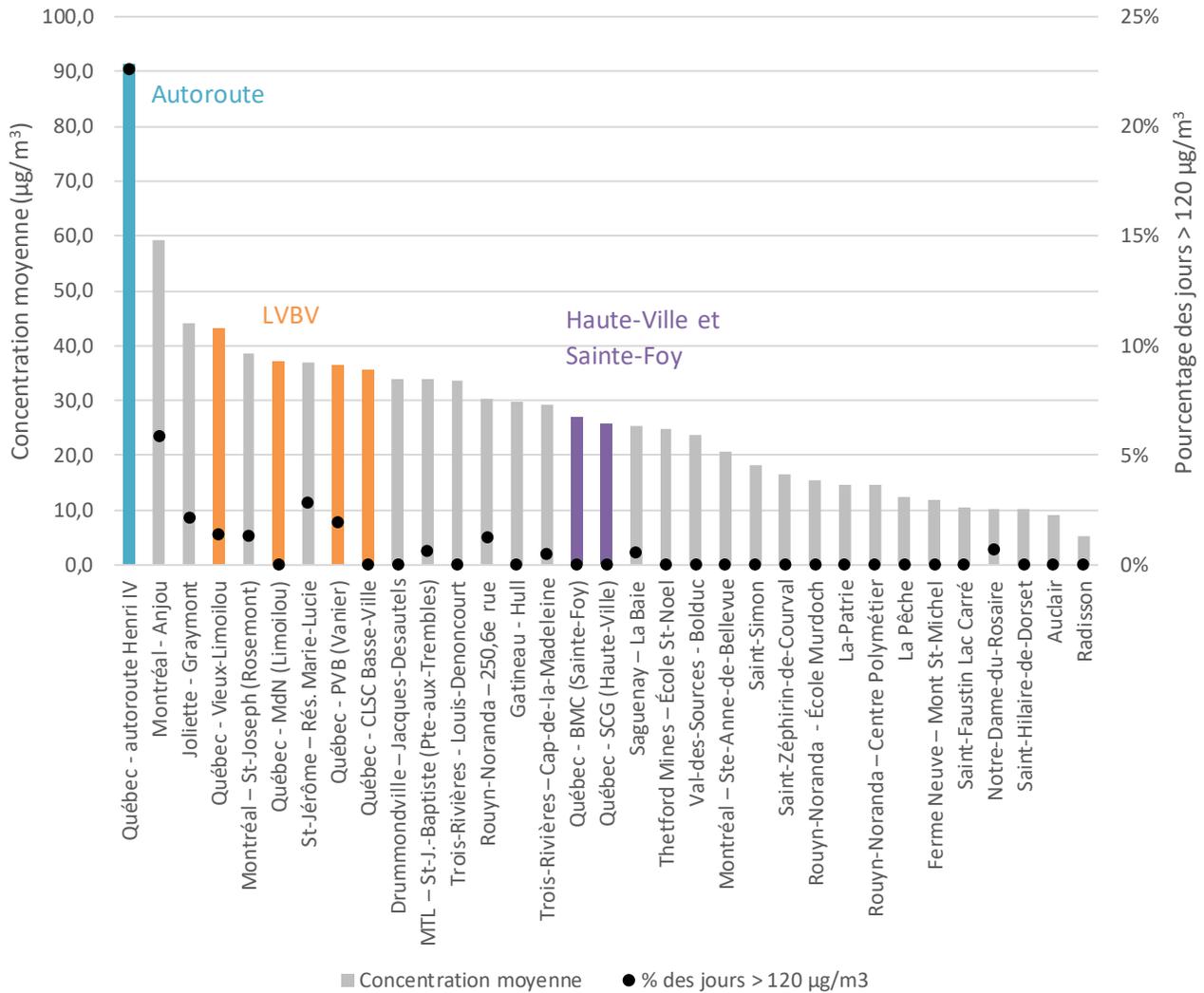


Figure PST1 – Variations saisonnières des PST ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) aux différentes stations d'échantillonnage, 2018-2021



Remarque : Les barres montrent les concentrations moyennes de PST, alors que les points montrent le pourcentage de dépassement de la norme journalière du RAA (120 µg/m³). Les résultats des stations de Québec sont représentés par des barres de couleurs vives. De manière générale, les concentrations moyennes dans LVBV sont du même ordre que les concentrations mesurées à Montréal et dans certaines villes (Joliette, Saint-Jérôme, Drummondville, Trois-Rivières). La station de l'autoroute Henri-IV se démarque parce qu'elle est la seule à être située à quelques mètres d'une autoroute, entre les voies principales et une bretelle d'accès. Cette concentration élevée montre la contribution de la circulation routière, mais surestime l'exposition de la population environnante.

Figure PST2 – Concentrations de PST aux stations du RSQAQ (2018-2021) et aux stations du réseau de la ville de Montréal (2018-2020)

## NICKEL

Tableau Nickel1. Concentrations de nickel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans les  $\text{PM}_{10}$  à Vieux-Limoilou et dans les PST aux stations de Québec, 2018-2021

	Vieux-Limoilou ( $\text{PM}_{10}$ )	Vieux-Limoilou 2018-2021	Vieux-Limoilou 2018-2019	MdN (Limoilou)	CLSC Basse-Ville	PVB (Vanier)	SCG (Haute-Ville)	BMC (Sainte-Foy)	Autoroute Henri-IV
Début	2018-01-02	2018-01-02	2018-01-14	2018-01-26	2018-01-20	2019-04-27	2018-01-14	2019-04-27	2020-02-09
Fin	2021-12-30	2021-12-30	2019-09-30	2019-09-30	2019-09-30	2019-12-11	2019-09-30	2019-09-24	2021-12-30
N	640	226	84	59	74	28	67	25	90
Moyenne	0,0084	0,0163	0,0193	0,0029	0,0103	0,0031	0,0036	0,0017	0,0022
Médiane	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Maximum	0,282	0,521	0,294	0,022	0,143	0,017	0,053	0,007	0,011
% < LD	76,0 %	57,1 %	57,1 %	84,7 %	64,9 %	82,1 %	85,1 %	96,0 %	78,9 %

Limite de détection (LD) : 0,003  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Remarque : Pour faciliter la comparaison entre les stations, les résultats de la station Vieux-Limoilou sont aussi présentés pour la période 2018-2019. Les résultats dans les  $\text{PM}_{10}$  sont aussi présentés puisque la norme est basée sur la concentration dans les  $\text{PM}_{10}$ .

Tableau Nickel2. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées de nickel dans les  $\text{PM}_{10}$ , station Vieux-Limoilou, 2018-2021

Date	Concentrations les plus élevées de nickel dans les $\text{PM}_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Nombre d'heures de vent dans chaque direction		Direction dominante
		Nord-est [30°-110°]	Sud-ouest [190°-260°]	
2021-03-23	0,282	0	13	SO
2018-03-27	0,223	24	0	NE
2021-03-25	0,211	9	11	SO
2018-12-16	0,206	17	1	NE
2021-04-04	0,203	19	0	NE
2021-05-08	0,197	23	0	NE
2020-12-21	0,194	17	0	NE
2019-03-28	0,183	2	12	SO
2019-06-06	0,179	14	1	NE
2018-03-29	0,162	12	7	NE

Remarque : Les plus fortes concentrations journalières sont survenues surtout durant les journées dominées par des vents du nord-est, ce qui suggère une source sur le territoire du port de Québec.

Tableau Nickel3. Risque de cancer selon les concentrations de nickel dans les PM<sub>10</sub> ou PST, mesurées aux stations de Québec entre 2018 et 2021<sup>A</sup>, selon les risques unitaires établis par les autorités sanitaires<sup>B</sup>

	Risque unitaire (par µg/m <sup>3</sup> )	Risque de cancer (nombre de cas pour un million de personnes exposées durant toute leur vie)							
		Vieux-Limoilou (PM <sub>10</sub> )	Vieux-Limoilou (PST)	CLSC Basse-Ville (PST)	MdN (PST)	PBV (Vanier) (PST)	SCG (Haute-Ville) (PST)	BMC (Sainte-Foy) (PST)	Autoroute Henri-IV (PST)
Selon la concentration moyenne	Santé Canada 13 x 10 <sup>-4</sup>	<b>10,9</b>	21,2	13,4	4,0	4,7	2,2	3,8	2,9
	US EPA 4,8 x 10 <sup>-4</sup>	<b>4,0</b>	7,8	4,9	1,5	1,7	0,8	1,4	1,1
	OMS 3,8 x 10 <sup>-4</sup>	3,2	6,2	3,9	1,2	1,4	0,6	1,1	0,8
	TCEQ 3,2 x 10 <sup>-4</sup>	2,7	5,2	3,3	1,0	1,2	0,5	0,9	0,7
	OEHHA 2,6 x 10 <sup>-4</sup>	2,2	4,2	2,7	0,8	0,9	0,4	0,8	0,6
	RU moyen 4,5 x 10 <sup>-4</sup>	3,8	7,3	4,6	1,4	1,6	0,8	1,3	1,0
Selon la limite supérieure de l'IC95% autour de la concentration moyenne	Santé Canada 13 x 10 <sup>-4</sup>	13,9	30,0	20,8	6,1	7,4	2,8	5,1	3,3
	US EPA 4,8 x 10 <sup>-4</sup>	5,1	11,1	7,7	2,3	2,7	1,0	1,9	1,2
	OMS 3,8 x 10 <sup>-4</sup>	4,0	8,8	6,1	1,8	2,2	0,8	1,5	1,0
	TCEQ 3,2 x 10 <sup>-4</sup>	3,4	7,4	5,1	1,5	1,8	0,7	1,2	0,8
	OEHHA 2,6 x 10 <sup>-4</sup>	2,8	6,0	4,2	1,2	1,5	0,6	1,0	0,7
	RU moyen 4,5 x 10 <sup>-4</sup>	4,8	10,4	7,2	2,1	2,5	1,0	1,8	1,1

<sup>A</sup> D'après les concentrations moyennes présentées au tableau Nickel1 : 2018-2021 pour Vieux-Limoilou, 2018-2019 pour MdN, CLSC Basse-Ville, SCG; 2019 pour PVB et BMC; 2020-2021 pour autoroute Henri-IV.

<sup>B</sup> Recensés par Valcke *et al.*, 2022.

Remarque : Le tableau présente une estimation quantitative du risque de cancer en faisant varier divers paramètres : la concentration moyenne dans les particules respirables (PM<sub>10</sub>, disponible seulement à Vieux-Limoilou) ou dans les PST; les risques unitaires de diverses autorités sanitaires; et l'utilisation de la limite supérieure de l'intervalle de confiance à 95%. L'estimation la plus plausible dans Limoilou (en gris) est basée sur la moyenne arithmétique de la concentration de nickel dans les PM<sub>10</sub>, et sur les risques unitaires de Santé Canada et de l'US EPA. Premièrement, ces risques unitaires sont basés sur des composés sulfurés comme la pentlandite. Deuxièmement, la concentration dans les PM<sub>10</sub> représente les particules suffisamment petites pour se rendre en profondeur dans les poumons, alors qu'une partie des PST sont trop grosses pour s'y rendre. Les risques aux autres stations sont donc surestimés et devraient être considérés comme inférieurs au risque calculé à Vieux-Limoilou d'après la concentration dans les PM<sub>10</sub>. Troisièmement, la concentration moyenne est plus plausible que la limite supérieure de confiance de l'intervalle de confiance à 95%. Cette dernière a été calculée en suivant les lignes directrices québécoises pour l'évaluation du risque toxicologique (INSPQ, 2012), mais dans cette situation, elle surestime l'exposition puisque les concentrations journalières sont très dispersées. D'autres hypothèses et limites sont expliquées dans le texte.

Tableau Nickel4. Dépassements de la norme journalière du nickel, stations de Québec, 2018-2021

Stations	Nombre de dépassements de la norme actuelle : 0,070 µg/m <sup>3</sup> (%)	Concentration moyenne des journées en dépassement de 0,070 µg/m <sup>3</sup>	Nombre de dépassements de la norme en vigueur en 2018-2021 : 0,014 µg/m <sup>3</sup> (%)	Concentration moyenne des journées en dépassement de 0,014 µg/m <sup>3</sup>
Vieux-Limoilou (PM <sub>10</sub> )	22 (3,4)	0,148	53 (8,3)	0,077
CLSC Basse-Ville (PST)	3 (4,1)	0,119	10 (13,5)	0,059
SCG (PST)	0 (0)	–	3 (4,5)	0,039
MdN (PST)	0 (0)	–	1 (1,7)	0,022
PVB (PST)	0 (0)	–	1 (3,6)	0,017

Remarque : La norme québécoise du RAA s'applique aux concentrations dans les PM<sub>10</sub>, mais comme elles étaient seulement mesurées à Vieux-Limoilou, ce sont les concentrations dans les PST qui sont utilisées aux autres stations. Comme les concentrations dans les PST sont habituellement plus élevées ou similaires aux concentrations dans les PM<sub>10</sub>, il y aurait probablement moins de dépassements aux autres stations en mesurant dans les PM<sub>10</sub>. Il n'y a pas eu de dépassement aux stations BMC et autoroute Henri-IV.

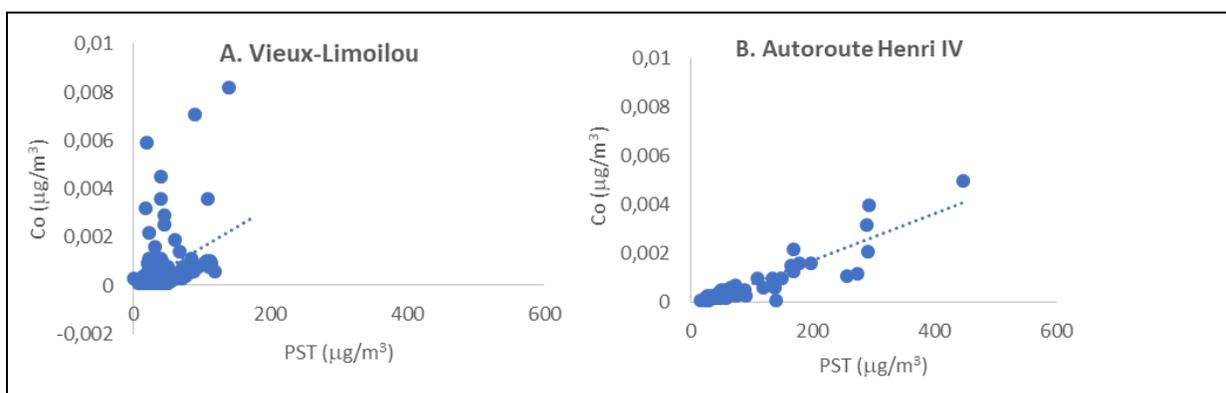
## COBALT

Tableau Cobalt1. Concentrations de cobalt ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2021

	Vieux-Limoilou 2018-2021	Vieux-Limoilou 2018-2019	MdN (Limoilou)	CLSC Basse-Ville	SCG (Haute-Ville)	Autoroute Henri-IV
Début	2018-01-02	2018-01-14	2018-01-26	2018-01-20	2018-01-14	2020-02-09
Fin	2021-12-30	2019-09-30	2019-01-09	2019-02-02	2019-01-09	2021-12-30
N	228	84	42	51	45	90
Moyenne	0,00067	0,00065	0,00028	0,00041	0,00019	0,00070
Médiane	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	< LD	0,0004
Maximum	0,0197	0,0071	0,0013	0,0035	0,0011	0,0050
% < LD	25,9 %	34,5 %	42,9 %	41,2 %	57,8 %	10,0 %

Limite de détection (LD) :  $0,0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Remarque : Pour faciliter la comparaison entre les stations, les résultats de la station Vieux-Limoilou sont aussi présentés pour la période 2018-2019. Les données n'étaient pas disponibles pour les stations parc Victorin-Beaucage et bibliothèque Monique-Corriveau.



Remarque : Les concentrations de cobalt ne sont pas corrélées avec les PST à la station Vieux-Limoilou, mais elles le sont à la station de l'autoroute Henri-IV. Cela suggère que les sources sont différentes; à la station autoroute Henri-IV, le cobalt pourrait provenir de la remise en suspension des poussières générée par la circulation routière. À Vieux-Limoilou, le cobalt est plutôt corrélé avec le nickel, suggérant qu'il provient aussi de la manutention de minerai de nickel.

Figure Cobalt1 – Relation entre les concentrations de cobalt et de PST aux stations Vieux-Limoilou et autoroute Henri-IV

Tableau Cobalt2. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées de cobalt dans les PM<sub>10</sub>, station Vieux-Limoilou, 2018-2021

Date	Concentrations les plus élevées de cobalt dans les PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Nombre d'heures de vent dans chaque direction		Direction dominante
		Nord-est [30°-110°]	Sud-ouest [190°-260°]	
2021-05-08	0,0113	23	0	NE
2019-06-06	0,0099	14	1	NE
2021-04-04	0,0086	19	0	NE
2021-03-23	0,0069	0	13	SO
2018-04-16	0,0068	24	0	NE
2021-03-25	0,0053	9	11	SO
2018-03-27	0,0052	24	0	NE
2018-12-16	0,0047	17	1	NE
2019-03-28	0,0046	2	12	SO
2021-01-26	0,0044	9	6	NE

Remarque : Les plus fortes concentrations journalières sont survenues surtout durant les journées dominées par des vents du nord-est, ce qui suggère une source de cobalt dans le secteur du port de Québec. Ces concentrations journalières de cobalt ne suscitent pas de préoccupations pour la santé, mais contribuent à l'exposition chronique au cobalt.

Tableau Cobalt3. Risque de cancer selon les concentrations de cobalt dans les PM<sub>10</sub> ou PST, mesurées aux stations de Québec entre 2018 et 2021<sup>A</sup>, selon les risques unitaires établis par les autorités sanitaires<sup>B</sup>

Risque unitaire (par µg/m <sup>3</sup> )		Risque de cancer (nombre de cas pour un million de personnes exposées durant toute leur vie)						
		Vieux-Limoilou (PM <sub>10</sub> )	Vieux-Limoilou (PST)	CLSC Basse-Ville (PST)	MdN (PST)	SCG (Haute-Ville) (PST)	Autoroute Henri IV (PST)	
Selon la concentration moyenne	RU moyen	7,5 x 10 <sup>-3</sup>	<b>2,9</b>	5,0	3,1	2,1	1,4	5,3
	US EPA	9,0 x 10 <sup>-3</sup>	3,4	6,0	3,7	2,5	1,7	6,3
	OEHHA	7,7 x 10 <sup>-3</sup>	2,9	5,2	3,2	2,2	1,5	5,4
	TCEQ	6,0 x 10 <sup>-3</sup>	2,3	4,0	2,5	1,7	1,1	4,2
Selon la limite supérieure de l'IC 95 % autour de la concentration moyenne	RU moyen	7,5 x 10 <sup>-3</sup>	3,4	6,6	4,3	2,6	1,9	6,5
	US EPA	9,0 x 10 <sup>-3</sup>	4,1	7,9	5,2	3,1	2,2	7,8
	OEHHA	7,7 x 10 <sup>-3</sup>	3,5	6,8	4,4	2,6	1,9	6,7
	TCEQ	6,0 x 10 <sup>-3</sup>	2,7	5,3	3,4	2,0	1,5	5,2

<sup>A</sup> D'après les concentrations moyennes présentées au tableau Cobalt1 : 2018-2021 pour Vieux-Limoilou, 2018-2019 pour MdN, CLSC Basse-Ville, SCG; 2020-2021 pour autoroute Henri-IV. Le cobalt n'a pas été mesuré à PVB et BMC.

<sup>B</sup> Risques unitaires établis par l'US EPA (2008) pour le sulfate de cobalt (soluble), l'OEHHA (2020) pour le cobalt métallique et les composés insolubles, et le TCEQ (2017b) pour le cobalt métallique et le sulfate de cobalt.

Remarque : Le tableau présente une estimation quantitative du risque de cancer en faisant varier divers paramètres : la concentration moyenne dans les particules respirables (PM<sub>10</sub>, disponible seulement à Vieux-Limoilou) ou dans les PST; les risques unitaires de diverses autorités sanitaires; et l'utilisation de la limite supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %. Le risque de cancer a été estimé par précaution, mais il n'est pas certain que les formes de cobalt présentes dans l'air de LVBV puissent réellement causer le cancer. L'estimation la plus plausible dans Limoilou (en gris) est basée sur la moyenne arithmétique de la concentration de cobalt dans les PM<sub>10</sub> et sur le risque unitaire moyen géométrique. Premièrement, le risque unitaire moyen géométrique permet de refléter le consensus de diverses autorités sanitaires. Deuxièmement, la concentration dans les PM<sub>10</sub> représente les particules suffisamment petites pour se rendre en profondeur dans les poumons, alors qu'une partie des PST sont trop grosses pour s'y rendre. Les risques aux autres stations sont donc surestimés et devraient être considérés inférieurs au risque calculé à Vieux-Limoilou d'après la concentration dans les PM<sub>10</sub>. Troisièmement, la concentration moyenne est plus plausible que la limite supérieure de confiance de l'intervalle de confiance à 95 %. Cette dernière a été calculée en suivant les lignes directrices québécoises pour l'évaluation du risque toxicologique (INSPQ, 2012), mais dans cette situation, elle surestime l'exposition puisque les concentrations journalières sont très dispersées. D'autres hypothèses et limites sont expliquées dans le texte.

## ARSENIC

Tableau Arsenic1. Concentrations d'arsenic ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2021

	Vieux-Limoilou 2018-2021	Vieux-Limoilou 2018-2019	MdN (Limoilou)	CLSC Basse- Ville	PVB (Vanier)	SCG (Haute- Ville)	BMC (Sainte- Foy)	Autoroute Henri-IV
Début	2018-01-02	2018-01-02	2018-01-26	2018-01-20	2019-04-27	2018-01-14	2019-04-27	2020-02-09
Fin	2021-12-30	2019-09-30	2019-09-30	2019-09-30	2019-12-05	2019-09-30	2019-09-30	2021-12-30
N	227	84	59	74	27	67	26	90
Moyenne	0,0018	0,0019	0,0017	0,0013	0,0017	0,0016	0,0011	0,0015
Médiane	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	< LD	0,001
Maximum	0,074	0,008	0,005	0,007	0,008	0,007	0,004	0,015
% < LD	37,9 %	33,6 %	22,0 %	41,9 %	48,1 %	41,8 %	53,8 %	45,6 %

Limite de détection (LD) : 0,001  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Remarque : Pour faciliter la comparaison entre les stations, les résultats de la station Vieux-Limoilou sont aussi présentés pour la période 2018-2019.

Tableau Arsenic2. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées d'arsenic dans les  $\text{PM}_{10}$ , station Vieux-Limoilou, 2018-2021

Date	Concentrations les plus élevées d'arsenic dans les $\text{PM}_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Nombre d'heures de vent dans chaque direction		Direction dominante
		Nord-est [30°-110°]	Sud-ouest [190°-260°]	
2020-03-16	0,056	14	0	NE
2019-10-08	0,030	0	13	SO
2020-06-10	0,021	19	0	NE
2019-02-28	0,017	0	20	SO
2020-09-26	0,016	0	6	NO
2018-08-26	0,013	0	13	SO
2019-02-26	0,010	0	10	SO
2018-01-10	0,009	0	18	SO
2021-06-05	0,009	0	20	SO
2018-01-02	0,008	0	22	SO

Remarque : Les plus fortes concentrations journalières sont survenues durant les journées dominées par des vents de diverses directions, ce qui ne suggère pas de source particulière. À noter, ces concentrations ne représentent pas de risque pour la santé : elles sont nettement inférieures à la valeur journalière retenue par l'INSPQ pour protéger la santé (0,200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , d'après Valcke *et al.*, 2022).

Tableau Arsenic3. Risque de cancer selon les concentrations d'arsenic dans les PM<sub>10</sub> ou PST, mesurées aux stations de Québec entre 2018 et 2021<sup>A</sup>, selon les risques unitaires établis par les autorités sanitaires<sup>B</sup>

		Risque de cancer (nombre de cas pour un million de personnes exposées durant toute leur vie)									Niveau de fond dans l'air <sup>C</sup> (PST)
		Risque unitaire (par µg/m <sup>3</sup> )	Vieux- Limoilou (PM <sub>10</sub> )	Vieux- Limoilou (PST)	CLSC Basse- Ville (PST)	MdN (PST)	PBV (Vanier) (PST)	SCG (Haute- Ville) (PST)	BMC (Sainte- Foy) (PST)	Autoroute Henri-IV (PST)	
Selon la concentration moyenne	RU moyen	1,9 x 10 <sup>-3</sup>	3,2	3,2	2,5	3,2	3,2	3,0	2,1	2,9	3,8
	Santé Canada	6,4 x 10 <sup>-3</sup>	10,9	10,9	8,3	10,9	10,9	10,2	7,0	9,6	12,8
	US EPA	4,3 x 10 <sup>-3</sup>	7,3	7,3	5,6	7,3	7,3	6,9	4,7	6,5	8,6
	OEHHA	3,3 x 10 <sup>-3</sup>	5,6	5,6	4,3	5,6	5,6	5,3	3,6	5,0	6,6
	OMS	1,5 x 10 <sup>-3</sup>	2,6	2,6	2,0	2,6	2,6	2,4	1,7	2,3	3,0
	TCEQ	2,1 x 10 <sup>-4</sup>	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4
Selon la limite supérieure de l'IC 95 % autour de la concentration moyenne	RU moyen	1,9 x 10 <sup>-3</sup>	3,7	3,8	2,9	4,8	4,8	3,7	2,9	3,6	—
	Santé Canada	6,4 x 10 <sup>-3</sup>	12,4	12,8	9,9	16,2	16,2	12,5	9,6	12,1	—
	US EPA	4,3 x 10 <sup>-3</sup>	8,3	8,6	6,7	10,9	10,9	8,4	6,5	8,1	—
	OEHHA	3,3 x 10 <sup>-3</sup>	6,4	6,6	5,1	8,3	8,3	6,5	5,0	6,2	—
	OMS	1,5 x 10 <sup>-3</sup>	2,9	3,0	2,3	3,8	3,8	2,9	2,3	2,8	—
	TCEQ	2,1 x 10 <sup>-4</sup>	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,3	0,4	—

<sup>A</sup> D'après les concentrations moyennes présentées au tableau Arsenic1 : 2018-2021 pour Vieux-Limoilou, 2018-2019 pour MdN, CLSC Basse-Ville, SCG; 2019 pour PVB, BMC; 2020-2021 pour autoroute Henri-IV.

<sup>B</sup> Recensés par Valcke *et al.*, 2022.

<sup>C</sup> Une certaine quantité d'arsenic est présente dans l'air même en l'absence de source industrielle locale, soit environ 0,002 µg/m<sup>3</sup> d'après le MELCCFP.

Remarque : Le tableau présente une estimation quantitative du risque de cancer en faisant varier divers paramètres : la concentration moyenne dans les particules respirables (PM<sub>10</sub>, disponible seulement à Vieux-Limoilou) ou dans les PST; les risques unitaires de diverses autorités sanitaires; et l'utilisation de la limite supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %. L'estimation la plus plausible (en gris) est basée sur le risque unitaire moyen géométrique, qui permet de refléter le consensus des autorités sanitaires. Le risque de cancer est similaire à toutes les stations et correspond au risque attendu même en l'absence d'une source industrielle.

## CADMIUM

Tableau Cadmium 1. Concentrations de cadmium ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2021

	Vieux-Limoilou 2018-2021	Vieux-Limoilou 2018-2019	MdN (Limoilou)	CLSC Basse- Ville	PVB (Vanier)	SCG (Haute- Ville)	BMC (Sainte- Foy)	Autoroute Henri-IV
Début	2018-01-02	2018-01-14	2018-01-26	2018-01-20	2019-04-27	2018-01-14	2019-04-27	2020-02-09
Fin	2021-12-30	2019-09-30	2019-09-30	2019-09-30	2019-12-11	2019-09-30	2019-09-30	2021-12-30
N	227	113	59	74	28	67	26	90
Moyenne	0,00024	0,00023	0,00016	0,00015	0,00015	0,00025	0,00012	0,00013
Médiane	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Maximum	0,0020	0,0013	0,0008	0,0007	0,0004	0,0019	0,0002	0,0003
% < LD	52,0 %	50,0 %	64,4 %	67,6 %	67,9 %	43,3 %	80,8 %	72,0 %

Limite de détection (LD) : 0,0002  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Remarque : Pour faciliter la comparaison entre les stations, les résultats de la station Vieux-Limoilou sont aussi présentés pour la période 2018-2019.

Tableau Cadmium 2. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées de cadmium dans les  $\text{PM}_{10}$ , station Vieux-Limoilou, 2018-2021

Date	Concentrations les plus élevées de cadmium dans les $\text{PM}_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Nombre d'heures de vent dans chaque direction		Direction dominante
		Nord-est [30°-110°]	Sud-ouest [190°-260°]	
2018-03-13	0,0021	24	0	NE
2018-09-19	0,0019	0	0	–
2020-10-08	0,0016	0	3	NO
2018-02-07	0,0013	16	3	NE
2018-08-18	0,0013	11	0	NE
2020-05-23	0,0013	24	0	NE
2020-08-29	0,0013	20	0	NE
2018-10-11	0,0011	24	0	NE
2021-11-12	0,0011	22	1	NE
2021-04-16	0,0010	24	0	NE

Remarque : Les plus fortes concentrations journalières sont survenues surtout durant les vents du nord-est. À noter, ces concentrations ne représentent pas de risque pour la santé : elles sont inférieures à la valeur retenue par l'INSPQ pour protéger la santé (0,030  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , d'après Valcke *et al.*, 2022).

Tableau Cadmium3. Risque de cancer selon les concentrations de cadmium dans les PM<sub>10</sub> ou PST, mesurées aux stations de Québec entre 2018 et 2021<sup>A</sup>, selon les risques unitaires établis par les autorités sanitaires<sup>B</sup>

Risque unitaire (par µg/m <sup>3</sup> )		Risque de cancer (pour un million de personnes exposées durant toute leur vie)								
		Vieux-Limoilou (PM <sub>10</sub> )	Vieux-Limoilou (PST)	CLSC Basse-Ville (PST)	MdN (PST)	PBV (Vanier) (PST)	SCG (Haute-Ville) (PST)	BMC (Sainte-Foy) (PST)	Autoroute Henri-IV (PST)	
Selon la concentration moyenne	RU moyen	2,9 x 10 <sup>-3</sup>	0,6	0,7	0,4	0,5	0,4	0,7	0,3	0,4
	Santé Canada	9,8 x 10 <sup>-3</sup>	2,2	2,4	1,5	1,6	1,5	2,5	1,2	1,3
	US EPA	1,8 x 10 <sup>-3</sup>	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	0,2	0,2
	OEHHA	4,2 x 10 <sup>-3</sup>	0,9	1,0	0,6	0,7	0,6	1,1	0,5	0,5
	TCEQ	1,0 x 10 <sup>-3</sup>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1
Selon la limite supérieure de l'IC 95 % autour de la concentration moyenne	RU moyen	2,9 x 10 <sup>-3</sup>	0,7	0,8	0,5	0,6	0,5	0,9	0,4	0,4
	Santé Canada	9,8 x 10 <sup>-3</sup>	2,3	2,7	1,7	1,9	1,8	3,0	1,3	1,4
	US EPA	1,8 x 10 <sup>-3</sup>	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3	0,5	0,2	0,3
	OEHHA	4,2 x 10 <sup>-3</sup>	1,0	1,1	0,7	0,8	0,8	1,3	0,6	0,6
	TCEQ	1,0 x 10 <sup>-3</sup>	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1

<sup>A</sup> D'après les concentrations moyennes présentées au tableau Cadmium1 : 2018-2021 pour Vieux-Limoilou, 2018-2019 pour MdN, CLSC Basse-Ville, SCG; 2019 pour PVB, BMC; 2020-2021 pour autoroute Henri-IV.

<sup>B</sup> Recensés par Valcke *et al.*, 2022.

Remarque : Le tableau présente une estimation quantitative du risque de cancer en faisant varier divers paramètres : la concentration moyenne dans les particules respirables (PM<sub>10</sub>, disponible seulement à Vieux-Limoilou) ou dans les PST; les risques unitaires de diverses autorités sanitaires; et l'utilisation de la limite supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %. L'estimation la plus plausible (en gris) est basée sur le risque unitaire moyen géométrique, qui permet de refléter le consensus des autorités sanitaires. Le risque de cancer est négligeable à toutes les stations.

## PLOMB

Tableau Plomb1. Concentrations de plomb ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2021

	Vieux-Limoilou 2018-2021	Vieux-Limoilou 2018-2019	MdN (Limoilou)	CLSC Basse-Ville	PVB (Vanier)	SCG (Haute-Ville)	BMC (Sainte-Foy)	Autoroute Henri-IV
Début	2018-01-02	2018-01-14	2018-01-26	2018-01-20	2019-04-27	2018-01-14	2019-04-27	2020-02-09
Fin	2021-12-30	2019-09-30	2019-09-30	2019-09-30	2019-12-11	2019-09-30	2019-09-30	2021-12-30
N	227	113	59	74	28	67	26	90
Moyenne	0,0034	0,0035	0,0030	0,0032	0,0019	0,0023	0,0014	0,0030
Médiane	0,003	0,003	0,002	0,003	< LD	0,002	< LD	0,002
Maximum	0,021	0,012	0,010	0,008	0,007	0,013	0,003	0,011
% < LD	28,2 %	25,0 %	44,1 %	24,3 %	50,0 %	47,8 %	69,2 %	38,9 %

Limite de détection (LD) : 0,002  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Remarque : Pour faciliter la comparaison entre les stations, les résultats de la station Vieux-Limoilou sont aussi présentés pour la période 2018-2019.

Tableau Plomb2. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées de plomb dans les PM<sub>10</sub>, station Vieux-Limoilou, 2018-2021

Date	Concentrations les plus élevées de plomb dans les PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Nombre d'heures de vent dans chaque direction		Direction dominante
		Nord-est [30°-110°]	Sud-ouest [190°-260°]	
2020-04-07	0,028	12	3	NE
2018-08-10	0,023	0	9	NO
2021-11-30	0,020	0	18	SO
2018-08-14	0,015	1	11	SO
2018-01-10	0,013	0	18	SO
2021-08-28	0,012	13	1	NE
2018-08-18	0,011	11	0	NE
2019-01-15	0,011	0	21	SO
2020-09-26	0,011	0	6	NO
2018-10-15	0,010	6	10	SO

Remarque : Les plus fortes concentrations journalières sont survenues autant dans les journées dominées par des vents de diverses directions, ce qui ne suggère pas de source particulière. À noter, ces concentrations ne représentent pas de risque pour la santé : elles sont largement inférieures à la valeur provisoire dérivée par l'INSPQ pour protéger la santé (0,350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , d'après Valcke *et al.*, 2022).

## ANITMOINE

Tableau Antimoine1. Concentrations d'antimoine ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2021

	Vieux-Limoilou 2018-2021	Vieux-Limoilou 2018-2019	MdN (Limoilou)	CLSC Basse-Ville	SCG (Haute-Ville)	Autoroute Henri-IV
Début	2018-01-02	2018-01-14	2018-01-26	2018-01-20	2018-01-14	2020-02-09
Fin	2021-12-30	2019-09-30	2019-01-27	2019-02-02	2019-01-09	2021-12-30
N	198	84	42	51	45	90
Moyenne	0,0012	0,0012	0,0012	0,0011	0,0008	0,0046
Médiane	< LD	0,001	< LD	< LD	< LD	0,004
Maximum	0,009	0,005	0,005	0,004	0,003	0,012
% < LD	49,5 %	44,0 %	59,5 %	54,9 %	68,9 %	15,6 %

Limite de détection (LD) : 0,001  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Remarque : Pour faciliter la comparaison entre les stations, les résultats de la station Vieux-Limoilou sont aussi présentés pour la période 2018-2019. Les données n'étaient pas disponibles pour les stations parc Victorin-Beaucage et bibliothèque Monique-Corriveau.

Tableau Antimoine2. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées d'antimoine dans les  $\text{PM}_{10}$ , station Vieux-Limoilou, 2018-2021

Date	Concentrations les plus élevées d'antimoine dans les $\text{PM}_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Nombre d'heures de vent dans chaque direction		Direction dominante
		Nord-est [30° - 110°]	Sud-ouest [190° - 260°]	
2021-03-11	0,008	0	15	SO
2021-10-25	0,007	12	10	NE
2018-08-14	0,006	1	11	SO
2019-05-29	0,006	0	15	SO
2020-11-11	0,006	0	23	SO
2019-03-28	0,005	2	12	SO
2019-05-11	0,005	0	10	NO
2019-09-18	0,005	9	1	NO
2020-02-25	0,005	11	4	NE
2020-11-05	0,005	4	10	SO

Remarque : Les plus fortes concentrations journalières sont survenues autant dans les journées dominées par des vents de diverses directions, ce qui ne suggère pas de source particulière. À noter, ces concentrations ne suscitent pas de préoccupations pour la santé.

## MANGANÈSE, FER et CALCIUM

Tableau MFC1. Concentrations de manganèse ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2021

	Vieux-Limoilou 2018-2021	Vieux-Limoilou 2018-2019	MdN (Limoilou)	CLSC Basse-Ville	SCG (Haute-Ville)	Autoroute Henri-IV
Début	2018-01-02	2018-01-14	2018-01-26	2018-01-20	2018-01-14	2020-02-09
Fin	2021-12-30	2019-09-30	2019-01-09	2019-02-02	2019-01-09	2021-12-30
N	227	84	42	46	45	90
Moyenne	0,017	0,013	0,013	0,010	0,009	0,031
Médiane	0,013	0,011	0,011	0,007	0,007	0,024
Maximum	0,283	0,041	0,034	0,036	0,024	0,194
% < LD	0,9 %	0 %	2,4 %	4,3 %	6,7 %	1,1 %

Limite de détection (LD) : 0,002  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Remarque : Pour faciliter la comparaison entre les stations, les résultats de la station Vieux-Limoilou sont aussi présentés pour la période 2018-2019. Les données n'étaient pas disponibles pour les stations parc Victorin-Beaucage et bibliothèque Monique-Corriveau.

Tableau MFC2. Concentrations de fer ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2021

	Vieux-Limoilou 2018-2021	Vieux-Limoilou 2018-2019	MdN (Limoilou)	CLSC Basse-Ville	PVB (Vanier)	SCG (Haute-Ville)	BMC (Sainte-Foy)	Autoroute Henri-IV
Début	2018-01-02	2018-01-14	2018-01-26	2018-01-20	2019-04-27	2018-01-14	2019-04-27	2020-01-04
Fin	2021-12-30	2019-12-30	2019-09-30	2019-09-30	2019-12-11	2019-09-30	2019-09-30	2021-12-30
N	227	84	59	74	28	67	26	90
Moyenne	0,69	0,55	0,51	0,48	0,61	0,36	0,58	1,64
Médiane	0,5	0,4	0,4	0,4	0,6	0,3	0,5	1,2
Maximum	11,3	2,3	1,6	1,7	1,3	1,0	1,5	10,1
% < LD	3,5 %	3,6 %	3,4 %	9,5 %	3,6 %	10,4 %	3,8 %	0 %

Limite de détection (LD) : 0,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Remarque : Pour faciliter la comparaison entre les stations, les résultats de la station Vieux-Limoilou sont aussi présentés pour la période 2018-2019.

Tableau MFC3. Concentrations de calcium ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans les PST, stations de Québec, 2018-2021

	Vieux-Limoilou 2018-2021	Vieux-Limoilou 2018-2019	MdN (Limoilou)	CLSC Basse-Ville	PVB (Vanier)	SCG (Haute-Ville)	BMC (Sainte-Foy)	Autoroute Henri-IV
Début	2018-01-02	2018-01-02	2018-02-25	2018-02-13	2019-04-27	2018-02-19	2019-04-27	2020-02-09
Fin	2021-12-30	2019-12-29	2019-09-30	2019-09-30	2019-12-11	2019-09-30	2019-09-30	2021-12-30
N	227	84	56	71	28	61	26	87
Moyenne	3,11	2,33	2,67	1,89	2,74	1,47	2,27	3,50
Médiane	2,2	1,8	1,9	1,5	2,1	1,3	1,7	2,6
Maximum	17,4	9,1	10,7	6,1	6,8	5,0	5,8	25,2
% < LD	11,0 %	13,1 %	9,8 %	18,3 %	3,6 %	13,1 %	3,8 %	1,1 %

Limite de détection (LD) : 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Remarque : Pour faciliter la comparaison entre les stations, les résultats de la station Vieux-Limoilou sont aussi présentés pour la période 2018-2019.

Tableau MFC4. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées de manganèse ou de fer dans les PM<sub>10</sub>, station Vieux-Limoilou, 2018-2021

Date	Concentrations les plus élevées de manganèse dans les PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Concentrations les plus élevées de fer dans les PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Nombre d'heures de vent dans chaque direction		Direction dominante
			Nord-est [30°-110°]	Sud-ouest [190°-260°]	
2020-03-16	0,203	8,1	14	0	NE
2019-10-08	0,102	3,7	0	13	SO
2020-06-10	0,097	3,2	19	0	NE
2019-02-28	0,056	2,3	0	20	SO
2019-10-10	0,053	–	17	0	NE
2021-03-11	0,046	–	0	15	SO
2021-03-23	0,043	2,3	0	13	SO
2019-03-28	0,042	2,2	2	12	SO
2021-05-02	–	2,1	0	11	SO
2018-04-24	0,040	1,6	1	16	SO
2020-11-11	0,040	–	0	23	SO
2019-03-20	–	1,6	0	16	SO
2021-10-05	–	1,6	9	1	NE

Remarque : Les plus fortes concentrations journalières sont survenues surtout durant des journées dominées par des vents du sud-ouest, ce qui ne suggère pas de source spécifique. Trois journées font aussi partie des dix journées présentant les concentrations les plus élevées de calcium (tableau MFC5); ces journées étaient dominées par les vents du sud-ouest. À noter, ces concentrations ne suscitent pas de préoccupations pour la santé.

Tableau MFC5. Direction dominante des vents durant les dix journées d'échantillonnage montrant les concentrations les plus élevées de calcium dans les PM<sub>10</sub>, station Vieux-Limoilou, 2018-2021

Date	Concentrations les plus élevées de calcium dans les PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Nombre d'heures de vent dans chaque direction		Direction dominante
		Nord-est [30°-110°]	Sud-ouest [190°-260°]	
2021-03-23	8,5	0	13	SO
2021-04-16	8,5	24	0	NE
2021-05-04	8,5	24	0	NE
2018-04-24	7,6	1	16	SO
2019-03-28	7,0	2	12	SO
2019-05-13	7,0	24	0	NE
2021-04-12	6,5	24	0	NE
2019-06-10	5,8	24	0	NE
2019-05-23	5,6	24	0	NE
2019-05-19	5,6	24	0	NE

Remarque : Les plus fortes concentrations journalières sont survenues durant les journées dominées par les vents du nord-est. À noter, ces concentrations ne suscitent pas de préoccupations pour la santé.

Tableau MFC6. Coefficient de corrélation entre les concentrations journalières d'un même métal (manganèse, fer ou calcium) aux stations de LVBV et de la Haute-Ville, 2018-2020

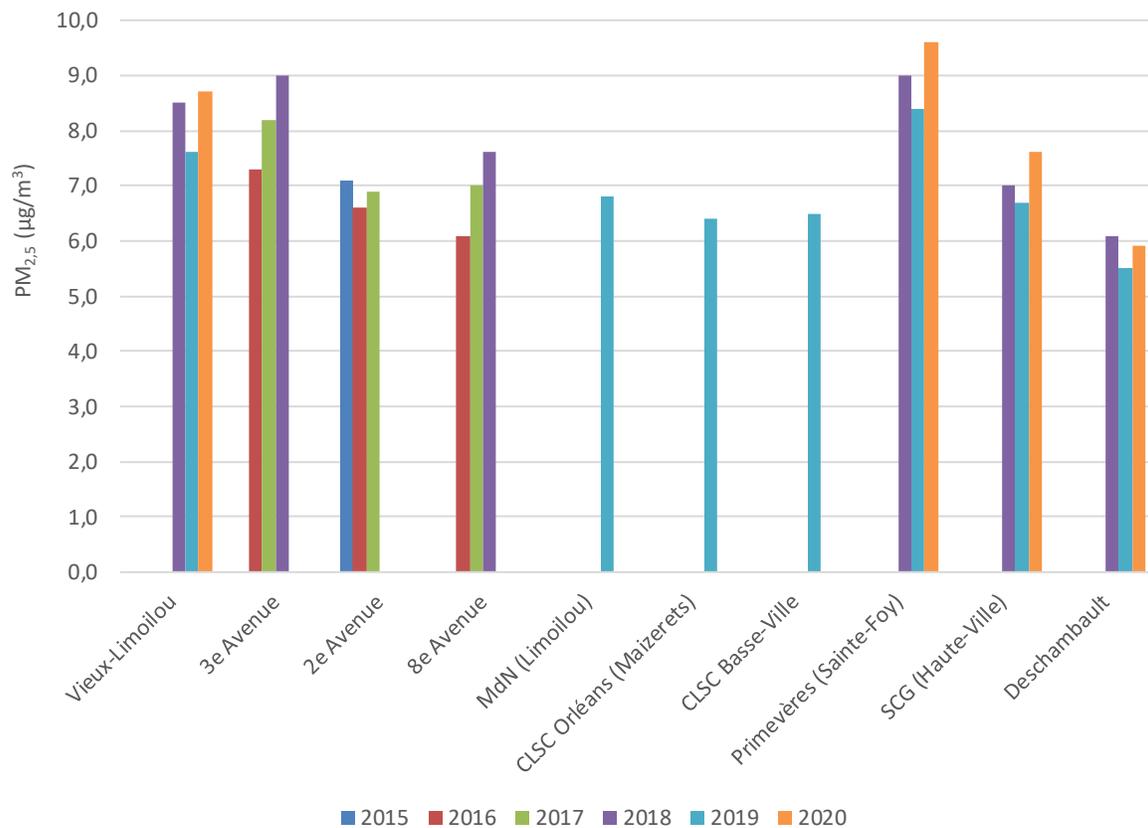
	SCG	MdN	CLSC Basse-Ville
Vieux-Limoilou	Manganèse : 0,59 Fer : 0,58 Calcium : 0,78	Manganèse : 0,71 Fer : 0,67 Calcium : 0,69	Manganèse : 0,81 Fer : 0,86 Calcium : 0,87
SCG		Manganèse : 0,86 Fer : 0,83 Calcium : 0,86	Manganèse : 0,88 Fer : 0,79 Calcium : 0,83
MdN			Manganèse : 0,76 Fer : 0,80 Calcium : 0,80

Remarque : Le tableau présente le coefficient de corrélation de Spearman entre les concentrations journalières de chaque métal, mesurées la même journée à deux stations. Par exemple, les concentrations journalières de calcium à la station Vieux-Limoilou sont fortement corrélées avec celles de la station Saint-Charles-Garnier en Haute-Ville, puisque le coefficient (0,78) s'approche de la corrélation complète (1,00). Cela signifie que lorsque les concentrations de calcium augmentent à Vieux-Limoilou, elles augmentent aussi en Haute-Ville, et vice versa. Les corrélations fortes sont indiquées en bleu (coefficient > 0,70). Toutes les corrélations étaient statistiquement significatives ( $p < 0,05$ ). Pour ces trois métaux, les concentrations journalières sont fortement corrélées pour la plupart des stations, ce qui indique que les stations sont influencées par des sources diffuses.

## PARTICULES FINES

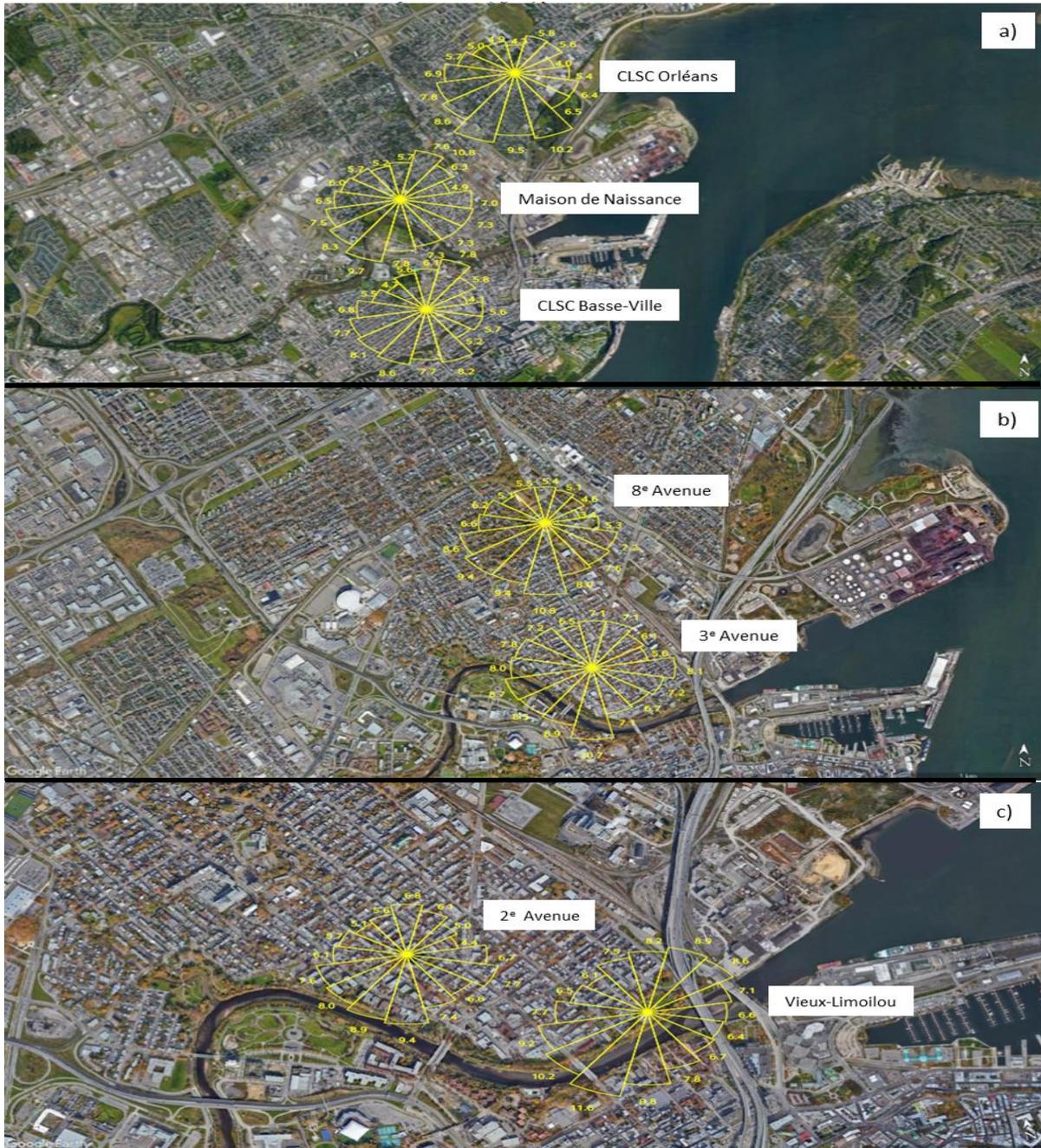
Tableau PF1. Concentrations de PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) aux stations de Québec et de Deschambault, 2015-2020

	Primevères (Sainte-Foy)	Vieux-Limoilou	3 <sup>e</sup> Avenue	SCG (Haute-Ville)	8 <sup>e</sup> Avenue	2 <sup>e</sup> Avenue	MdN (Limoilou)	CLSC Basse- Ville	CLSC Orléans (Maizerets)	Deschambault
Début	2018-01-01	2018-01-01	2016-02-18	2018-03-07	2016-02-18	2015-06-08	2019-02-06	2019-01-23	2019-01-10	2018-01-01
Fin	2020-12-31	2020-12-31	2018-07-30	2020-12-31	2018-07-31	2017-11-30	2019-12-31	2019-12-31	2019-12-31	2020-12-31
N	1 082	1 069	875	1 020	875	888	301	336	344	1 000
Moyenne	9,0	8,3	8,1	7,1	6,8	6,8	6,8	6,5	6,4	5,8
Médiane	7,3	7,1	7,3	5,9	5,6	5,6	5,9	5,6	5,4	4,9
Maximum	42,1	36,2	35,8	34,5	33,4	26,3	29,0	31,1	28,7	31,9



Remarque : Même si les périodes et méthodes d'échantillonnage différaient entre les stations de l'APQ (2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> et 8<sup>e</sup> Avenue) et les autres, la figure montre que les concentrations sont relativement similaires entre les stations urbaines. Les concentrations sont plus élevées de 1 à 2 µg/m<sup>3</sup> à Primevères (Sainte-Foy) et Vieux-Limoilou par rapport aux autres stations urbaines. Bien que non négligeable, cette différence est faible et s'apparente aux variations entre les années à une même station.

Figure PF1 – Concentrations annuelles moyennes de PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) aux stations de Québec et de Deschambault, 2015-2020



Remarque : Chaque rose de pollution montre la concentration moyenne de PM<sub>2,5</sub> mesurées lors des vents de chaque direction. Chaque pointe indique la direction des vents et la valeur associée représente la concentration : par exemple, à la station Vieux-Limoilou, la concentration moyenne de PM<sub>2,5</sub> est de 11,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  quand les vents proviennent du sud-sud-ouest, et de 8,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  lorsque les vents proviennent du nord-nord-est.

Figure PF2 Rose de pollution – Concentrations moyennes de PM<sub>2,5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) par direction des vents, 2015-2020

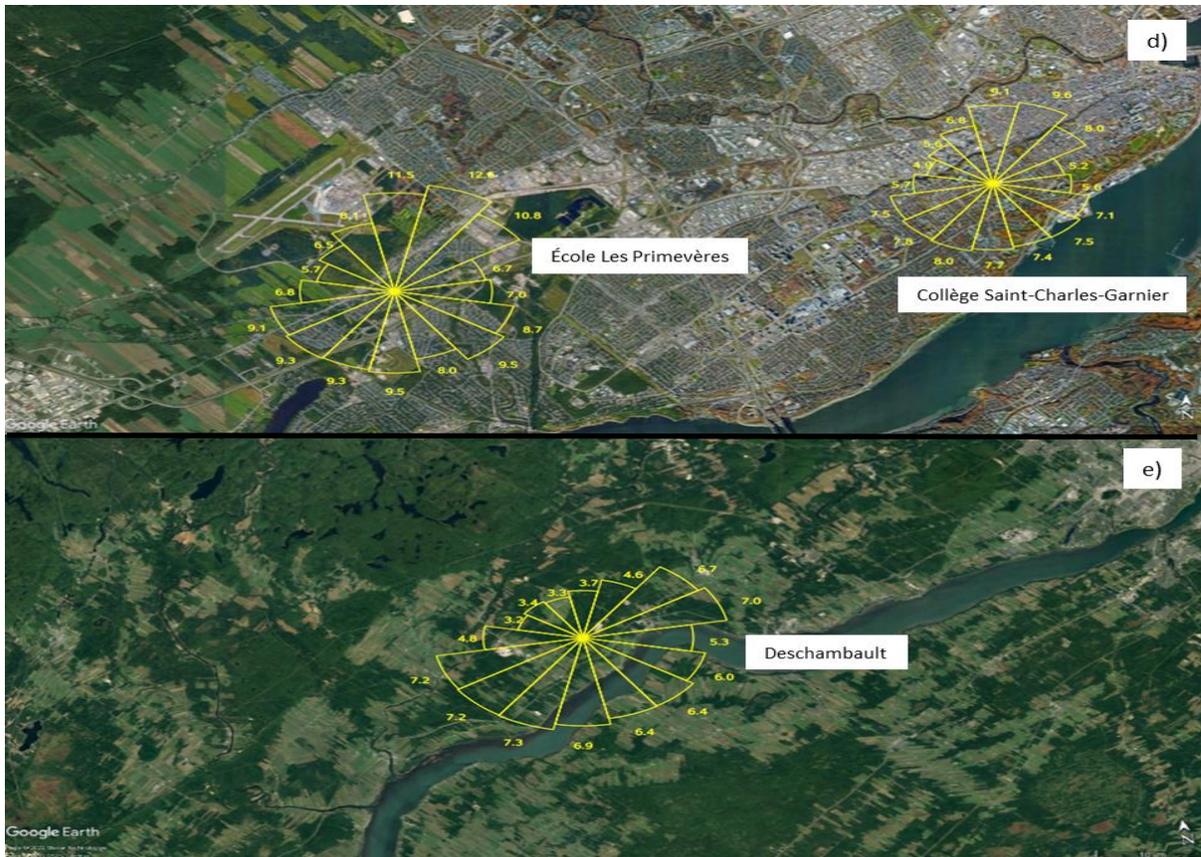
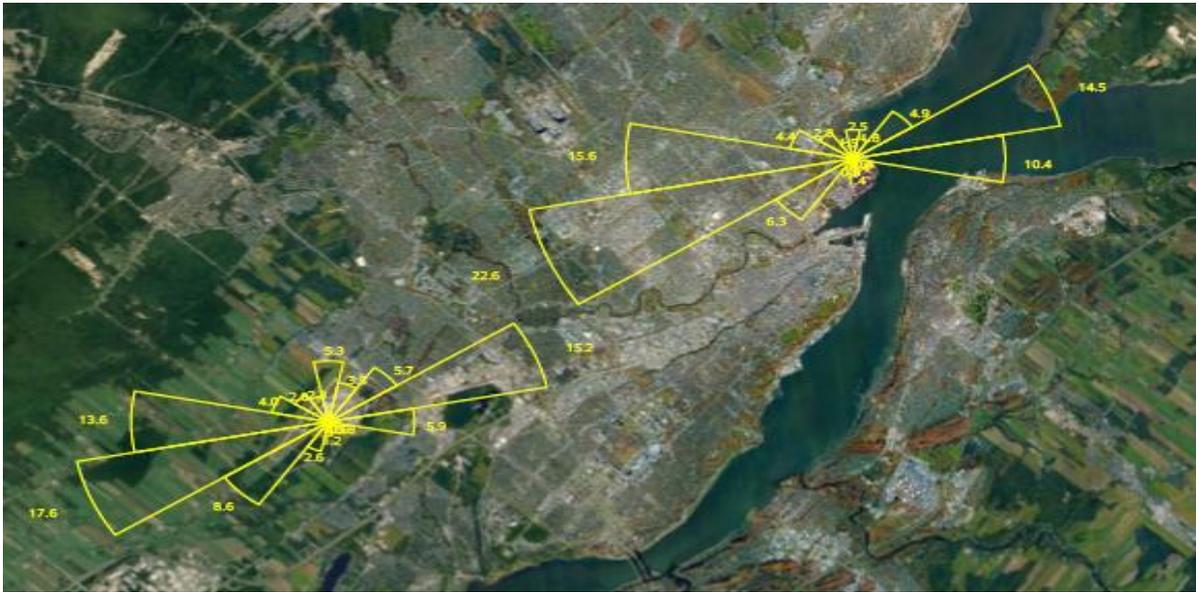
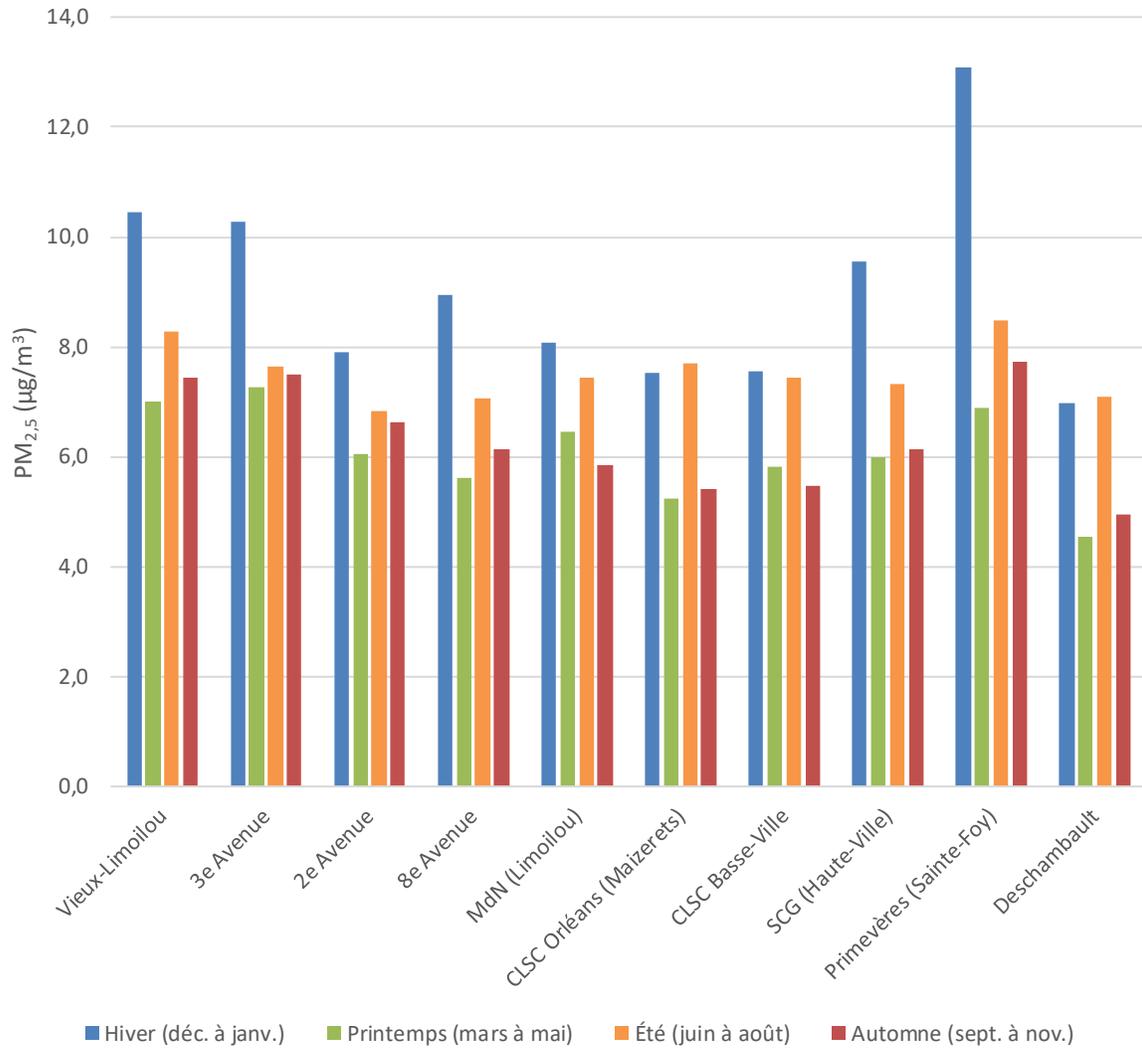


Figure PF2 (suite) Rose de pollution – Concentrations moyennes de PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) par direction des vents, 2015-2020



Remarque : La rose des vents montre la fréquence (en %) des directions des vents pour les stations météorologiques de l'aéroport Jean-Lesage et de Beauport. Chaque pointe indique une direction du vent et sa valeur représente la fréquence. Par exemple, à la station de Beauport, les vents dominants proviennent de l'ouest-sud-ouest durant 22,6 % du temps, et de l'est-nord-est durant 14,5 % du temps. Il s'agit des vents dominants à Québec. Les vents sont calmes (c'est-à-dire sans direction) durant environ 10 % du temps aux stations de Beauport et de l'aéroport Jean-Lesage.

Figure PF3 – Roses des vents pour les stations météorologiques de l'aéroport Jean-Lesage et de Beauport



Remarque : Même si les périodes et méthodes d'échantillonnage peuvent différer entre les stations, la figure montre que les concentrations sont généralement plus élevées en hiver et, dans une moindre mesure, en été. Les concentrations hivernales de PM<sub>2,5</sub> sont particulièrement élevées à Primevères, une station connue pour être influencée par le chauffage au bois résidentiel.

Figure PF4 – Variations saisonnières des PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) aux stations de Québec et de Deschambault, 2015-2020

Tableau PF2. Coefficient de corrélation des concentrations journalières de PM<sub>2,5</sub> entre les stations, pour des périodes d'échantillonnage communes

	Primevères (Sainte-Foy)	SCG (Haute-Ville)	Deschambault	CLSC Basse-Ville	CLSC Orléans (Maizerets)	MdN (Limoilou)	2 <sup>e</sup> Avenue	3 <sup>e</sup> Avenue	8 <sup>e</sup> Avenue
Vieux-Limoilou	0,93	0,96	0,84	0,91	0,88	0,90	NA	0,91	0,88
Primevères (Sainte-Foy)		0,95	0,81	0,86	0,85	0,87	NA	0,91	0,87
SCG (Haute-Ville)			0,86	0,90	0,88	0,88	NA	0,82	0,79
Deschambault				0,73	0,73	0,70	NA	0,81	0,82
CLSC Basse- Ville					0,94	0,91	NA	NA	NA
CLSC Orléans (Maizerets)						0,90	NA	NA	NA
MdN (Limoilou)							NA	NA	NA
2 <sup>e</sup> Avenue								0,88	0,92
3 <sup>e</sup> Avenue									0,85
8 <sup>e</sup> Avenue									

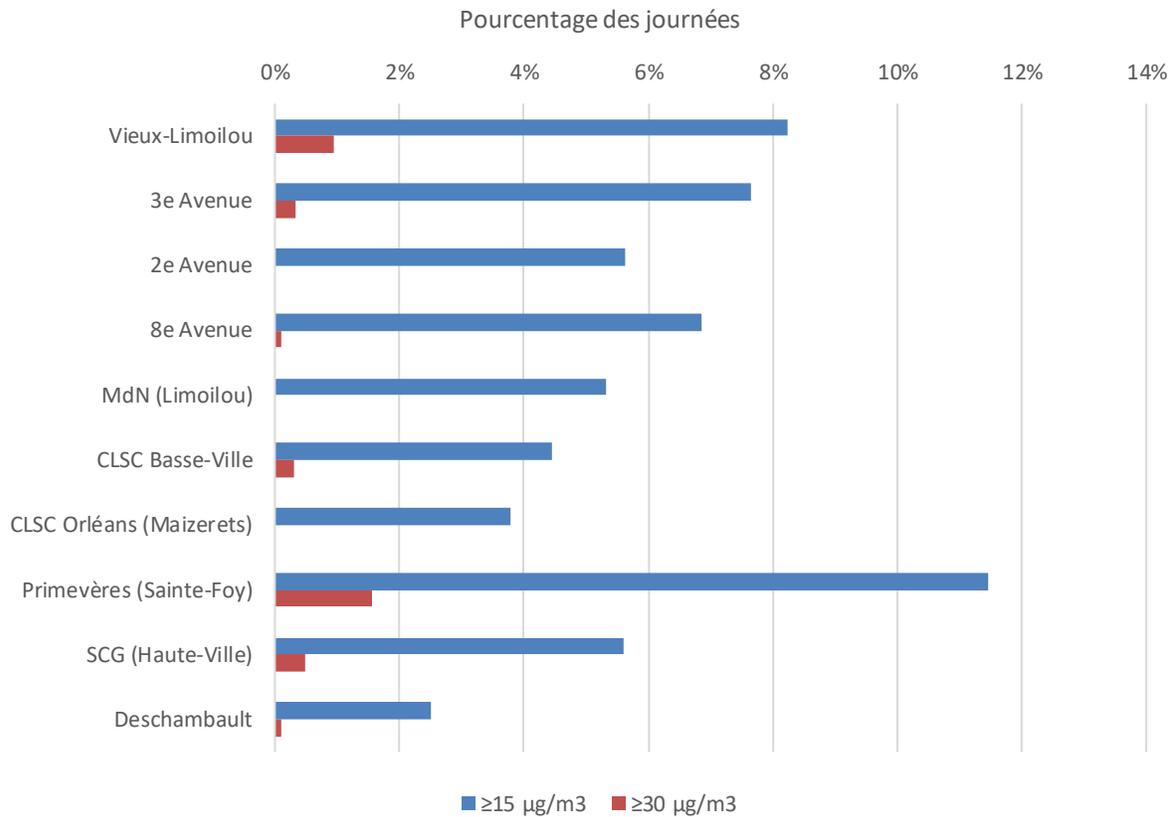
NA : Aucune journée commune d'échantillonnage aux deux stations.

Remarque : Le tableau présente le coefficient de corrélation de Spearman entre les concentrations journalières de PM<sub>2,5</sub>, mesurées la même journée à deux stations. Par exemple, les concentrations journalières de PM<sub>2,5</sub> à la station Vieux-Limoilou sont fortement corrélées avec celles de la station Primevères à Sainte-Foy, puisque le coefficient (0,93) s'approche de la corrélation complète (1,00). Cela signifie que lorsque les concentrations augmentent à Vieux-Limoilou, elles augmentent aussi à Primevères, et vice versa. Toutes les corrélations sont fortes (coefficient > 0,70 et indiquées en bleu) et statistiquement significatives (p < 0,05), ce qui montre l'importance des conditions météorologiques dans les variations journalières de PM<sub>2,5</sub>.

Tableau PF3. Concentrations moyennes de PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) en fonction des températures et de la vitesse du vent à la station Vieux-Limoilou, 2018 à 2020

		Vitesse (km/h)					Moyenne
		≤ 5	> 5 à 9	> 9 à 15	> 15 à 21	> 21	
Température (°C)	≤ -5,8	15,6	11,5	8,1	6,8	5,4	9,5
	> -5,8 à 0,8	14,5	10,7	8,4	7,9	6,2	9,4
	> 0,8 à 8,8	9,5	7,8	6,9	6,3	5,8	7,2
	> 8,8 à 16,9	9,5	7	6,2	6,1	5,8	7,2
	> 16,9	10,5	8,9	8,3	8	7,6	8,7
	Moyenne	12	9,1	7,6	7	6	8,4

Remarque : Le tableau montre que la concentration de PM<sub>2,5</sub> varie à la fois selon la vitesse du vent et la température. Plus la coloration tire vers le rouge, plus les concentrations sont élevées. Les concentrations diminuent lorsque les vents sont plus forts, ce qui est attendu puisque les PM<sub>2,5</sub> sont facilement dispersées par les vents. Les concentrations sont plus élevées lorsque la température passe sous le point de congélation, ce qui est probablement dû, en grande partie, au chauffage au bois, comme le montrent les variations saisonnières.



Remarque : L'OMS recommande que 99 % des concentrations journalières soient inférieures à 15 µg/m<sup>3</sup>, ou, autrement dit, que des dépassements surviennent moins de 1 % des jours. Les dépassements sont plus fréquents pour la plupart des stations urbaines, surtout pour Primevères (Sainte-Foy) et Vieux-Limoilou. La norme québécoise (30 µg/m<sup>3</sup>) est dépassée moins souvent.

*Figure PF5 – Pourcentage des concentrations journalières de PM<sub>2,5</sub> dépassant la ligne directrice de l'OMS (15 µg/m<sup>3</sup>) et de la norme québécoise (30 µg/m<sup>3</sup>) pour les périodes d'échantillonnage*

## Annexe A : Précisions méthodologiques

Périodes d'analyse	La période d'échantillonnage liée au projet MEMS avait été prévue initialement pour la période 2018-2019, mais lorsque disponibles, les données des années subséquentes aux stations permanentes ont été utilisées. Il a été choisi de présenter l'ensemble des données disponibles dans les tableaux de résultats, en indiquant les périodes d'échantillonnage. Les comparaisons de métaux sont toutefois basées sur la période 2018 à 2019 (et 2020-2021 pour l'autoroute Henri-IV).
Variation des concentrations	<p>Les tableaux montrent les concentrations moyennes, médianes et maximales, ainsi que le pourcentage de mesures sous la limite de détection.</p> <p>Il a été choisi de mettre l'accent sur les concentrations moyennes puisqu'elles servent à évaluer les risques pour la santé à long terme, ainsi que sur le pourcentage de concentrations journalières qui dépassent certains seuils jugés préoccupants pour la santé, le cas échéant.</p> <p>La concentration moyenne est une moyenne arithmétique (plutôt que géométrique), de manière à considérer pleinement les concentrations journalières élevées.</p> <p>Il arrive que la quantité de contaminants dans l'air soit trop faible pour être détectée par l'appareil, c'est-à-dire que la concentration est sous la limite de détection. Afin de calculer la concentration moyenne, chaque mesure sous la limite de détection s'est vu attribuer une valeur égale à la moitié de cette limite.</p> <p>Le portrait propose une interprétation qualitative parce que les périodes d'échantillonnage ne sont pas exactement les mêmes, et parce que les différences de concentration sont généralement minimes, comparativement aux valeurs de référence n'entraînant pas de risque significatif pour la santé.</p>
Analyse de la saisonnalité	La saisonnalité a été analysée en comparant les concentrations mensuelles moyennes de chaque contaminant et en vérifiant dans quelles saisons sont survenues les concentrations journalières les plus élevées. L'analyse a été effectuée à partir des données de particules respirables (PM <sub>10</sub> ) afin d'augmenter la taille de l'échantillon, donc d'améliorer la précision.
Analyse selon la direction des vents pour les PST et métaux	L'influence des vents a été analysée de deux manières. D'abord en comparant la concentration de PST ou d'un métal selon le nombre d'heures par jour de vent provenant de chaque direction. Ensuite, en vérifiant la répartition des vents lors des journées présentant les plus fortes concentrations journalières. L'analyse a été effectuée à partir des données de particules respirables (PM <sub>10</sub> ) afin d'augmenter la taille de l'échantillon, donc d'améliorer la précision.
Analyse selon la direction des vents pour les particules fines	L'influence des vents a été analysée en appariant les concentrations horaires de particules fines avec la direction des vents, ce qui a permis de produire des roses de pollution. Chaque rose représente la concentration horaire moyenne de particules fines pour chaque direction des vents.
Corrélations entre les stations	Le coefficient de corrélation de Spearman a été utilisé pour vérifier si les paires de concentrations d'un même contaminant, mesuré le même jour à deux stations différentes, étaient corrélées ensemble.

Corrélation entre les contaminants	Le coefficient de corrélation de Spearman a été utilisé pour vérifier si les paires de concentrations de deux contaminants, mesurés le même jour à la même station, étaient corrélées ensemble.
Comparaison avec les grandes villes québécoises ou canadiennes	<p>Les concentrations de PST ont été comparées à d'autres villes québécoises à partir des données du RSQAQ.</p> <p>Les concentrations moyennes de métaux à la station Vieux-Limoilou ont été comparées aux autres grandes villes canadiennes à partir des données disponibles du SNPA, qui utilise des méthodes standardisées. Puisque le SNPA ne mesure pas les PST, les comparaisons portent sur les particules respirables (PM<sub>10</sub>). Les données étaient disponibles pour ces stations : Halifax (30113), Montréal (50129, Rivière-des-Prairies), Ottawa (60104), Toronto (60440), Hamilton (60512), Edmonton (90132), Calgary (90230) et Vancouver (100141).</p>
Comparaison entre les secteurs de Québec	Les concentrations à la station Vieux-Limoilou ont été comparées aux données des autres stations, qualitativement et par le test des rangs signés de Wilcoxon appliqué à des paires de concentrations journalières mesurées aux mêmes dates. Le portrait propose une interprétation qualitative parce que les périodes d'échantillonnage ne sont pas exactement les mêmes, et parce que les différences de concentration sont généralement minimales, comparativement aux valeurs de référence n'entraînant pas de risque significatif pour la santé.

Direction de santé publique

Mars 2023

Centre intégré  
universitaire de santé  
et de services sociaux  
de la Capitale-Nationale

Québec

