

CONTAMINATION ATMOSPHÉRIQUE DANS L'ARRONDISSEMENT LA CITÉ-LIMOILOU :



LA QUESTION DU NICKEL

Avis de santé publique

Direction régionale de santé publique de
l'Agence de la santé et des services sociaux de la Capitale-Nationale

AVRIL 2013

Ont contribué à la production de cet avis :

Auteurs de la Direction régionale de santé publique de la Capitale-Nationale

- D^{re} Isabelle Goupil-Sormany
- M^{me} Renée Levaque
- M. Slavko Sebez

Réviseurs de la Direction régionale de santé publique de la Capitale-Nationale

- D^{re} Lise Cardinal
- M. Jean-François Duchesne
- Dr Denis Laliberté
- M^{me} Daria Pereg

Nous remercions Mmes Yolaine Labbé et Audrey Smargessi, de même que MM. Mathieu Valcke et Stéphane Buteau de l'Institut national de santé publique du Québec pour leurs commentaires judicieux.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	3
INTRODUCTION	4
MISE EN CONTEXTE	5
RÔLES DU DIRECTEUR DE SANTÉ PUBLIQUE : INFORMATION, PROTECTION ET CONCERTATION	5
PRINCIPES DE BASE EN ÉVALUATION DU RISQUE	6
SOURCE DES DONNÉES POUR MESURER LA QUALITÉ DE L’AIR	7
LE NICKEL DANS L’ENVIRONNEMENT	9
LA PROVENANCE DU NICKEL	9
LES MULTIPLES USAGES DU NICKEL	9
LES EFFETS SUR LA SANTÉ DU NICKEL.....	10
LES NORMES ÉTABLIES POUR LE NICKEL AU QUÉBEC.....	11
CRITÈRE DE GESTION DE LA DIRECTION RÉGIONALE DE SANTÉ PUBLIQUE POUR LE NICKEL	12
DONNÉES ENVIRONNEMENTALES DISPONIBLES	12
COMPARAISONS RÉGIONALES DES CONCENTRATIONS MESURÉES DE NICKEL	18
LE RISQUE ASSOCIÉ AU NICKEL PRÉSENT DANS L’AIR DE LA CITÉ-LIMOILOU	19
CONCLUSION SUR LES EFFETS SUR LA SANTÉ DU NICKEL	21
CONCLUSION	22
RECOMMANDATIONS	23
AUX GÉNÉRATEURS DE RISQUES.....	23
AU MDDEFP	23
À LA VILLE DE QUÉBEC	24
AU MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC.....	24
RÉFÉRENCES	25

INTRODUCTION

En décembre 2012, le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) a transmis au directeur régional de santé publique des données sur les concentrations de nickel mesurées dans l'air de l'arrondissement La Cité-Limoilou.

Le présent avis vise à :

- résumer l'information concernant les effets du nickel sur la santé;
- résumer les données environnementales disponibles concernant les concentrations de nickel présentes dans l'air de La Cité-Limoilou;
- apprécier les risques à la santé encourus par la population de La Cité-Limoilou en lien avec leur exposition au nickel;
- présenter les recommandations du directeur régional de santé publique pour réduire ces risques à la santé.

MISE EN CONTEXTE

Rôles du directeur de santé publique : information, protection et concertation

La Loi sur la santé publique (LSP) (L.R.Q., c. S-2.2) et la Loi sur les services de santé et les services sociaux (LSSSS) (L.R.Q., c. S-4.2) définissent les rôles et responsabilités du directeur de santé publique (DSP). Selon l'article 373 de la LSSSS, le directeur de santé publique a, notamment, la responsabilité :

- d'informer la population de l'état de santé général des individus qui la composent, des problèmes de santé prioritaires, des groupes les plus vulnérables, des principaux facteurs de risque et des interventions qu'il juge les plus efficaces, d'en suivre l'évolution et, le cas échéant, de conduire des études ou recherches nécessaires à cette fin;
- de cerner les situations susceptibles de mettre en danger la santé de la population et de voir à la mise en place des mesures nécessaires à sa protection;
- de cerner les situations où une action intersectorielle s'impose pour prévenir les maladies, les traumatismes ou les problèmes sociaux ayant une incidence sur la santé de la population et, lorsqu'il le juge approprié, de prendre des mesures qu'il juge nécessaires pour favoriser cette action.

Le DSP assure la surveillance continue de l'état de santé de la population et protège la santé de la population lorsque celle-ci est menacée. Au sens de la LSP « [...] on entend par menace à la santé de la population, la présence au sein de celle-ci d'un agent biologique, chimique ou physique susceptible de causer une épidémie si la présence de cet agent n'est pas contrôlée » (LSP, art. 2).

La LSP prévoit aussi que « lorsqu'un directeur de santé publique constate l'existence ou craint l'apparition dans sa région d'une situation présentant des risques élevés de mortalité, d'incapacité ou de morbidité évitables pour la population ou pour un groupe d'individus et, qu'à son avis, il existe des solutions efficaces pour réduire ou annihiler ces risques, il peut demander formellement aux autorités dont l'intervention lui paraît utile de participer avec lui à la recherche d'une solution adéquate dans les circonstances. » (LSP, art. 55).

Enfin, le DSP a également la responsabilité d'élaborer, de mettre en œuvre, d'évaluer et de mettre à jour un Plan d'action régional, en concertation avec les centres de santé et de services sociaux (CSSS) de sa région. Chacun des services de la Direction régionale de santé publique (DRSP) a donc un certain

nombre d'activités à réaliser en lien avec le Plan d'action régional. Une des activités de la DRSP concerne la surveillance des répercussions des épisodes de mauvaise qualité de l'air sur la santé de la population et la promotion des actions visant la diminution de la pollution atmosphérique.

Principes de base en évaluation du risque

Il convient de rappeler certains concepts propres aux analyses de risque. Ainsi, les risques pour la santé d'une substance retrouvée dans l'environnement dépendent :

- de ses caractéristiques physiques (taille¹, état [liquide, solide ou gazeux] et densité);
- de ses caractéristiques chimiques (état pur ou modifié, interaction avec d'autres substances ou particules, transformation en des substances plus toxiques, capacité à déclencher des réactions dans le corps humain);
- de sa concentration et de sa distribution dans l'air, l'eau, le sol et les aliments (l'exposition).

Par ailleurs, les effets sur la santé de cette substance dépendront aussi :

- de la durée de l'exposition des individus à celle-ci et de sa concentration;
- du mode d'absorption de la substance (par inhalation, ingestion, contact cutané), et de la dose réellement absorbée;
- de la vulnérabilité à cette substance des individus exposés (ex. : caractéristiques génétiques, âge, présence d'autres problèmes de santé ou d'allergies, habitudes de vie).

Les effets d'une substance donnée sur la santé peuvent être nombreux. De plus, selon les individus, ils ne se manifesteront pas toujours de la même manière.

Une évaluation de risque en bonne et due forme commande une somme importante d'informations qui prennent en compte tous les paramètres qui doivent être examinés (INSPQ, 2012). Toutefois, à ce stade-ci, sur la base des connaissances scientifiques disponibles et à partir des données fournies et analysées par le MDDEFP, il est possible de faire une appréciation quant aux effets potentiels sur la santé du nickel

¹ En matière de risque à la santé lié à la pollution de l'air, la taille des particules est fondamentale pour comprendre le risque. Les particules les plus grosses se déposent sur la muqueuse de l'oropharynx et sont dégluties. La voie de pénétration principale est donc digestive pour les grosses particules. Ce sont surtout les particules fines qui sont respirées. De plus, au niveau cellulaire, plus les particules sont fines, plus l'intensité de l'inflammation sera grande.

présent dans l'environnement de La Cité-Limoilou. Les résultats de cette analyse sont suffisants pour permettre au directeur de santé publique d'émettre des recommandations.

Source des données pour mesurer la qualité de l'air

Le MDDEFP gère un réseau de surveillance de la qualité de l'air sur le territoire québécois (à l'exception de l'île de Montréal). La surveillance de la qualité de l'air s'effectue à l'aide d'échantillonneurs d'air qui mesurent la présence de contaminants gazeux (ex. : oxydes d'azote [NO_x], dioxyde de soufre [SO_2], monoxyde de carbone [CO]) et de particules en suspension [PST, PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$]²). Ces dernières peuvent être de tailles différentes et être composées notamment de métaux (ex. : plomb, mercure, nickel, béryllium, chrome, cadmium).

Sur le territoire de la Capitale-Nationale, le MDDEFP exploite huit stations d'échantillonnage d'air : cinq en milieu urbain et trois en milieu agricole ou forestier. L'opération de ce réseau a pour objectif de mesurer les niveaux de polluants présents dans l'air et de suivre leur évolution dans le temps. Les stations n'ont pas toutes le même équipement et ne mesurent pas toutes les mêmes paramètres dans l'air.

Parmi les stations urbaines, la station Des Sables localisée dans l'arrondissement La Cité-Limoilou mesure en continu les particules très fines ($\text{PM}_{2,5}$), les oxydes d'azote (NO et NO_2), l'ozone (O_3), le dioxyde de soufre (SO_2) et le monoxyde de carbone (CO). Elle mesure également de manière séquentielle (pendant 24 heures aux 6 jours), les particules en suspension totale (PST) et les particules fines de taille modérée (PM_{10}).

Mentionnons que dans le cadre de son étude de modélisation des émissions de l'incinérateur, le MDDEFP a opéré du 2 avril 2010 jusqu'au 28 mars 2012, deux stations d'échantillonnage (Vitré et Beaujeu) situées de part et d'autre de l'incinérateur. Ces deux stations temporaires ont mesuré notamment les contaminants suivants : PST, métaux, dioxines, furanes, HAP et BPC.

La figure 1 illustre la localisation des stations Des Sables, Vitré et Beaujeu installées dans La Cité-Limoilou.

² PST : particules en suspension totales; PM_{10} : particules en suspension respirables < 10 μm ; $\text{PM}_{2,5}$: particules en suspension respirables < 2,5 μm .

Figure 1. Localisation des stations d'échantillonnage d'air Des Sables, Vitré et Beaujeu dans l'arrondissement La Cité-Limoilou



Source : Walsh, Pierre, J.-F. Brière (2013) Origine des concentrations élevées de nickel dans l'air ambiant à Limoilou, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 15 avril 2013, p. 7.

<http://www.mddefp.gouv.qc.ca/air/ambiant/nickel-limoilou/concentrations-nickel-air-Limoilou.pdf>

LE NICKEL DANS L'ENVIRONNEMENT

La provenance du nickel

Le nickel est présent naturellement dans l'environnement. On le trouve le plus souvent associé au soufre, à l'arsenic et à l'antimoine. Il est dispersé sous diverses formes à la suite de phénomènes naturels (ex. : feux de forêts, embruns de mer, irruptions volcaniques) (INERIS, 2006, Statistique Canada, 2012). Les composés du nickel sont le plus souvent présents sous forme de particules dans l'atmosphère, excepté le nickel tétracarbonyle que l'on retrouve exclusivement sous forme de vapeur. Le nickel est un des constituants naturels des poussières en suspension dans l'atmosphère et provient de la croûte terrestre. Sa concentration est de l'ordre de 0,03 % (INERIS, 2006).

Le nickel est présent dans l'environnement principalement en raison des activités humaines telles que la combustion de carburant (dont l'huile à chauffage), l'extraction et la production de nickel (fusion, affinage, transbordement de matériel à différents stades de transformation), la fabrication de l'acier, le nickelage, la transformation du plomb dans les fonderies, l'incinération de déchets et la production de boues de station de traitement des eaux usées, (INERIS, 2006, Statistiques Canada, 20112).

Les multiples usages du nickel

Le nickel est un métal très utile couramment employé, en raison de ses propriétés physiques uniques qui permettent de le combiner à d'autres métaux (fer, cuivre, chrome et zinc) pour en faire des alliages. Ces alliages et composés de nickel sont utilisés dans la fabrication de la monnaie, de bijoux, de placages, de batteries et de couleurs céramiques, etc. L'acier inoxydable, composé aussi de nickel, est utilisé pour de nombreuses applications (usages domestique, médical et industriel). Le nickel entre dans la fabrication de produits d'entretien ménager et de blanchiment, de cosmétiques (il s'agit alors d'impuretés), d'implants articulaires, de dispositifs intra-utérins contraceptifs stérilets), et d'aiguilles d'acupuncture. Il est également présent dans la fumée de cigarette (Statistiques Canada, 2012).

Les effets sur la santé du nickel

Le nickel serait un élément essentiel à la vie; à de faibles doses, il pourrait avoir certains effets bénéfiques sur la santé humaine. Cependant, aucune carence en nickel n'a encore été démontrée chez l'humain (Statistiques Canada, 2012). Comme pour la plupart des éléments essentiels à la vie auxquels nous sommes exposés, une plus forte dose peut s'avérer toxique.

Pour le bénéfice du lecteur, l'encart ci-contre a été ajouté pour permettre une référence rapide aux unités de mesure employées dans le texte présentant les effets sur la santé du nickel et ainsi permettre plus facilement de comparer les ordres de grandeur.

Facteurs de conversion	
Nanogramme (ng)	Milligramme (mg)
2	0,000002
12	0,000012
500	0,0005
12 000	0,012
20 000	0,02
50 000	0,05
440 000	0,44
500 000	0,5
2 200 000	2,2

Exposition par ingestion

Une exposition aiguë par ingestion à forte dose peut entraîner des effets gastro-intestinaux (diarrhées, nausées, douleurs abdominales, vomissements).

L'ingestion de nickel de façon chronique en quantité importante est associée à faible poids des bébés à la naissance (augmentation de la fréquence), à des dermatites (réactions cutanées) et à des dommages cardiaques et hépatiques. En général, ces dommages sont évités si la quantité de nickel métallique consommée ne dépasse pas **0,012 mg/kg/jour** (OMS, 1991). La valeur de référence pour une ingestion de composés de nickel (excluant les oxydes de nickel) suggérée par l'*Office of Environmental Health Hazard Assessment* est de **0,05 mg/kg/jour** (INERIS, 2006).

Allergies

L'effet sur la santé le plus fréquemment associé au nickel est la dermatite de contact (irritation de la peau lorsque le nickel est en contact avec celle-ci. Dix à 20 % de la population est sensibilisée au nickel et pourrait présenter des réactions de type allergique lorsqu'exposée à ce métal. L'*Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) estime qu'une dermatite de contact peut être déclenchée à la suite d'une ingestion de nickel ou lorsque ce dernier est déposé sur la peau. Aucun seuil ne peut être déterminé pour une réaction allergique.

Sensibilisation

La littérature scientifique révèle que l'inhalation de sels de nickel peut provoquer des cas d'asthme, associés ou non à des rhinites et des urticaires. Ces pathologies surviennent parfois chez des sujets présentant déjà un eczéma (INRS, 2009). Selon certains auteurs, le nickel, par son action inflammatoire, pourrait augmenter l'effet sur la santé des autres particules fines qui sont présentes dans l'air (Bell et coll. 2009).

Exposition par inhalation

La bronchite chronique, la fibrose pulmonaire et l'atteinte des fonctions respiratoires sont associées à l'exposition chronique (exposition continue sur une longue période de temps) au nickel à de fortes doses (INERIS, 2009).

Cancer

Pour le cancer du poumon, le seuil jugé acceptable par l'*United States Environmental Protection Agency* (US-EPA) est de **2 ng/m³**. Ce niveau d'exposition est considéré sécuritaire car il peut entraîner un excès d'un cancer, sur une période de 70 ans, chez un million de personnes exposées (US-EPA, 2000). Il importe de souligner que la cancérogénicité du nickel varie selon les composés qu'il forme; le nickel total n'est donc pas nécessairement cancérogène dans son intégralité (INERIS, 2006).

En bref

Le nickel et ses composés présents dans l'environnement peuvent être absorbés par l'humain de trois façons : ils peuvent être avalés, respirés ou encore assimilés par la peau. Le nickel et ses composés présentent à court et à long termes des risques d'allergies ou d'inflammation, notamment de l'asthme et des problèmes cutanés. Par ailleurs, des expositions prolongées à certains de ces composés pourraient provoquer le cancer.

Les normes établies pour le nickel au Québec

La norme environnementale pour le nickel total dans l'air ambiant au Québec selon le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA, L.R.Q. c.Q-2, r. 4.1, L.R.Q. c. S-2.1, r. 13) est de **12 ng/m³** (**0,012 ug/m³**) pour une période de 1 an.

Notons que pour les travailleurs, les seuils normés sont différents. Ainsi, selon le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST, L.R.Q. c. S-2.1 r. 13), les valeurs d'exposition moyenne pondérée (VEMP, exposition moyenne sur 8 heures) pour les différents composés de nickel varient de **0,1 mg/m³**, soit 100 µg/m³ (sulfate de nickel et composés solubles)³ à **1 mg/m³**, soit 1 000 µg/m³ pour le nickel métallique. Il importe de noter ici que les valeurs pour les travailleurs sont souvent plus élevées que celles pour la population générale en raison de la présence de sous-groupes plus sensibles (ex. : femmes enceintes, nouveau-nés, etc.) et d'une durée d'exposition quotidienne plus importante (24 h plutôt que 8 h/jour) pour la population.

Critère de gestion de la Direction régionale de santé publique pour le nickel

L'US-EPA a établi une valeur toxicologique de référence pour le cancer du poumon de **2 ng/m³**. Cette valeur est la plus basse actuellement disponible. Étant plus conservatrice, cette valeur est utilisée dans le présent document comme valeur de référence pour le seuil de risque cancérigène. Rappelons que cette valeur est établie pour une exposition de 24 heures par jour pendant 70 ans et que plusieurs facteurs d'incertitude sont appliqués pour tenir compte des différences lors de l'extrapolation de données provenant d'une étude expérimentale, le plus souvent conduite chez l'animal, à une situation d'exposition environnementale réelle chez l'homme.

Données environnementales disponibles

Les données environnementales disponibles et sur lesquelles repose cet avis proviennent du MDDEFP. Ce dernier a procédé à des mesures de nickel dans l'air aux stations Des Sables, Vitré et Beaujeu et a transmis ces données (brutes ou analysées) au DSP de façon progressive depuis décembre 2012.

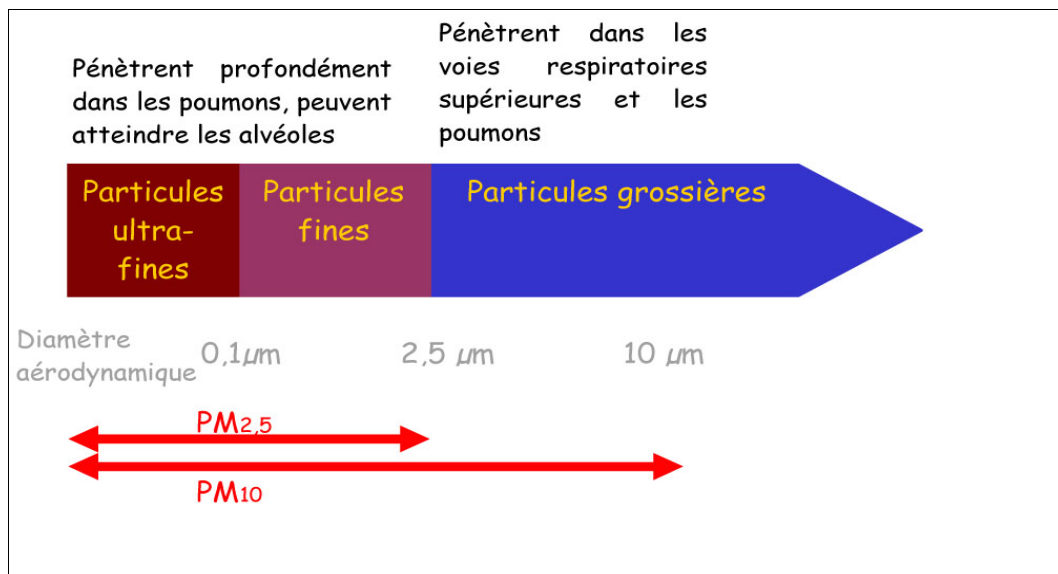
Ainsi, les données sur la qualité de l'air en matière de nickel obtenues à partir de mesures prélevées tous les six jours pendant 24 heures, proviennent de deux types d'appareil :

- un échantillonneur à grand débit *Hi-Vol* qui mesure l'ensemble des particules de moins de 150 µm;
- un échantillonneur de type *Dichotomous* (Dichot) qui mesure les particules de moins de 10 µm, soit la portion **respirable**.

³ 0,1 mg/m³ correspond à 100 000 ng/m³

En effet, l'effet des particules dépend de leur taille. Ainsi, les particules les plus grosses se déposent sur la muqueuse de l'oropharynx et sont dégluties, la voie de pénétration principale est donc digestive. Quant aux particules fines, elles se déposent sur l'arbre trachéo-bronchique et vont atteindre les alvéoles pulmonaires. Le taux de déposition est très important pour les particules ultra fines de moins de $0,5 \mu\text{m}$, il est de 20 % pour les particules de $0,5$ à $2,5 \mu\text{m}$. Ces particules sont éliminées par phagocytose ou par le tapis mucociliaire. Au niveau cellulaire, les particules provoquent une inflammation avec libération de médiateurs chimiques et de radicaux libres au niveau des voies respiratoires.

Figure 2. Pénétration dans l'organisme des particules en suspension dans l'air, selon la taille



Source : Institut de Veille Sanitaire (InVS) Les effets sur la santé de l'exposition à la pollution atmosphérique
http://www.invs.sante.fr/surveillance/psas9/aide_memoire.html

Tableau 1. Concentrations moyennes de nickel et de particules totales (PST) pour la période du 2 avril 2010 au 28 mars 2012 à partir d'un échantillonneur *Hi-Vol*

	Nickel	PST	% de nickel dans PST
Station Des Sables	0,07236 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (72 ng/m^3) (n=80)	45,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (n=80)	0,159
Station Vitré	0,04875 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (49 ng/m^3) (n=112)	61,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (n=112)	0,080
Station Beaujeu	0,03883 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (39 ng/m^3) (n=102)	56,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (n=102)	0,069

Adapté de J.-F. Brière (2012) Incinérateur de Québec : Analyse des résultats de métaux. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 7 décembre 2012

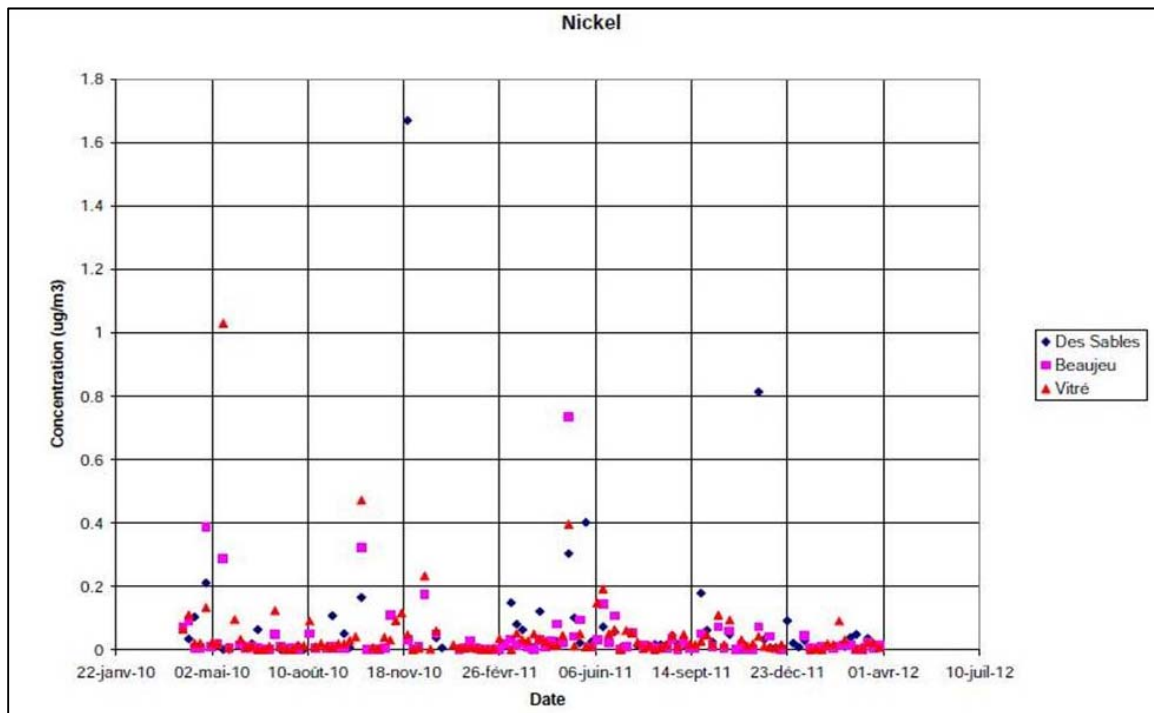
À partir du tableau original de Walsh et Brière (2012), il est possible de calculer (zone grisée du tableau 1), la proportion de nickel dans les particules totales en suspension.

Les constats suivants peuvent être faits :

- le nickel représente moins de 0,2 % des particules totales en suspension échantillonnées;
- la valeur moyenne du nickel pour la station Des Sables est pratiquement le double des stations Vitré (1,48 fois) et Beaujeu (1,86 fois). Cette valeur moyenne dépasse de 6 fois la norme du RAA (12 ng/m^3);
- les trois stations échantillonnées présentent des valeurs moyennes de nickel qui dépassent la norme du RAA (12 ng/m^3).

Dans les faits, les moyennes annuelles calculées pour les 3 stations sont fortement influencées par les dépassements mesurés, comme en témoigne la figure suivante :

Figure 1. Valeurs de nickel mesurées par le MDDEPF aux stations d'échantillonnage Des Sables, Vitré et Beaujeu du 2 avril 2010 au 28 mars 2012.



Source : Brière, J.-F. (2012) Incinérateur de Québec : Analyse des résultats de métaux, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 7 décembre 2012

À partir de figure 1, les constats suivants peuvent être faits :

- Treize valeurs (4,4 %) enregistrés sur un total de 294 échantillons pour les trois stations se situent entre 200 et 1600 ng/m³ pour la période du 2 avril 2010 au 28 mars 2012.
- Cependant, ces valeurs élevées restent sous la valeur toxicologique de référence pour une exposition aiguë par inhalation de 6 µg/m³ (6000 ng/m³) (INERIS 2006).

Par ailleurs, comme mentionné dans la section sur les effets sur la santé des particules, ce sont surtout les particules respirables (PM₁₀) qui sont inhalées. Le tableau 2 présente notamment l'évolution, de 2010 à 2012, des concentrations annuelles moyennes de particules de nickel mesurées à la station Des Sables dont le diamètre est inférieur à 10 µm.

Tableau 2. Concentrations moyennes de nickel à la station Des Sables à partir de deux types distincts d'échantillonneur (*Hi-Vol*, *Dichot*) pour la période du 2 avril 2010 au 28 mars 2012

Station Des Sables	Hi-Vol* (particules < 150 µm)	Dichot** (particules < 10 µm)
2010	96 ng/m ³ (0,0960 µg/m ³)* (n = 27)	26 ng/m ³ (0,0256 µg/m ³) (n = 47)
2011	69 ng/m ³ (0,0696 µg/m ³) (n = 43)	18 ng/m ³ (0,0176 µg/m ³) (n = 62)
2012	23 ng/m ³ (0,0239 µg/m ³) (n = 55)	11 ng/m ³ (0,0106 µg/m ³) (n = 37)

*Walsh, Pierre, J.-F. Brière (2013) Origine des concentrations élevées de nickel dans l'air ambiant à Limoilou, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 15 avril 2013, p. 7. <http://www.mddefp.gouv.qc.ca/air/ambiant/nickel-limoilou/concentrations-nickel-air-Limoilou.pdf>

**Yves Grimard, Demande d'information de la Direction santé publique, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs,, 9 avril 2013 No ref. SAVEX-12173 (Les valeurs Dichot provenant de Grimard (2013) ont été retenues parce que plus élevées que celles rapportées dans Walsh [2013])

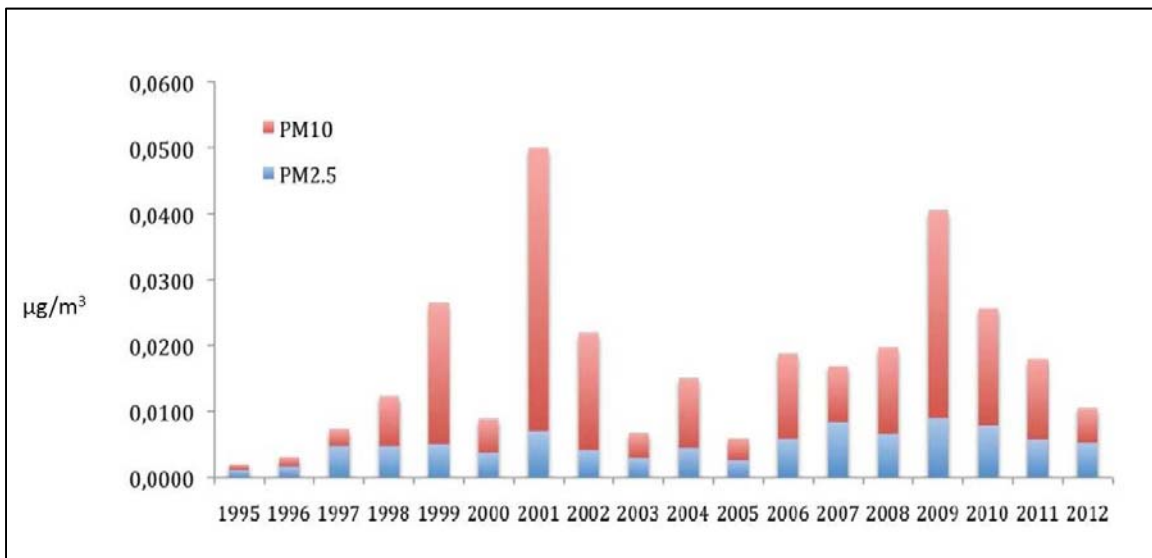
***La moyenne en grisé ne peut être considérée comme fiable en raison du petit nombre d'échantillons pour la calculer.

Ainsi, on constate que :

- la réduction des concentrations de nickel est plus importante pour les particules totales (mesurées par *Hi-Vol*) bien que les particules respirables aient aussi connu une baisse.
- la concentration moyenne de nickel dans les particules totales (mesurées par *Hi-Vol*) a diminué entre 2010 et 2012 d'un ordre de grandeur de 4.
- la concentration moyenne de **particules respirables** (PM₁₀) de nickel (mesurées par *Dichot*) a diminué de moitié entre 2010 et 2012.
- les particules respirables représentent entre 26 % et 48 % des particules totales de nickel mesurées.

Le récent rapport réalisé par le MDDEFP en avril 2013 révèle que des concentrations élevées de nickel dans l'air de La Cité-Limoilou ont été observées au cours de 15 dernières années.

Figure 2. Concentrations moyennes de nickel à la station Des Sables de 1995 à 2012 dans les fractions $PM_{2.5}$ et PM_{10}



Source : Pierre Walsh, Ph. D., et Jean-François Brière, M. Sc., Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Origine des concentrations élevées de nickel dans l'air ambiant à Limoilou, 15 avril 2013 <http://www.mddefp.gouv.qc.ca/air/ambiant/nickel-limoilou/concentrations-nickel-air-Limoilou.pdf>

À partir de figure 2, les constats suivants peuvent être faits :

- Le niveau moyen le plus élevé de nickel dans les fractions $PM_{2.5}$ et PM_{10} à la station Des Sables a été enregistré en 2001 (49,9 ng/m³).
- Les concentrations moyennes de nickel dans les fractions $PM_{2.5}$ et PM_{10} à la station Des Sables ont diminué au cours de 4 dernières années.

Comparaisons régionales des concentrations mesurées de nickel

Les moyennes arithmétiques des concentrations mesurées à la station Des Sables pour les années 2010, 2011 et 2012 ont été comparées aux valeurs disponibles pour d'autres régions du Québec. Les moyennes de nickel mesurées dans l'air de La Cité-Limoilou sont nettement supérieures à celles des stations d'échantillonnage présentant les plus faibles concentrations de nickel du Québec (tableau 3).

Tableau 3. Concentrations de nickel pour quelques stations d'échantillonnage du MDDEFP

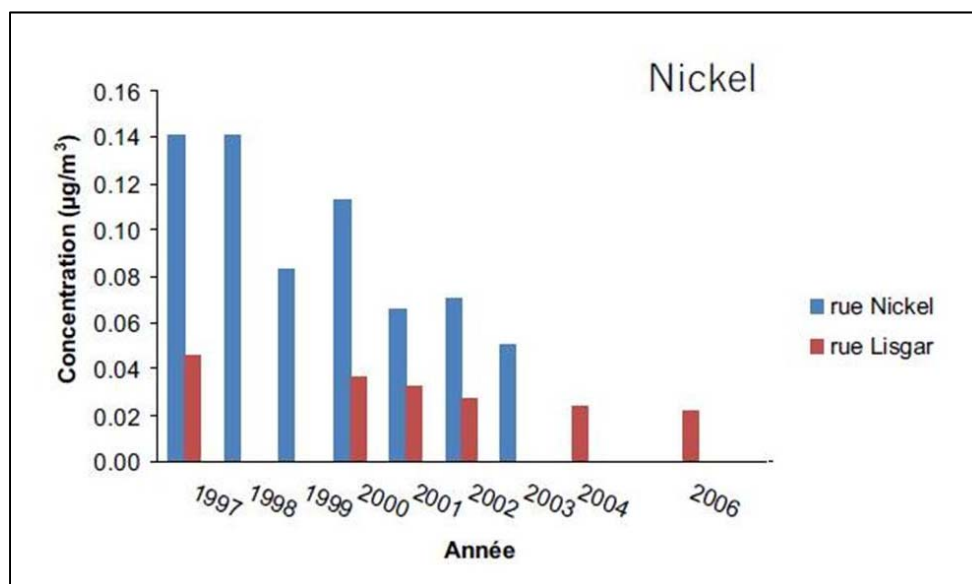
	Stations	Hi-Vol < 150 µm
Urbain	Québec Des Sables (2012)	23 ng/m ³ (0,023 µg/m ³)
	Québec Des Sables (2011)	69 ng/m ³ (0,069 µg/m ³)
	Québec Des Sables (2010)	96 ng/m ³ (0,096 µg/m ³)
	Weber (Sherbrooke) ¹	1,5 ng/m ³ (0,0015 µg/m ³)
	Hull (Gatineau) ¹	1,9 ng/m ³ (0,0019 µg/m ³)
Rural	Mercier (2008-2011)	3 ng/m ³ (0,003 µg/m ³)
	Auclair ¹	1,5 ng/m ³ (0,0015 µg/m ³)
	Édouard ¹	1,5 ng/m ³ (0,0015 µg/m ³)
	St-Simon ¹	1,7 ng/m ³ (0,0017 µg/m ³)
	La Pêche ¹	1,5 ng/m ³ (0,0015 µg/m ³)

Adapté de Walsh, P, et J.-F. Brière (2013)

¹Années de références non disponibles.

Cependant, comme illustré à la Figure 3, en milieu industrialisé comme dans la région de Sudbury (station rue Nickel), les concentrations annuelles moyennes de nickel (PM₁₀) pour les années 1997 et 1998 étaient de **140 ng/m³** (0,14 µg/m³). Rappelons, que les concentrations annuelles moyennes de nickel (PM₁₀) pour la station Des Sables variaient de 11 à 26 **ng/m³** (0,0106 à 0,0256 µg/m³).

Figure 3. Concentrations de nickel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dans deux stations situées dans la ville de Sudbury, Ontario, pour les années 1997 à 2006.



Source : Air pur Sudbury, Rapport n 2 : Tendances de la qualité de l'air dans la région du Grand Sudbury 1998 à 2007 <http://www.cleanairsudbury.ca/Reports/Du%20changement%20dans%20l'air%202009.pdf>

Le risque associé au nickel présent dans l'air de La Cité-Limoilou

Le but de cet avis est de se prononcer sur les risques associés à l'exposition au nickel à partir des concentrations mesurées dans La Cité-Limoilou.

L'exposition aiguë au nickel peut engendrer des problèmes de sensibilisation asthmatique et allergique. Il est difficile d'établir des effets seuils compte tenu des sensibilités individuelles. Il est donc raisonnable de conclure que le nickel présent dans l'air de La Cité-Limoilou pourrait contribuer à augmenter les problèmes d'asthme, d'allergie et de dermatite.

Pour le risque de cancer associé au nickel, bien que nous ne possédions pas d'analyse détaillée des formes de nickel présentes dans l'air, les concentrations moyennes mesurées (Tableau 1) à partir des stations d'échantillonnage du MDDEFP, dépassent la norme du RAA (12 ng/m^3) ainsi que la valeur toxicologique de référence établi par l'US-EPA (2 ng/m^3). Si de telles concentrations devaient perdurer dans l'environnement au cours des 70 prochaines années, en supposant que le nickel retrouvé dans l'air est entièrement sous une spéciation de type cancérigène, le nombre théorique de cancers pulmonaires

attendus pour les résidents du secteur Basse-Ville-Limoilou-Vanier⁴ de Québec serait de 3 cancers pulmonaires sur 70 ans. En effet, l'estimation de risque de cancer du poumon associé à une exposition à vie à une concentration moyenne de nickel de 72 ng/m³ (station Des Sables) pour une population de 85 719 personnes (DRSP, 2008) résidant du secteur Basse-Ville-Limoilou-Vanier est de 3 cancers. Pour observer cette augmentation, il faudrait qu'une personne soit exposée à ces concentrations, 24 heures par jour, pendant 70 ans.

Voici la méthode de calcul utilisée :

- $2 \text{ ng/m}^3 = 1/1\,000\,000$
- $72,36 \text{ ng/m}^3 = 36/1\,000\,000$
- $72,36 \text{ ng/m}^3 = 3/85\,719$

⁴ Les données de santé sont fournies sur la base du territoire du CSSS qui ne concorde pas avec les divisions territoriales municipales.

CONCLUSION SUR LES EFFETS SUR LA SANTÉ DU NICKEL

Comme plusieurs autres contaminants présents dans La Cité-Limoilou, le nickel et ses composés, peuvent entraîner des problèmes de santé chez les personnes exposées, selon la concentration du nickel dans l'air et la durée de l'exposition. L'analyse réalisée par la DRSP à partir des informations disponibles permet d'affirmer que la population en général ne devrait pas ressentir d'effets aigus significatifs sur sa santé à court terme.

Chez des personnes en bonne santé, les concentrations de nickel dans l'air pourraient favoriser le développement de problèmes d'allergie, d'asthme et de dermatite de contact. De plus, les personnes hypersensibles ou ayant déjà une allergie au nickel, pourraient développer de l'asthme, associés ou non à des rhinites et des urticaires. Ces pathologies surviennent parfois chez des sujets présentant déjà un eczéma.

Dans le cas d'une exposition à long terme (chronique sur 70 ans), si de telles concentrations devaient perdurer dans l'environnement au cours des 70 prochaines années, et en supposant que le nickel retrouvé dans l'air soit entièrement sous une spéciation de type cancérigène, les concentrations de composés de nickel mesurées dans l'air de La Cité-Limoilou pourraient engendrer une légère augmentation du nombre de cancers. Cependant, ce risque est relativement faible. Toutefois, il apparaît nécessaire d'agir pour réduire au maximum les émissions de nickel dans l'air, compte tenu du fait : 1) qu'il s'agit d'un cancérigène reconnu; 2) que le bruit de fond dans certains milieux urbains (incluant La Cité-Limoilou) dépasse déjà la valeur toxicologique de référence de 2 ng/m³; 3) que le nickel s'additionne à de nombreux autres contaminants cancérigènes dans l'air de ce secteur; et 4) qu'il existe des mesures reconnues efficaces de contrôle. Enfin, rappelons que le tabagisme demeure la source principale de cancer du poumon.

CONCLUSION

Malgré le fait que le présent avis de santé publique est axé sur le nickel et ses composés, rappelons que toute une gamme de polluants présents dans l'air ambiant de zones mixtes (industrielle et résidentielle riveraine) telles que La Cité-Limoilou, affecte la qualité de l'air qui représente un déterminant important de santé. En effet, entre 15 à 33 journées de mauvaise qualité de l'air ont été enregistrées annuellement dans ce secteur pour la période de 2000 à 2011. Une journée de mauvaise qualité de l'air signifie qu'au moins un des cinq polluants mesurés ($PM_{2,5}$, NO_x , O_3 , SO_2 et CO) à la station Des Sables dépasse ainsi les normes prévues au Règlement de l'assainissement de l'atmosphère (MDDEFP, 2013). Environnement Canada (2004) estime que 8 % de la mortalité, toutes causes confondues, chez les personnes de 65 ans et plus, dans la communauté urbaine de Québec/Beauce, est due à la pollution de l'air par les $PM_{2,5}$, les NO_x , le SO_2 , l' O_3 et le CO . Cet excès de mortalité ne peut être expliqué par les concentrations observées de nickel et de ses composés dans l'air ambiant.

De plus, des conditions socioéconomiques défavorables s'ajoutent aux impacts liés à la contamination de l'air. En conséquence, il est clair que le dossier de la qualité de l'air dans La Cité-Limoilou doit être traité dans son ensemble et que le directeur de santé publique doit pouvoir compter sur les organisations/autorités/instances concernées pour atteindre ses objectifs de protection de la population et de réduction des risques pour toute la population. À cet effet, tout doit être mis en œuvre pour rencontrer les normes en vigueur et tendre vers les seuils reconnus sécuritaires pour éviter des effets indésirables à la santé. C'est dans cette perspective que le DSP a créé un comité intersectoriel intégrant les organisations/autorités/instances publiques et privées concernées par la qualité de l'air dans La Cité-Limoilou. Ce comité travaillera à réduire les risques associés à la qualité de l'air dans ce secteur en particulier.

RECOMMANDATIONS

Une partie de l'arrondissement La Cité-Limoilou supporte un des pôles industriels majeurs de la région, et ce, depuis plusieurs décennies. La contamination par le nickel est le reflet de cette activité. Ce territoire présente un cumul de facteurs de risques environnementaux et de nuisances pour la santé de sa population qui mérite une approche globale et concertée de réduction de ces risques. C'est pourquoi le directeur émet les recommandations suivantes :

Aux générateurs de risques

1. Qu'ils développent ou actualisent leur plan d'action visant à réduire la contamination par le nickel et les autres contaminants (en particulier : NO_x, particules, ozone, SO₂, COV) dans les quartiers affectés (ex. : caractérisation, réduction à la source, mesures de contrôle et de mitigation, suivi, information).
2. Qu'ils mettent en place les bonnes pratiques pour faire en sorte que leurs opérations génèrent le moins de contamination possible pour les citoyens riverains.
3. Qu'ils impliquent les citoyens riverains dans leur prise de décision concernant la gestion des risques environnementaux associés à leurs activités.

Au MDDEFP

4. Qu'il suive l'évolution de la contamination par le nickel et les autres contaminants de l'air ambiant (en particulier : NO_x, particules, ozone, SO₂, CO) associés aux activités industrielles locales dans le temps pour que l'efficacité des mesures mises en place par les générateurs de risque puisse être appréciée.
5. Qu'il réalise un bilan de la contamination des sols par le nickel et autres contaminants (en particulier : métaux (Pb, Hg, Ni, Be, Cr, Cd), composés organiques semi-volatils (HAP, PCDD/F, BPC) dans les secteurs riverains des activités industrielles de La Cité-Limoilou.
6. Qu'il s'assure, pour une période de trois ans, d'obtenir des mesures sur les contaminants atmosphériques pour l'ensemble du territoire de La Cité-Limoilou, afin d'apprécier l'efficacité des mesures mises en place par les générateurs de risque et qu'il en saisisse le DSP rapidement.

À la Ville de Québec

7. Qu'elle augmente ses activités de verdissement (incluant le recouvrement des sols à nu) et de nettoyage dans l'arrondissement La Cité-Limoilou.

Au ministère des Transports du Québec

8. Qu'il intensifie ses activités de nettoyage le long des routes et autoroutes sous sa responsabilité, situées dans La Cité-Limoilou.

RÉFÉRENCES

- ATSDR (2005). Toxicological Profile for Nickel, U.S. Department of Health and Human Services, 397 p.
- Bell, Michelle L., K Ebisu, RD Peng, JM Samet, F Dominici (2009). Hospital Admissions and Chemical Composition of Fine Particle Air Pollution. *Am J Respir Crit Care Med* vol. 179. pp 1115-1120, 2009.
- Direction régionale de santé publique de la Capitale-Nationale (2008). Le portrait de santé de la région de la Capitale-Nationale 2008. Les statistiques (<http://www.drsp.qc.ca/docuemtns/les-statistiques.pdf>).
- Environnement Canada, Gouvernement du Canada, Santé Canada (1994). Loi canadienne sur la protection de l'environnement. Liste des substances d'intérêt prioritaire. Rapport d'évaluation. Le nickel et ses composés LSIP1, Canada, 93 p.
- IARC (1990). Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, *Chromium, Nickel and Welding*. IARC monographs on the evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 49. Lyon : International Agency for Research on Cancer.
- INERIS (2006). Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques - Nickel et ses dérivés. INERIS-DRC-02-25590-02DF44, 60 p.
- INERIS (2009). Point de vue sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) – mars 2009. Rapport d'étude 17/03/2009.
- INRS (2009). Fiche toxicologique FT 68, Nickel et ses oxydes. Éd. 2009. 10 p.
- Institut de Veille Sanitaire (InVS) Les effets sur la santé de l'exposition à la pollution atmosphérique [en ligne], 26 avril 2013, http://www.invs.sante.fr/surveillance/psas9/aide_memoire.html
- Institut national de santé publique du Québec (2012). Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique d'origine environnementale au Québec. INSPQ. 141 p.
- Kasper-Sonnenberg, Monika, D Sugiri, S Wurzler *et al.* (2011). Prevalence of Nickel Sensitization and Urinary Nickel Content of Children are Increased by Nickel in Ambient Air. *J env. res.* 111 (2011) 266-273.
- Loi et règlement du Québec (L.R.Q., c. S-2.2). Loi sur la santé publique, chapitre S-2.2, Éditeur officiel du Québec.
- Loi et règlement du Québec (L.R.Q., c. S-4.2). Loi sur les services de santé et les services sociaux, chapitre S-4.2, Édition officielle du Québec.
- Loi et règlement du Québec (L.R.Q. c. S-2.1 r. 13). Loi sur la santé et la sécurité du travail. Règlement sur la santé et la sécurité du travail, Édition officielle du Québec.

Loi et règlement du Québec (L.R.Q. c.Q-2, r. 4.1). Loi sur la qualité de l'environnement, chapitre Q-2, règlement sur l'assainissement de l'air. r.41 et r.13, Éditeur officiel du Québec.

Organisation mondiale de la Santé (OMS) (1991). Critère d'hygiène de l'environnement 108. OMS, Programme international sur la sécurité des substances chimiques, Genève.

Statistiques Canada (2012). Enquête canadienne sur les mesures de la santé : Cycle 2 (2009-2011). Sommaires et résultats relatifs aux métaux et oligo-éléments. Chapitre 8.12 Nickel. pp. 117-125.

US-Environmental Protection Agency (2000). Nickel Compounds. Hazard Summary. <http://www.epa.gov/ttnatw01/hlthef/nickel.html>, dernière consultation 26 avril 2013.

Walsh, Pierre, J.-F. Brière (2013). Origine des concentrations élevées de nickel dans l'air ambiant à Limoilou. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. 15 avril 2013. 20 p.