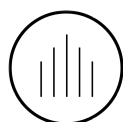


Revue du cadre réglementaire relatif à l'industrie du nickel Volet air ambiant

Ministère de l'Économie et de l'Innovation



Environnement et géosciences

Novembre | 2018

Rapport final - Rev00
Ref. Interne 653559

Revue du cadre réglementaire relatif à l'industrie du nickel Volet air ambiant

Ministère de l'Économie et de l'Innovation

Préparé par

vérifié par :



Simon Piché, ing. Ph. D.
Ingénieur en qualité de l'air
Environnement et géosciences
Ingénierie des infrastructures



Robert Auger, ing. M. Sc. A.
Directeur de projet
Environnement et géosciences
Ingénierie des infrastructures

N/Dossier n° : 653559
N/Document n° : Rapport final – Rev00

Novembre 2018



Le 27 novembre 2018

CONFIDENTIEL

À l'attention de : M. Robert Marquis, géologue
Président-directeur-général
Institut national des mines
125, rue Self
Val-d'Or (Québec) J9P 3N2

Objet : Revue du cadre réglementaire de l'industrie du nickel
Volet air ambiant
Rapport final – Rev00
Notre dossier : 653559

Monsieur,

Veillez trouver ci-joint la version finale de notre rapport concernant le volet air ambiant de la revue du cadre réglementaire de l'industrie du nickel. Ce rapport a été préparé par des experts de SNC-Lavalin, opérant sous l'entité juridique SNC-Lavalin GEM Québec inc. (« SNC-Lavalin »), dans le cadre de la revue mentionnée en titre.

Cette version finale inclut entre autres en Annexe A l'analyse des données de nickel dans les PST mesurées par Canadian Royalties au camp Expo du projet Nunavik Nickel.

Nous espérons le tout à votre satisfaction et nous vous prions d'accepter, monsieur, l'expression de nos sentiments distingués.

SNC-Lavalin GEM Québec inc.



Robert Auger
Directeur de projet

Environnement et géosciences
Infrastructures

RA/mh
p.j.

Avis au lecteur

Le présent rapport a été préparé, et les travaux qui y sont mentionnés ont été réalisés par SNC-Lavalin GEM Québec inc. (SNC-Lavalin) exclusivement à l'intention du **Ministère de l'Économie et de l'Innovation** (le Client), qui fut partie prenante à l'élaboration de l'énoncé des travaux et en comprend les limites. La méthodologie, les conclusions, les recommandations et les résultats cités au présent rapport sont fondés uniquement sur l'énoncé des travaux et assujettis aux exigences en matière de temps et de budget, telles que décrites dans l'offre de services et/ou dans le contrat en vertu duquel le présent rapport a été émis. L'utilisation de ce rapport, le recours à ce dernier ou toute décision fondée sur son contenu par un tiers est la responsabilité exclusive de ce dernier. SNC-Lavalin n'est aucunement responsable de tout dommage subi par un tiers du fait de l'utilisation de ce rapport ou de toute décision fondée sur son contenu.

Les conclusions, les recommandations et les résultats cités au présent rapport (i) ont été élaborés conformément au niveau de compétence normalement démontré par des professionnels exerçant des activités dans des conditions similaires de ce secteur, et (ii) sont déterminés selon le meilleur jugement de SNC-Lavalin en tenant compte de l'information disponible au moment de la préparation du présent rapport. Les services professionnels fournis au Client et les conclusions, les recommandations et les résultats cités au présent rapport ne font l'objet d'aucune autre garantie, explicite ou implicite. Les conclusions et les résultats cités au présent rapport sont valides uniquement à la date du rapport et peuvent être fondés, en partie, sur de l'information fournie par des tiers. En cas d'information inexacte, de la découverte de nouveaux renseignements ou de changements aux paramètres du projet, des modifications au présent rapport pourraient s'avérer nécessaires.

Le présent rapport doit être considéré dans son ensemble, et ses sections ou ses parties ne doivent pas être vues ou comprises hors contexte. Si des différences venaient à se glisser entre la version préliminaire (ébauche) et la version définitive de ce rapport, cette dernière prévaudrait. Rien dans ce rapport n'est mentionné avec l'intention de fournir ou de constituer un avis juridique.

Le contenu du présent rapport est de nature confidentielle et exclusive. Il est interdit à toute personne, autre que le Client, de reproduire ou de distribuer ce rapport, de l'utiliser ou de prendre une décision fondée sur son contenu, en tout ou en partie, sans la permission écrite expresse du Client et de SNC-Lavalin.

Pour les besoins de ce rapport, les dénominations actuelles des ministères concernés sont utilisées, à moins de références précises à des documents.

Équipe de travail

Représentant le MÉI

Robert Marquis, géologue

PDG Institut des mines

SNC-Lavalin GEM Québec inc.

Robert Auger, ing. M.Sc.A.

Simon Piché, ing. Ph. D.

Mélanie Hunault

Directeur de projet

Chargé de projet

Édition

Sommaire

Les concentrations de nickel mesurées dans l'air ambiant au Québec, que ce soit dans les particules en suspension totales (PST) ou les particules fines (PM₁₀) sont en général basses et représentatives des niveaux mesurés ailleurs dans le monde, lorsqu'il n'y a pas d'installations de nickel à proximité. Pour les deux lieux où des concentrations notables de nickel ont été enregistrées par le passé, soit dans l'Est de Montréal et près du Port de Québec, une évolution à la baisse est observée depuis quelques années, de sorte que la norme journalière est maintenant respectée. La baisse des concentrations dans l'est de Montréal concorde avec les émissions déclarées par les raffineries de Shell (fermée en 2010) et Suncor. L'étude relève qu'une émission totale de 1 t/an de nickel à l'atmosphère par les cheminées des raffineries a suffi à générer des dépassements de la norme de nickel dans les PM₁₀ à 5 km de distance. Toutes les mesures des stations gouvernementales sont situées à des lieux qui ne concernent pas l'industrie du nickel, à l'exception d'activités portuaires.

L'Annexe A présente les données de nickel dans les PST mesurées par l'entreprise minière à proximité de sa mine à ciel ouvert au Nunavik. Ces données montrent que les valeurs sont le double de tous les indicateurs statistiques les plus élevées jamais mesurées au Vieux-Limoilou. La norme journalière pourrait potentiellement être dépassée 50% du temps, comme c'est aussi le cas aux stations de mesure situées à proximité du complexe de nickel de Vale, à Sudbury.

La norme journalière de nickel dans les PM₁₀ de 0,014 µg/m³ du Québec est sans conteste la plus sévère au monde, en ce qui a trait à sa portée et sa force d'application dans les pays où l'industrie du nickel est présente. Une norme d'air ambiant est plus sévère et contraignante qu'un critère ou une valeur toxique de référence. L'accumulation de dépassements répétés d'une norme pourrait mener à la cessation des activités d'une installation de nickel.

Le développement de la norme québécoise s'est basé sur l'approche californienne et des mêmes études de base sur les souris (Graham, 1979) ayant servi à développer des valeurs toxiques de référence (Reference Exposure Limit) pour les effets non cancérogènes de courte durée (1h: 0,2 µg/m³ et 8 h: 0,06 µg/m³). Toutefois, la Californie, où l'industrie du nickel n'est pas présente, a aussi élaboré une valeur toxique de référence annuelle de 0,014 µg/m³ pour les effets cancérogènes, qui met en lumière la sévérité de la norme québécoise.

Dans les pays occidentaux où est effectuée l'extraction du minerai, très peu de juridictions appliquent un critère ou une norme de nickel dans l'air ambiant. Dans ces mêmes lieux (Australie, Nouvelle-Calédonie, Manitoba, Terre-Neuve, Michigan et tous les pays asiatiques), les concentrations de nickel dans l'air ambiant sont rarement, sinon jamais évaluées par modélisation ou mesurées par des stations d'air ambiant, pour fins d'autorisation et de suivi de nouveaux projets, ni pour l'agrandissement ou pour des modifications à des installations existantes de nickel. Seuls le Québec et l'Ontario appliquent ces paliers d'évaluation.

Deux juridictions se distinguent de par leur souci d'accompagner leurs industries en général, dont celle du nickel: l'Ontario et l'Union européenne. L'Ontario a une approche en trois étapes :

- 1- Des normes générales et des critères d'air ambiant sont applicables à toutes industries. La norme annuelle générale du nickel est de 0,04 µg/m³ dans les PST annoncée en 2011 est en vigueur depuis le 1^{er} juillet 2016. Les critères de nickel sont de 0,02 µg/m³ dans les PM₁₀, ainsi que des critères sur 24 h de 0,2 et de 0,1 µg/m³ dans les PST et les PM₁₀ respectivement.

- 2- Une industrie peut se prévaloir d'une norme spécifique à ses installations (SSS – Site Specific Standard), valable pour une durée de 10 ans et renouvelable suite à une mise à jour du dossier. Par exemple, la norme annuelle de nickel dans les PST établie pour la minière Vale à Sudbury est de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ jusqu'à la fin 2021, date à partir de laquelle la norme pourra être maintenue ou modifiée, suite à une nouvelle demande de Vale.
- 3- Une démarche de conformité fondée sur le secteur (norme sectorielle) peut être appliquée lorsqu'au moins deux installations dudit secteur sont incapables de se conformer à au moins une norme de qualité de l'air en raison de contraintes techniques ou économiques. C'est le cas des industries du cuivre-nickel et cuivre-zinc, pour lesquelles une norme sectorielle a été édictée le 23 mars 2018. Pour s'en prévaloir, l'industrie doit en faire la demande puis se conformer aux prescriptions techniques de la norme sectorielle basées sur les meilleures pratiques et technologies disponibles pour réduire les émissions atmosphériques. Aucune norme chiffrée n'est alors appliquée, mais un suivi serré est exercé par le ministère de l'environnement et de l'action en matière de changement climatique de l'Ontario (MOECC).

L'Union européenne a adopté une valeur cible annuelle de $20 \text{ ng}/\text{m}^3$ pour le nickel dans les PM_{10} entrée en vigueur le 31 décembre 2012. Une valeur cible constitue une concentration maximale dans l'air ambiant qui est fixée sur la base de connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution de l'air sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble. Elle doit être atteinte dans la mesure du possible, dans un délai déterminé, sans impliquer de mesures entraînant des coûts déraisonnables et/ou disproportionnés. En ce qui concerne les installations industrielles, les valeurs cibles ne devraient pas entraîner des mesures qui aillent au-delà de l'application des meilleures technologies disponibles (MTD) exigée par la directive 96/61/CE relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution ni, en particulier, la fermeture d'installations. Un plan d'action doit être mis en place par l'entreprise pour rectifier la situation, sous un suivi serré des autorités concernées. Le pays doit faire rapport de la situation et du plan d'action à l'Union européenne.

Cette revue présente plusieurs études de cas concernant des industries aux prises avec des dépassements des normes de nickel dans l'air ambiant. Les cas les plus intéressants permettent l'accès aux données d'air ambiant, ce qui permet de vérifier l'ampleur des dépassements si la norme journalière de nickel du Québec était appliquée. Cinq cas se démarquent :

- › Sudbury, Ontario, où le réseau de suivi de Vale couvre les métaux (incluant le nickel) dans les PM_{10} (5 stations) et les PST (9 stations) depuis plus de 10 ans. La qualité de l'air s'est améliorée au fil des ans de sorte que le centre-ville de Sudbury est maintenant une des villes avec les plus basses concentrations de particules fines ($\text{PM}_{2,5}$) en Ontario. Les concentrations journalières de nickel dans les PM_{10} mesurées à la station du MOECC au centre-ville dépassent présentement la norme journalière du Québec le tiers du temps. Vale a mis en œuvre un plan de réduction des poussières et sera appelée à revoir en profondeur ses pratiques avec la nouvelle norme sectorielle.
- › Dans la vallée du Tawe au Royaume-Uni, la valeur cible annuelle de $20 \text{ ng}/\text{m}^3$ dans les PM_{10} a été dépassée à une station d'air ambiant de 2011 à 2016. L'application de mesures de mitigation additionnelles à deux usines (raffinerie de nickel et industrie d'alliages) et surtout des mesures sophistiquées en continu réalisées en 2016 qui ont permis d'identifier les sources fautives, ont permis d'abaisser la concentration annuelle à $18,4 \text{ ng}/\text{m}^3$ en 2017, sous la cible annuelle. Toutefois la pointe hebdomadaire mesurée était de $188 \text{ ng}/\text{m}^3$ et 43% des concentrations hebdomadaires mesurées auraient dépassé la norme journalière du Québec.

- › En Norvège, la raffinerie de nickel 'centenaire' Nikkelverk de Kristiansand dépasse la valeur cible annuelle de 20 ng/m³ dans les PM₁₀ depuis 2009, à l'exception de 2011, à la station d'air ambiant située à 300 m du complexe. Cette usine revêt un grand intérêt du fait que l'OMS a dérivé sa ligne directrice sur les effets cancérigènes du nickel à partir des données d'exposition de ses travailleurs et qu'elle est l'une des deux raffineries à partir desquelles les MTD ont été identifiées par la Commission européenne. Un plan d'action par étape a été proposé par Glencore pour baisser les concentrations de nickel dans l'air ambiant. En 2016, les mesures quotidiennes ont dépassé le seuil de 20 ng/m³ à 17 reprises. Les mesures appliquées en 2017 ont permis de réduire de 10 ng/m³ les concentrations annuelles de nickel dans les PM₁₀, sans toutefois atteindre la valeur cible annuelle de 20 ng/m³.
- › Port Esperance, dans l'état du Western Australia, est reconnu comme le plus grand port de concentré de nickel de l'hémisphère sud (100 000 à 300 000 tonnes de concentré par an). Le nickel est mesuré dans les PST depuis décembre 2008 alors que la norme journalière applicable est de 0,14 µg/m³ (140 ng/m³). Les concentrations ont radicalement baissé depuis que les opérations de manipulation de vrac ont cessé, et que le concentré de nickel est transporté par conteneurs jusqu'à la destination ultime. Depuis deux ans, un système de transbordement des conteneurs à l'intérieur des cales des navires est à l'essai, avec réévaluation prévue en janvier 2019. L'année se terminant au 30 septembre 2017, la valeur journalière maximale atteinte fut de 29 ng/m³ et près de 60% des mesures étaient égales ou inférieures à 3 ng/m³.
- › La Mine Eagle au Michigan, la seule mine de nickel active aux États-Unis, produit depuis 2014 de 25 000 à 30 000 t/an de concentré, expédié à Sudbury pour y être fondu. La demande de permis (2005) de cette mine souterraine a inclus une étude de dispersion sur divers polluants dont le nickel. Le critère annuel de risque initial, à l'époque de 0,0042 µg/m³, était respecté à limite de propriété. En 2017, le Michigan a revu ses critères de risque initial et secondaire pour le nickel dans les PM₁₀ à 0,0058 µg/m³ et 0,058 µg/m³, correspondant respectivement à un cas additionnel de cancer par million et par 100 000 individus et a laissé tomber ses critères de courte durée pour des effets non cancérigènes. Le critère initial s'applique dans le cas d'une revue d'une source nouvelle ou modifiée. Si le critère n'est pas respecté à la limite de propriété, l'installation est réputée conforme si l'ensemble de ses sources d'émission respecte le critère secondaire. Ainsi, le critère secondaire du Michigan se compare directement à la norme québécoise, le Québec considérant toujours l'ensemble des sources d'émission pour un projet minier.

La revue fait état de la norme sectorielle ontarienne de mars 2018 qui établit les meilleures pratiques et les MTD applicables à l'exploitation minière du nickel pour les sources dominantes d'émission de nickel suivantes :

- › les aires de stockage;
- › la manutention du matériel minier;
- › les unités de traitement de minerai;
- › les sites de disposition des résidus miniers;
- › les puits d'évacuation de l'air des mines souterraines;
- › les mines à ciel ouvert;
- › le routage.

La revue décrit également les MTD identifiées par l'Union européenne pour la métallurgie du nickel, et plus particulièrement :

- › Activités de manutention, stockage et transfert;
- › Activités de prétraitement;
- › Procédés de transformation pyrométallurgique;
- › Procédés de transformation hydrométallurgique.

L'application des MTD est essentielle à la baisse des concentrations de nickel dans l'air ambiant et devrait être un prérequis à l'approbation des nouveaux projets. La mesure la plus importante stipule que tout ce qui est minerai devrait être traité et manipulé à l'intérieur de bâtiments et de convoyeurs fermés avec du dépoussiérage conséquent (le roc extrait devient minerai une fois broyé). Il faut garder à l'esprit que les connaissances évoluent et rester ouverts aux nouvelles technologies. Par exemple, la revue identifie deux mesures qui ne sont pas citées comme des MTD par l'Ontario et l'Union européenne, mais qui pourrait offrir un excellent potentiel de réduction de poussières, soit la trémie de suppression des poussières et le recouvrement de piles de minerai d'une pellicule de cellulose biodégradable formant une croûte prévenant l'érosion éolienne.

En somme, si le Québec tient à conserver son industrie du nickel, il a intérêt à revoir à la hausse sa norme journalière de $0,014 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les PM_{10} . Des dépassements occasionnels dans certains cas (mine souterraine ou activité portuaire), plus fréquents dans d'autres cas (ex : mines à ciel ouvert) sont à prévoir pour l'ensemble des activités liées à l'industrie du nickel, malgré l'application des MTD. Une avenue potentielle serait de réinstaurer une norme annuelle équivalente à la cible européenne, basée sur un cas additionnel de cancer par environ 200,000 individus. La conformité à une norme journalière basse, même à moins de $0,060 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les PM_{10} , restera toujours problématique à proximité d'une installation de nickel, que l'entreprise ait utilisé ou non les MTD pour réduire ses émissions de nickel. Si le maintien d'une norme journalière est souhaitable, il faudra tenir compte de la possibilité (ou il faut accepter) que les concentrations mesurées soient occasionnellement élevées dans l'année. Une avenue possible est de se diriger vers une norme similaire à la norme canadienne sur les particules fines applicable sur la moyenne du 98^e centile des trois dernières années, pour offrir une marge de dépassement.

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Objectifs du mandat de SNC-Lavalin	1
1.2	Contenu du rapport.....	2
1.3	Unités utilisées	2
2	État de la situation de l'air ambiant	3
2.1	Sources de nickel dans l'environnement.....	3
2.2	Préambule aux résultats d'air ambiant.....	3
2.3	Nickel dans les PST au Québec	4
2.4	Nickel dans les PM ₁₀ au Québec	10
2.5	Bruit de fond du nickel en Californie	14
2.6	Europe.....	14
2.6.1	Bruit de fond du nickel en Norvège	16
3	Revue des normes de nickel dans l'air ambiant.....	17
3.1	Organisation Mondiale de la Santé (OMS).....	18
3.2	Québec.....	18
3.2.1	Norme de nickel dans l'air ambiant	18
3.2.2	Domaine d'application.....	19
3.3	Ontario	19
3.3.1	Contexte réglementaire.....	19
3.3.2	Norme générale sur la qualité de l'air	20
3.3.3	Norme spécifique à un site.....	21
3.3.4	Norme technique pour l'industrie du nickel.....	22
3.4	Autres normes provinciales sur le nickel.....	24
3.5	Michigan.....	25
3.6	Californie	26
3.6.1	Cadre réglementaire	26
3.6.2	Analyse de risques toxicologiques pour la santé humaine.....	27
3.6.3	Détermination des REL	29
3.6.4	Facteur de risque pour le cancer.....	31
3.7	Texas	31
3.8	Australie	32
3.9	Union Européenne.....	33
3.9.1	Valeur cible pour le nickel	33
3.9.2	Seuils d'évaluation et stations de mesure	33
3.9.3	Transmission des informations - dépassement de la valeur cible.....	34
3.9.4	Critères d'air ambiant de la Norvège	35
3.10	Nouvelle-Calédonie	35

3.11	Récapitulation de la revue des normes d'air ambiant.....	36
3.12	Normes d'émission à l'atmosphère.....	39
4	Études de cas	40
4.1	3Sudbury, Ontario	40
4.2	Europe.....	48
4.2.1	Nikkelverk, Norvège.....	48
4.2.2	Royaume-Uni.....	51
4.3	Nouvelle-Calédonie	56
4.4	Australie	58
4.4.1	Port Esperance	58
4.4.2	Projet de raffinerie de nickel, Gladstone (Queensland)	63
4.4.3	Projet de nickel Wingellina (Australie de l'ouest)	64
4.5	Michigan.....	66
5	Méthodes d'atténuation existantes des émissions de nickel.....	68
5.1	Norme sectorielle ontarienne	69
5.1.1	Aires de stockage	69
5.1.2	Manutention du matériel minier	69
5.1.3	Unité de traitement de minerai	70
5.1.4	Sites de disposition des résidus miniers.....	70
5.1.5	Puits d'évacuation de l'air des mines souterraines	71
5.1.6	Mine à ciel ouvert.....	72
5.1.7	Routage	73
5.2	Manutention du vrac	83
5.3	Recouvrement cellulosique des piles de minerai	85
5.4	Meilleures techniques disponibles - métallurgie du nickel	86
5.4.1	Activités de manutention, stockage et transfert	86
5.4.2	Activités de prétraitement.....	86
5.4.3	Procédés de transformation pyrométallurgique	87
5.4.4	Procédés de transformation hydrométallurgique	87
6	Impacts du cadre réglementaire sur l'industrie du nickel	91
7	Stratégies à préconiser	93

Liste des tableaux

Tableau 1	Statistiques du nickel dans les PST – Stations fermées du MELCC	6
Tableau 2	Statistiques du nickel dans les PST – Stations actives du MELCC	7
Tableau 3	Émissions annuelles (t/an) de nickel déclarées dans l'Est de Montréal	10
Tableau 4	Statistiques du nickel dans les PM ₁₀ au Québec.....	11
Tableau 5	Réserves et production mondiale des mines de nickel	17
Tableau 6	Valeurs limites pour le nickel dans l'air ambiant en Ontario (R. 419/05).....	21
Tableau 7	Normes spécifiques de site pour le nickel applicables en Ontario.....	22
Tableau 8	Valeurs cibles et seuils d'évaluation de l'Union européenne - As, Cd, Ni et B(a)P dans les PM ₁₀	33
Tableau 9	Critères norvégiens de qualité de l'air ambiant pour les métaux	35
Tableau 10	Tableau récapitulatif des normes et critères de nickel dans l'air ambiant des pays industrialisés occidentaux.....	38
Tableau 11	Concentrations moyennes annuelles de nickel dans les PM ₁₀ (µg/m ³) Stations de mesures de Vale, Sudbury.....	41
Tableau 12	Émissions de nickel (t/an) à l'atmosphère de Vale, Sudbury (1993-2016)	42
Tableau 13	Statistiques des concentrations sur 24 h de nickel mesurées dans les PM ₁₀ en 2017 (µg/m ³) - Stations d'air ambiant de Vale, Sudbury.....	45
Tableau 14	Concentrations moyennes annuelles de nickel dans les PM ₁₀ – Zone urbaine de Swansea (UK)	51
Tableau 15	Émissions annuelles rapportées par les industries – Cas Swansea.....	53
Tableau 16	Mesures d'atténuation mises en œuvre par la raffinerie Vale	54
Tableau 17	Mesures d'atténuation mises en œuvre par l'usine Wall Colmonoy	54
Tableau 18	Mesures d'atténuation – aire de stockage	74
Tableau 19	Mesures d'atténuation – manutention du matériel minier.....	76
Tableau 20	Mesures d'atténuation – unité de traitement de minerai.....	79
Tableau 21	Mesures d'atténuation – disposition des résidus miniers	80
Tableau 22	Mesures d'atténuation – mine à ciel ouvert.....	81
Tableau 23	Mesures d'atténuations – routage.....	82
Tableau 24	MTD de la Directive européenne relatives à l'atténuation des émissions de poussières et de nickel	88
Tableau 1	Statistiques du nickel dans les PST – Station du complexe Expo – Nunavik Nickel.....	1

Liste des figures

Figure 1	Évolution des concentrations de nickel dans les PST - Port de Québec.....	8
Figure 2	Concentrations de nickel dans les PST – Autres stations (ville de Québec)	9
Figure 3	Concentrations de nickel dans les PM ₁₀ – Montréal (ECCC)	12
Figure 4	Localisation des stations de nickel dans les PM ₁₀ – Est de Montréal.....	13
Figure 5	Concentrations de nickel dans les PM ₁₀ – Vieux Limoilou.....	14
Figure 6	Concentrations annuelles de nickel dans les PM ₁₀ en Europe (2015).....	15
Figure 7	Concentrations annuelles de nickel dans les PM ₁₀ (ng/m ³) en Norvège – 2009-2012	16
Figure 8	Localisation des stations d'air ambiant de Vale, Sudbury	40
Figure 9	Contribution des sources d'émission aux concentrations annuelles modélisées de Ni dans les PST avant et après projet – Raffinerie de Vale.....	44
Figure 10	Statistiques de nickel dans les PM ₁₀ (2017) - Stations d'air ambiant de Vale.....	45
Figure 11	Concentrations annuelles de nickel dans les PM ₁₀ Station MOECC, rue Lisgar, Sudbury	46
Figure 12	Concentrations de PM _{2.5} sur 24 h (98 ^e centile de 3 ans consécutifs) - 2016	47
Figure 13	Concentrations de PM _{2.5} - moyennes annuelles (3 ans consécutifs) - 2016	47
Figure 14	Concentrations journalières de nickel dans les PM ₁₀ – Station Nikkelverk	48
Figure 15	Concentrations moyennes annuelles modélisées de nickel dans l'air ambiant autour de la raffinerie Nikkelverk (ng/m ³)	50
Figure 16	Zones de dépassement de la valeur cible de nickel – Zone urbaine de Swansea, UK.....	52
Figure 17	Portrait des concentrations de nickel (2011) dans les vallées Swansea et Tawe	53
Figure 18	Historique des concentrations annuelles de nickel dans les PM ₁₀ en Nouvelle-Calédonie	57
Figure 19	Localisation des stations d'échantillonnage d'air ambiant, Port Esperance.....	60
Figure 20:	Concentrations sur 24 h de nickel dans les PST, Port Esperance (2008-2016).....	61
Figure 21	Chargement par système rotatif basculant, Port Esperance	62
Figure 22	Trémie de suppression de poussière.....	84
Figure 23	Recouvrement cellulosique de piles de minerais	85

Liste des annexes

Annexe A Canadian Royalties – Ni dans les PST au Complexe Minier Expo

Acronymes

AAQO	Ambiant Air Quality Objectives (Alberta)
AAQS	Ambient Air Quality Standard (Ontario, Terre-Neuve)
ADMGO	Air Dispersion Modelling Guideline for Ontario
AERMOD	American Meteorological Society / Environmental Protection Agency Regulatory Model
AIM	American Iron & Metals
AAQC	Ambient Air Quality Criteria (Critère d'air ambiant)
AAQO	Ambient Air Quality Objective (Objectif de qualité de l'air)
AAQS	Ambient Air Quality Standard (Norme d'air ambiant)
BMDL	Benchmark Dose lower confidence Limit
CAAQS	Canadian Ambient Air Quality Standard (Norme canadienne d'air ambiant)
CAPCOA	California Air Pollution Control Officers Association
CARB	California Air Resources Board
BAT	Best Available Technology
CAT	Contaminant atmosphérique toxique
CCR	Canadian Copper Refinery
CE	Communauté européenne
CEAEQ	Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
DEQ	Michigan Department of Environment Quality, Air Quality Division
DIMENC	Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Énergie de la Nouvelle-Calédonie
DSH	Dust Suppression Hopper
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
EEA	European Environmental Agency
EIE	Étude d'impact environnemental
EPA	Environmental Protection Agency
ESDM	Emission Summary and Dispersion Modelling (Ontario)
ESL	Effects Screening Level (Texas)
GIASO	Guideline for the Implementation of Air Standards in Ontario

GPNL	Gladstone Pacific Nickel Limited
HRAP	Hot Spots Analysis and Reporting Program (Californie)
HRA	Health Risk Assessment
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (France)
INRP	Inventaire national des rejets polluants
IPA	Indigenous Protected Area (Australie)
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control (Commission européenne)
IRSL	Initial Risk Screening Level (Michigan)
KCL	King's College of London
LD	Limite de détection
MDDELCC	Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte aux Changements climatiques
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte aux Changements climatiques
MÉI	Ministère de l'Économie et de l'Innovation
MOECC	Ministère de l'environnement et de l'action en matière de changement climatique de l'Ontario
MTD	Meilleure technologie disponible
NEA-MTD	Niveaux d'émission associés aux meilleures techniques disponibles (Commission européenne)
NILU	Institut de recherche atmosphérique norvégien
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health (US)
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level
NSW EPA	New South Wales (État australien) Environmental Protection Authority
NTP	National Toxicology Program (US)
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment (Bureau d'évaluation des dangers à la santé de la Californie)
OMA	Ontario Mining Association
OMS (WHO)	Organisation mondiale de la santé (World Health Organization)
RAA	Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère
REL	Reference Exposure Levels (Californie)
SCIAN	Système de Classification des Industries de l'Amérique du Nord
SRSL	Secondary Risk Screening Level (SRSL)
SSS	Site Specific Standard (Norme d'air ambiant applicable à un site - Ontario)
TBACT	Toxic Best Available Control Technology (meilleure technologie de contrôle disponible pour les émissions de toxiques - USA)

TCEQ	Texas Commission on Environment Quality
TEOM	Tapered Element Oscillating Microbalance
UK DEFRA	United Kingdom Department of Environment, Food & Rural Affairs
URS	United Research Services (entreprise acquise par AECOM)
URT	Upper Risk Threshold – Ontario (limite de risque supérieure)
USGS	United States Geological Survey
VC	Valeur cible (Commission européenne)
VL	Valeur limite (Commission européenne)
VTR	Valeur toxique de référence
WA DEC	Western Australia (État australien) Department of Environment and Conservation
WA DoH	Western Australia Department of Health
WA DWER	Western Australia Department of Water and Environmental Regulation

Symboles et unités

B(a)P	Benzo(a)pyrène
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
mg/Nm ³	Milligrammes par mètre cube normal de gaz (à une température de 0 °C et une pression de 101,325 kPa)
ng/m ³	Nanogramme (10 ⁻⁹ g) par mètre cube d'air
PM _{2.5}	Particules de moins de 2,5 microns
PM ₁₀	Particules de moins de 10 microns
PST	Particules en suspension totales
µg/m ³	Microgramme (10 ⁻⁶ g) par mètre cube d'air

1 Introduction

Le comité interministériel formé pour l'encadrement réglementaire de l'industrie du nickel en lien avec la qualité de l'air (le comité) a mandaté des consultants externes pour les conseiller sur la stratégie à préconiser afin que la (les) norme(s) de nickel dans l'air ambiant décrétée(s) permette(nt) de préserver, notamment la santé publique et le développement économique.

Dans ce contexte, le comité compte réaliser une analyse comparative de l'encadrement réglementaire de l'industrie du nickel à l'échelle mondiale en lien avec la qualité de l'air en vue de répondre notamment aux questions suivantes :

- › Comment se compare les normes du nickel d'air ambiant à l'échelle mondiale?
- › En considérant l'ensemble des composés du nickel, quelle(s) norme(s) serait(aient) protectrice(s) pour la santé?
- › Quels sont les impacts économiques de l'industrie du nickel sur le Québec et ses régions?
- › Quels sont les impacts économiques de la norme actuelle sur le Québec et ses régions?
- › Comment se compare le cadre réglementaire de l'industrie du nickel au Québec à celui d'autres juridictions où l'industrie est présente?

Les experts de SNC-Lavalin ont été pressentis par le comité pour leur expertise en qualité de l'air, leur connaissance du processus d'autorisation des projets industriels au Québec et pour leur indépendance par rapport à l'industrie du nickel.

1.1 Objectifs du mandat de SNC-Lavalin

Les travaux à réaliser par SNC-Lavalin portent sur le volet « air ambiant » de la revue de l'encadrement de l'industrie du nickel au niveau international et dans les autres provinces liées à cette industrie. Les points suivants du rapport sont élaborés en fonction des données et sources disponibles:

- › État de situation de la qualité de l'air ambiant pour le nickel au Québec
 - Portrait des concentrations de nickel dans l'air ambiant au Québec et comparaison avec la norme actuelle du nickel au Québec (le Comité a fourni les données brutes disponibles sur dix ans des stations du réseau de surveillance de la qualité de l'air du MELCC et de celles exploitées par Environnement et Changement Climatique Canada (ECCC))
 - Établissement des statistiques descriptives par station-année (stations du MELCC et d'ECCC)
 - Évolution temporelle des concentrations de nickel au cours des 10 dernières années. Des courbes ont été préparées pour les données disponibles.
 - Comparaison des concentrations ambiantes avec la norme actuelle en considérant l'encadrement réglementaire actuel (Règlement sur l'Assainissement de l'Atmosphère (RAA) et Guide pour les projets miniers).
 - Comparaison des méthodes d'application des normes d'air ambiant pour l'industrie du nickel au Québec et ailleurs dans le monde (incluant la Californie)
- › Normes ou critères applicables dans d'autres juridictions (monde industrialisé occidental);
- › Exigences de modélisation et de suivi ;
- › Distinction entre les nouvelles sources et les sources existantes;
- › Prise en compte de la proximité de la population;

- › Endroits où le respect de la norme est exigé (limite de propriété, récepteurs sensibles, etc.).
 - Autres exigences ayant un impact sur l'air ambiant :
 - Normes d'émissions à la source;
 - Mesures de mitigation obligatoires;
 - Mesures appliquées lors du dépassement des normes de nickel dans l'air ambiant;
 - Règles de bonnes pratiques.
 - Portrait de l'industrie du nickel dans les juridictions ciblées incluant :
 - Types d'activités et les sources de nickel (ex.: mines, raffineries, activités portuaires, poste de transbordement et de manutention, etc.);
 - Méthodes d'exploitation.
- › Un tableau synthèse des normes et critères d'air ambiant et des tableaux synthèses des mesures d'atténuation des émissions de poussières applicables pour l'industrie du nickel;
- › Un sommaire exécutif.

1.2 Contenu du rapport

Le présent rapport comprend les résultats de la revue sur le volet « air ambiant », incluant un sommaire exécutif et un tableau synthèse. Plus spécifiquement, le rapport présente :

- › la revue de littérature consultée pour ces travaux;
- › le portrait des concentrations de nickel au Québec;
 - le portrait de l'industrie du nickel à l'échelle mondiale;
 - l'analyse comparative des méthodes d'application des normes et des exigences des juridictions ciblées;
 - l'analyse des impacts du cadre réglementaire actuel sur l'industrie du nickel au Québec;
 - les stratégies à préconiser découlant de ces travaux;
 - Une bibliographie des ouvrages et sites web gouvernementaux consultés;
- › En annexe, une présentation power point présentant la démarche, les conclusions et les suggestions découlant de ces travaux.

1.3 Unités utilisées

Les concentrations de nickel dans les particules, que ce soit des particules en suspension totales ou des particules de moins de 10 microns (PM₁₀) peuvent être exprimées en microgrammes par mètre cube (µg/m³) ou en nanogrammes par mètre cube (ng/m³). Nous avons fait le choix éditorial de conserver les unités utilisées par les diverses juridictions.

2 État de la situation de l'air ambiant

2.1 Sources de nickel dans l'environnement

Le nickel et les composés du nickel sont des commodités minérales de valeur en raison de la résistance du nickel à la corrosion et qu'il se marie bien avec le fer, pour faire des alliages nickel-fer. Les principales sources de nickel à l'atmosphère sont les suivantes (TCEQ, 2011):

- › Sources de production (exploitation et raffinage du minerai de nickel, raffinage du matte de nickel);
- › Sources de combustion et d'incinération (unités de combustion du charbon et de l'huile dans les secteurs des utilités, industriels, commerciaux et résidentiels, et incinérateurs municipaux de déchets et de boues de traitement d'eau);
- › Sources métallurgiques de hautes température (fabrication d'acier et d'alliages de nickel, fusion de nickel secondaire, fusion de métaux non ferreux, et fonderies de fer et d'acier);
- › Sources chimiques et catalytiques (fabrication de produits chimiques au nickel, fabrication de piles nickel-cadmium), et production, utilisation et récupération de catalyseurs;
- › Sources diverses (combustion du charbon, raffinage du pétrole, récupération de co-produits, fabrication de ciment, fours à coke, minage / fraisage d'amiante et tours de refroidissement, pyrolyse du plastique usé).

Les sources mobiles qui émettent du nickel sont considérés comme de plus petits contributeurs, et les émissions proviennent de l'usure du moteur et des impuretés contenues dans l'huile à moteur ou les additifs.

Les études relatives au nickel en milieu de travail distinguent quatre formes de nickel :

- › Métallique (Ni),
- › Insoluble (oxyde de nickel – NiO)
- › Soluble (incluant le sulfate de nickel – NiSO₄, le chlorure de nickel – NiCl₂, et l'hexahydrate de sulfate de nickel – NiSO₄.6H₂O)
- › Sulfurique (sous-sulfure de nickel – Ni₃S₂)

Cette dernière forme est prouvée cancérigène et est principalement associée aux activités de raffinage et d'exploitation du minerai de nickel.

2.2 Préambule aux résultats d'air ambiant

Les métaux dans les particules de moins de 10 microns (PM₁₀) ou les particules en suspension totales (PST) sont analysés à partir des particules prélevées sur les filtres des échantillonneurs à grand débit (Hi Vol) à tête sélective qui séparent les particules en fonction de leur diamètre. C'est ensuite par spectrométrie que le poids du nickel est extrait des PST ou PM₁₀ collectées sur le filtre. Les valeurs obtenues sont exprimées en concentrations moyennes sur 24 heures, ce qui correspond à la durée du prélèvement. De façon générale, les prélèvements sont effectués à des intervalles de six jours, comme c'est le cas partout au Canada et aux États-Unis. L'échantillonnage aux six jours au cours d'une année est considéré représentatif de la qualité de l'air d'un milieu.

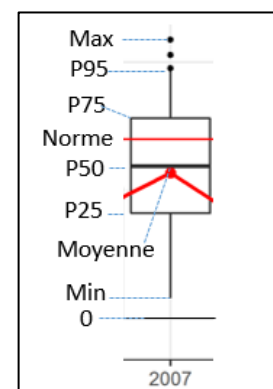
Ce n'est pas nécessairement le cas ailleurs dans le monde. Ainsi, au Royaume-Uni et en France, les prélèvements sont généralement réalisés sur une base hebdomadaire, l'objectif étant de se comparer à la cible annuelle en faisant la moyenne des 52 concentrations hebdomadaires. Toutefois, dès qu'il faut investiguer des dépassements de la cible, les autorités reviennent aux prélèvements sur une base journalière, ou à des concentrations journalières effectuées à tous les trois jours.

Toutes les mesures de nickel dans les particules sont réalisées selon des méthodes standards et reconnues. Les analyses du nickel dans l'air des stations du MELCC sont réalisées sur des échantillons de PST ou de PM_{10} par le laboratoire du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). Les filtres contenant les particules sont soumis à une digestion dans une solution d'acide nitrique et d'acide sulfurique et le nickel est quantifié par ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry; CEAEQ, 2013).

ECCE utilise des préleveurs séquentiels automatiques de particules en suspension de marque Partisol. Le préleveur permet par l'intermédiaire d'un séparateur dichotomique de collecter simultanément les fractions PM_{10} et $PM_{2.5}$ des particules sur des filtres. L'analyse des métaux est faite par fluorescence aux rayons X. Les fichiers de données de nickel d'ECCE séparent les concentrations de nickel dans les $PM_{2.5}$ de celles sur l'intervalle 2,5 – 10 microns. Celles-ci sont additionnées pour obtenir la concentration de nickel dans les PM_{10} . À des intervalles réguliers, des filtres blancs sans être exposés au débit de prélèvement, subissent le même protocole de pose et de collecte que les filtres exposés. L'analyse du nickel sur ces filtres permet de dépister d'éventuelles contaminations, pouvant se produire lors des différentes étapes de transport ou d'installation des filtres. Les blancs de transport, de terrain et de laboratoire n'ont pas été soustraits des résultats, ceux-ci ayant peu d'impact sur les valeurs et étant souvent nuls de toute façon.

Les statistiques des données disponibles de nickel dans les PM_{10} et les PST ont été analysées entre 2011 et 2015 aux 26 stations de mesure du MELCC. Les concentrations de nickel dans la fraction PM_{10} sont analysées à la station du Vieux-Limoilou, à Québec. Les données de PM_{10} ont été analysées de 2006 à 2015 aux six stations d'ECCE.

Pour chaque année disponible, les statistiques analysées aux tableaux 1, 2 et 4 comprennent le nombre de données valides, la moyenne, la médiane, le maximum, les centiles 50%, 75%, 90% et 95%, de même que le nombre de valeurs dépassant la norme journalière pour le nickel dans les PM_{10} . Des graphiques (Figures 1 à 4) ont été préparés sur les statistiques calculées à partir des données brutes pour les stations pertinentes, et présentées selon la figure ci-contre. Le centile 25% est ajouté aux statistiques et au-delà du centile 95%, les valeurs discrètes sont identifiées. Tout indicateur statistique sur la ligne du '0' signifie qu'il est sous la limite de détection.



2.3 Nickel dans les PST au Québec

Entre 2010 et 2015, le MELCC a exploité 26 stations de mesure au Québec pour lesquelles les concentrations de nickel dans les PST ont été analysées. Un total de 14 stations sont toujours actives. Parmi celles-ci, trois stations de PST ont pour objectif principal de suivre l'impact d'activités en lien avec l'industrie du nickel situées près du port de Québec où du minerai de

nickel est transbordé. Les 12 stations fermées avaient répondu à des besoins ponctuels et particuliers tels que :

- › le suivi d'activités industrielles et des travaux de réhabilitation suite à l'accident ferroviaire à Lac-Mégantic
- › une caractérisation de la qualité de l'air à Sept-Îles dans la foulée du projet de Mine Arnaud
- › le Projet Mercier dans le cadre du projet de réhabilitation des lagunes de Mercier
- › une des stations a été redéployée à proximité de l'ancienne station l'Église à Québec

Le tableau 1 préparé pour les stations de mesure fermées montre que des concentrations très basses avaient été observées dans les années précédant la fermeture des stations de Sept-Îles, Sherbrooke et Lac Mégantic, ce qui ne justifiait plus nécessairement leur exploitation. Une exception à cette tendance est liée à une légère augmentation des concentrations maximales observées entre 2014 et 2015 à la station du Barrage de Lac-Mégantic, située près de l'usine de panneaux de particules Tafisa.

Le suivi de la qualité de l'air à la ville de Mercier avait été mis en place pour répondre à une préoccupation de la population sur les effets possibles des émissions de l'incinérateur de matières résiduelles dangereuses de la compagnie Clean Harbors sur la qualité de l'air. Le suivi a cessé lorsque la compagnie a interrompu ses activités en novembre 2011.

Le tableau 2 montre que les concentrations de nickel dans les PST des stations actives sont représentatives d'un bruit de fond exempt de nickel (maximum $\leq 0,004 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les stations situées à Auclair, Gatineau, Lac-Édouard, Notre-Dame-du-Rosaire, St-Faustin, St-Jérôme et Sherbrooke. À titre indicatif, le CEAEQ a une limite de détection de $0,003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le nickel dans les PST, et une valeur égale à la moitié de la limite de détection ($0,0015 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est alors retenue comme valeur officielle dans les résultats. Ce sont en fait des stations représentatives du bruit de fond. Les concentrations sont également très basses à St-Simon et à la bibliothèque Monique-Corriveau (et l'ancien lieu de mesure sur la rue de l'Église), près du boulevard Henri IV à Québec.

Pour les stations localisées autour du port de la ville de Québec où les concentrations de nickel dans les PST sont historiquement plus élevées qu'ailleurs, celles-ci ont baissé de façon considérable, de 80 à 90% au fil des ans, que ce soit au niveau des moyennes, des médianes, des centiles et des maximums. La figure 1 montre la tendance à la baisse avec les années des concentrations de nickel dans les PST aux trois stations les plus proches du port de Québec. La figure 2 montre une tendance similaire à la baisse avec les années pour les concentrations de nickel dans les PST aux deux autres stations d'air ambiant de la ville de Québec.

Le MELCC a fait valoir qu'il serait intéressant d'inclure les données de nickel dans les PST collectées en 2016 à proximité d'une entreprise d'extraction du nickel. L'analyse des données est présentée à l'Annexe A.

Tableau 1 Statistiques du nickel dans les PST – Stations fermées du MELCC

Année	# de valeurs	Moyenne $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Maximum $\mu\text{g}/\text{m}^3$
De Beaujeu, Québec (milieu résidentiel à proximité du Port de Québec)								
2010	37	0,048	0,007	0,050	0,135	0,296	0,341	0,389
2011	52	0,039	0,012	0,035	0,073	0,100	0,145	0,734
2012	13	0,012	0,009	0,014	0,022	0,031	0,039	0,044
De l'Église, Québec (milieu résidentiel, redéployée)								
2011	52	0,0029	0,0015	0,0015	0,0058	0,0070	0,0080	0,0350
2012	55	0,0027	0,0015	0,0030	0,0040	0,0053	0,0088	0,0278
2013	5	0,0027	0,0015	0,0030	0,0048	0,0054	0,0058	0,0060
Vitré, Québec (milieu résidentiel à proximité du Port de Québec)								
2010	44	0,071	0,020	0,061	0,122	0,218	0,550	1,030
2011	56	0,038	0,018	0,046	0,063	0,120	0,188	0,396
2012	12	0,019	0,012	0,022	0,030	0,058	0,078	0,091
Parc Webster, Sherbrooke								
2012	28	0,0033	0,0015	0,0019	0,0040	0,0047	0,0211	0,0400
2013	16	0,0018	0,0015	0,0015	0,0015	0,0026	0,0047	0,0060
Lac-Mégantic-Centre sportif								
2014	16	0,0017	0,0015	0,0015	0,00225	0,003	0,003	0,003
Lac-Mégantic-Du Barrage								
2014	16	0,0020	0,0015	0,0015	0,0028	0,0048	0,0061	0,0070
2015	29	0,0031	0,0015	0,0015	0,0044	0,0138	0,0199	0,0210
Projet Mercier 1, Mercier (milieu agricole)								
2008	5	0,014	0,002	0,028	0,032	0,034	0,034	0,035
2009	12	0,003	0,002	0,002	0,004	0,008	0,010	0,012
2010	11	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,005	0,005
2011	10	0,003	0,002	0,004	0,007	0,009	0,009	0,010
Projet Mercier 2, St-Isidore (milieu agricole)								
2008	4	0,0055	0,0058	0,0079	0,0086	0,0088	0,0089	0,0090
2009	12	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
2010	11	0,0024	0,0015	0,0015	0,0030	0,0065	0,0086	0,0100
2011	9	0,0055	0,0015	0,0015	0,0102	0,0226	0,0300	0,0350
Projet Mercier 3, St-Isidore (milieu agricole)								
2008	4	0,003	0,003	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
2009	12	0,002	0,002	0,002	0,003	0,005	0,006	0,007
2010	12	0,006	0,002	0,002	0,004	0,025	0,040	0,050
2011	10	0,002	0,002	0,002	0,004	0,005	0,005	0,005
Projet Mercier 4, Mercier (milieu agricole)								
2009	6	0,007	0,002	0,003	0,018	0,025	0,029	0,032
2010	12	0,003	0,002	0,002	0,006	0,008	0,009	0,010
2011	9	0,002	0,002	0,002	0,003	0,006	0,008	0,009
Sept-Iles-Gamache								
2012	12	0,0016	0,0015	0,0015	0,0015	0,0022	0,0027	0,0030
2013	18	0,0023	0,0015	0,0015	0,0046	0,0060	0,0060	0,0060
Sept-Iles-Livingston								
2012	12	0,0016	0,0015	0,0015	0,0015	0,0022	0,0027	0,0030
2013	18	0,0018	0,0015	0,0015	0,0023	0,0042	0,0047	0,0050
Sept-Iles-Parc Ferland								
2014	36	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
2015	23	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015

Tableau 2 Statistiques du nickel dans les PST – Stations actives du MELCC

Année	# de valeurs	Moyenne µg/m ³	C50 µg/m ³	C75 µg/m ³	C90 µg/m ³	C95 µg/m ³	C98 µg/m ³	Maximum µg/m ³
Auclair								
2012	46	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0017	0,0030
2013	54	0,0018	0,0015	0,0015	0,0033	0,0043	0,0050	0,0050
2014	11	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Bibl. Monique-Corriveau, Québec								
2014	56	0,0022	0,0015	0,0015	0,0045	0,006	0,0105	0,012
Gatineau-Hull								
2012	43	0,0018	0,0015	0,0015	0,0015	0,0049	0,0050	0,0050
2013	51	0,0017	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0050	0,0080
2014	51	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
2015	38	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Lac-Édouard								
2012	36	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
2013	55	0,0019	0,0015	0,0015	0,0015	0,0020	0,0039	0,0210
2014	44	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
2015	36	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Lac-Mégantic-Du Barrage								
2014	16	0,0020	0,0015	0,0015	0,0028	0,0048	0,0061	0,0070
2015	29	0,0031	0,0015	0,0015	0,0044	0,0138	0,0199	0,0210
Notre-Dame-du-Rosaire								
2014	36	0,0017	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0037	0,0090
2015	29	0,0017	0,0015	0,0015	0,0015	0,0030	0,0040	0,0040
Parc de la Gatineau-La Pêche								
2012	41	0,0016	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0022	0,0050
2013	34	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
2014	16	0,0017	0,0015	0,0015	0,0015	0,0021	0,0033	0,0040
Parc Victorin-Beaucage, Québec								
2011	57	0,011	0,003	0,011	0,028	0,035	0,086	0,114
2012	57	0,007	0,003	0,006	0,017	0,027	0,035	0,048
2013	59	0,007	0,002	0,006	0,010	0,030	0,037	0,133
2014	60	0,004	0,002	0,004	0,008	0,010	0,023	0,041
2015	54	0,003	0,002	0,002	0,006	0,010	0,023	0,025
Saint-Faustin-Lac-Carré								
2014	42	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
2015	38	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0019	0,0030
Saint-Jérôme-Rés. Marie-Lucie								
2014	11	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
2015	4	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Saint-Simon								
2008	5	0,014	0,002	0,028	0,032	0,034	0,034	0,035
2009	12	0,003	0,002	0,002	0,004	0,008	0,010	0,012
2010	11	0,002	0,002	0,003	0,005	0,005	0,005	0,005
2011	10	0,003	0,002	0,004	0,007	0,009	0,009	0,010
Shawinigan-Saint-Marc								
2008	28	0,0040	0,0015	0,0060	0,008	0,012	0,015	0,018
2009	10	0,0036	0,0015	0,0015	0,010	0,012	0,014	0,015
Sherbrooke-Parc Cambron								
2013	17	0,0016	0,0015	0,0015	0,0015	0,0020	0,0032	0,0040
2014	56	0,0016	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0050
2015	30	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Vieux-Limoilou, Québec (près du port de Québec)								
2010	27	0,0960	0,0130	0,0445	0,1312	0,1975	0,9113	1,6700
2011	45	0,0722	0,0220	0,0630	0,1670	0,2904	0,4514	0,8140
2012	55	0,0236	0,0118	0,0366	0,0554	0,0800	0,1066	0,1255
2013	131	0,0155	0,0060	0,0145	0,0340	0,0585	0,0898	0,2910
2015	41	0,0107	0,0015	0,0070	0,0130	0,0480	0,0752	0,1840

Figure 1 Évolution des concentrations de nickel dans les PST - Port de Québec

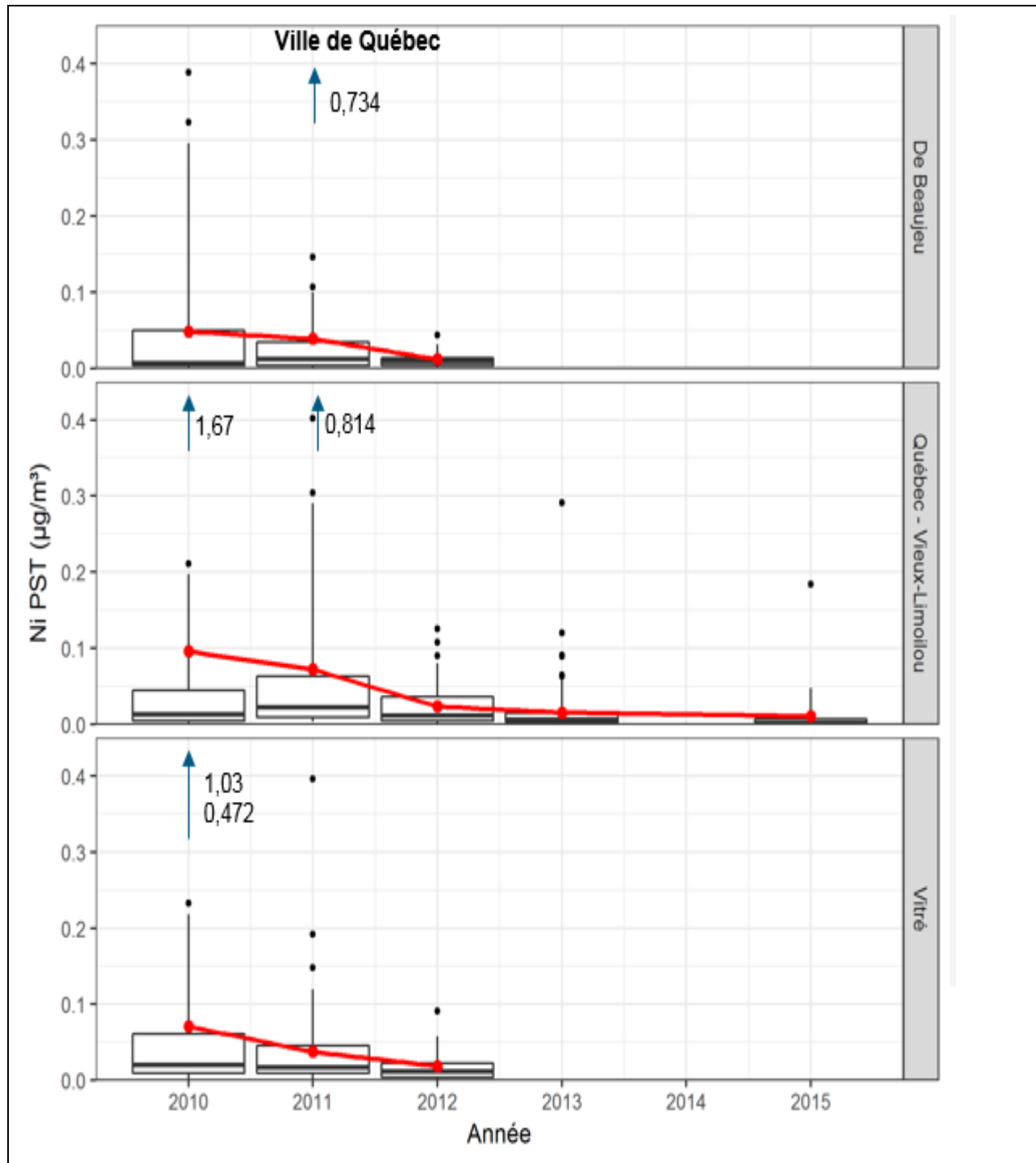
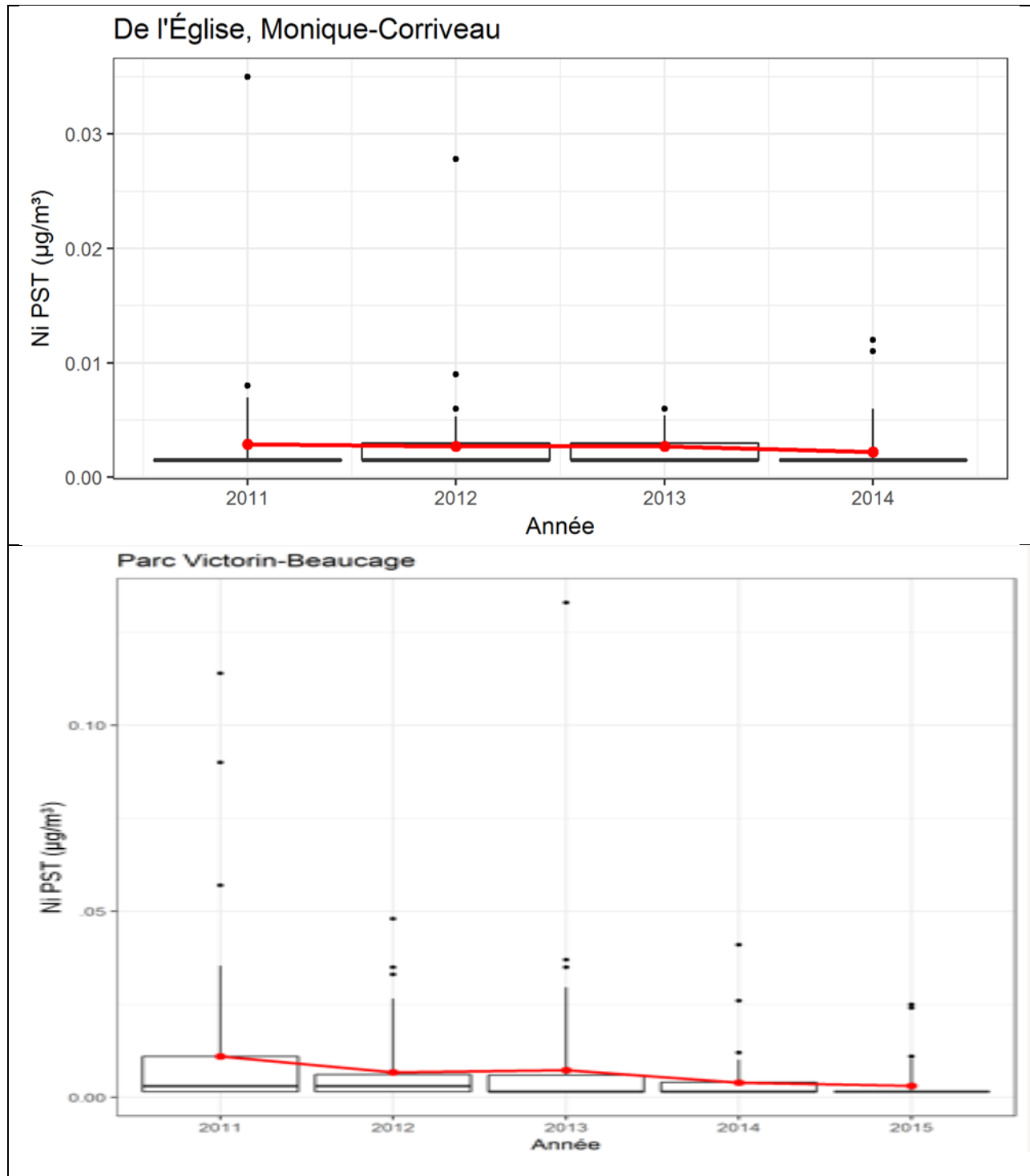


Figure 2 Concentrations de nickel dans les PST – Autres stations (ville de Québec)



2.4 Nickel dans les PM₁₀ au Québec

ECCE effectuée l'échantillonnage du nickel dans les PM₁₀ à six stations :

- › Trois stations à Montréal, une en milieu résidentiel dans le quartier Rosemont, et deux dans l'est de Montréal où existent des sources secondaires de nickel (la raffinerie de Suncor, l'affinerie de cuivre et de métaux précieux CCR et l'entreprise American Iron and Metal (AIM) qui recycle des métaux incluant des alliages à base de nickel-chrome);
- › Une station mesurant le bruit de fond à Saint-Anicet et une autre à L'Acadie;
- › Une station au Vieux-Limoilou, à Québec à plus de 1,5 km des activités de manutention du minerai du Port de Québec.

Les données d'ECCE ont été fournies sur un horizon de 8 à 10 ans sur ces stations, à l'exception des stations de Saint-Anicet et de L'Acadie mesurant le bruit de fond et dont l'exploitation a commencé en 2015. Le MELCC exploite aussi une station de PM₁₀ à quelques mètres de la station d'ECCE au Vieux-Limoilou, à la même adresse civique (4 ans fournis par le MELCC).

Bien que les stations de mesure du nickel dans les PM₁₀ dans l'Est de Montréal ne soient pas situées sous l'axe des vents dominants par rapport aux usines du secteur ayant fait des déclarations d'émission de nickel (Tableau 3) à l'inventaire national des rejets polluants (INRP), les résultats des stations (Tableau 4) semblent teintés par les variations des émissions de nickel à l'atmosphère déclarées par les trois usines. D'une part, une nette baisse des concentrations est observée entre 2011 et 2013 (Figure 3), années suivant la fermeture de Shell en 2010, et pour lesquelles Suncor n'a pas déclaré d'émissions de nickel à l'atmosphère. Bien que l'entreprise ne fasse pas de déclarations à l'INRP, AIM qui déchiquète et recycle des alliages de nickel-cuivre pourrait avoir aussi contribué aux émissions de nickel du secteur. La Carrière Lafarge, qui produit plus de 1,5 Mtpa de granulats, émet des particules qui pourraient éventuellement contenir du nickel. Toutefois, comme les tendances des concentrations ambiantes de nickel ne suivent pas la tendance des émissions atmosphériques de PM₁₀ de la carrière déclarées à l'INRP, le lien de cause à effet n'est pas confirmé. Après vérification, les concentrations mesurées au-delà de 30 ng/m³ pour la station Châteauneuf correspondent à des vents moyens provenant surtout du Nord-Est, donc principalement dans l'axe des raffineries de Shell et Suncor, et de la carrière Lafarge (voir localisation des sources – Figure 4).

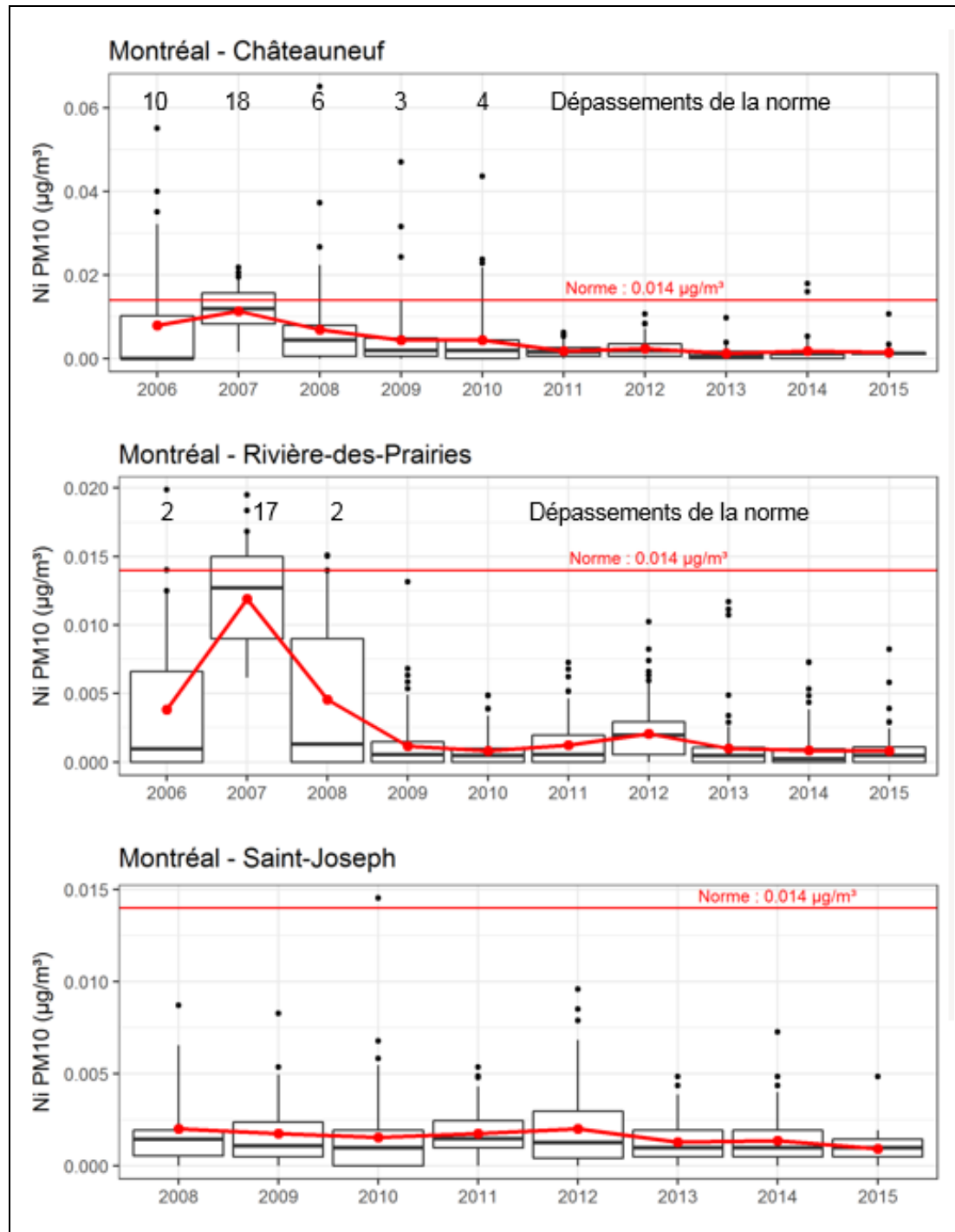
Tableau 3 Émissions annuelles (t/an) de nickel déclarées dans l'Est de Montréal

Année	Raffinerie Suncor	Raffinerie / terminal Shell	Affinerie CCR	Total
2015	0,151	ND	0,039	0,190
2014	0,216	ND	0,029	0,245
2013	ND	ND	0,033	0,033
2012	ND	ND	0,042	0,042
2011	ND	ND	0,050	0,050
2010	ND	0,230	0,106	0,336
2009	0,544	0,210	0,126	0,880
2008	0,489	0,230	0,117	0,836
2007	0,823	0,200	0,031	1,054
2006	0,732	0,270	0,084	1,086

Tableau 4 Statistiques du nickel dans les PM₁₀ au Québec

Année	# de valeurs	Moyenne µg/m ³	C50 µg/m ³	C75 µg/m ³	C90 µg/m ³	C95 µg/m ³	C98 µg/m ³	Maximum µg/m ³	Nb >0,014
Québec, Vieux Limoilou - Station 03006 - ECCC - 600, rue des Sables, Québec									
2006	53	0,018	0,005	0,016	0,032	0,073	0,148	0,249	15
2007	57	0,017	0,014	0,019	0,030	0,039	0,051	0,098	28
2008	33	0,019	0,009	0,020	0,062	0,073	0,083	0,091	15
2009	58	0,040	0,006	0,014	0,035	0,079	0,264	1,384	16
2010	54	0,022	0,002	0,010	0,025	0,105	0,266	0,437	10
2011	62	0,018	0,007	0,017	0,046	0,076	0,101	0,210	18
2012	54	0,011	0,006	0,012	0,026	0,038	0,062	0,071	11
2013	57	0,013	0,002	0,009	0,013	0,049	0,116	0,284	6
2015	51	0,008	0,001	0,002	0,010	0,014	0,033	0,242	3
Québec, Vieux Limoilou - Station 03006 - MELCC - 600, rue des Sables, Québec									
2011	36	0,013	0,005	0,010	0,019	0,048	0,086	0,151	7
2012	56	0,010	0,006	0,012	0,022	0,029	0,054	0,065	12
2013	56	0,021	0,004	0,011	0,043	0,124	0,198	0,257	10
2015	130	0,006	0,002	0,004	0,010	0,027	0,036	0,151	10
Montréal, Châteauneuf - Station 06006 - ECCC - 7650 boul. Châteauneuf, Montréal									
2006	48	0,008	0,000	0,010	0,026	0,032	0,041	0,055	10
2007	51	0,011	0,012	0,016	0,017	0,020	0,021	0,022	18
2008	56	0,007	0,004	0,008	0,015	0,022	0,036	0,065	6
2009	56	0,004	0,0019	0,005	0,008	0,014	0,031	0,047	3
2010	55	0,004	0,0019	0,004	0,013	0,022	0,024	0,044	4
2011	59	0,0018	0,0016	0,003	0,003	0,005	0,006	0,006	0
2012	56	0,0023	0,0017	0,004	0,006	0,007	0,008	0,011	0
2013	54	0,0012	0,0005	0,0016	0,003	0,004	0,004	0,010	0
2014	47	0,002	0,0011	0,0017	0,003	0,005	0,016	0,018	2
2015	46	0,0015	0,0013	0,0015	0,003	0,003	0,004	0,011	0
Montréal, Rivière-des-Prairies - Station 06055 - ECCC - 12400, rue Wilfrid-Ouellette, Montréal									
2006	44	0,004	0,001	0,007	0,011	0,012	0,015	0,020	2
2007	51	0,012	0,013	0,015	0,016	0,017	0,018	0,019	17
2008	52	0,005	0,001	0,009	0,012	0,014	0,015	0,015	2
2009	90	0,0012	0,0005	0,0015	0,0024	0,005	0,006	0,013	0
2010	116	0,0008	0,0005	0,0010	0,0024	0,003	0,004	0,005	0
2011	99	0,0012	0,0005	0,0020	0,0034	0,005	0,006	0,007	0
2012	105	0,0021	0,0019	0,0029	0,0047	0,006	0,007	0,010	0
2013	113	0,0010	0,0005	0,0011	0,0019	0,003	0,009	0,012	0
2014	112	0,0009	0,0002	0,0010	0,0024	0,004	0,005	0,007	0
2015	104	0,0008	0,0005	0,0011	0,0018	0,0024	0,004	0,008	0
L'Acadie - Station 06620 - ECCC - Ferme expérimentale, 1134 Route 319, St-Jean-sur-Richelieu									
2015	48	0,0003	0,0002	0,0005	0,0010	0,0010	0,0015	0,0015	0
Saint-Anicet - Station 06804 - ECCC - 1128, de la Guerre, Saint-Anicet									
2015	48	0,0003	0,0002	0,0005	0,0010	0,0010	0,0015	0,0015	0
Montréal, St-Joseph - Station 06081 - ECCC - 2580, rue St-Joseph Est, Montréal									
2008	11	0,0020	0,0015	0,0019	0,004	0,007	0,008	0,009	0
2009	58	0,0018	0,0011	0,0024	0,004	0,005	0,008	0,008	0
2010	55	0,0015	0,0010	0,0019	0,004	0,005	0,007	0,015	1
2011	53	0,0017	0,0015	0,0024	0,004	0,004	0,005	0,005	0
2012	56	0,0020	0,0013	0,0030	0,005	0,007	0,008	0,010	0
2013	56	0,0013	0,0010	0,0019	0,003	0,004	0,004	0,005	0
2014	46	0,0014	0,0010	0,0019	0,003	0,004	0,005	0,007	0
2015	30	0,0009	0,0010	0,0015	0,002	0,002	0,003	0,005	0

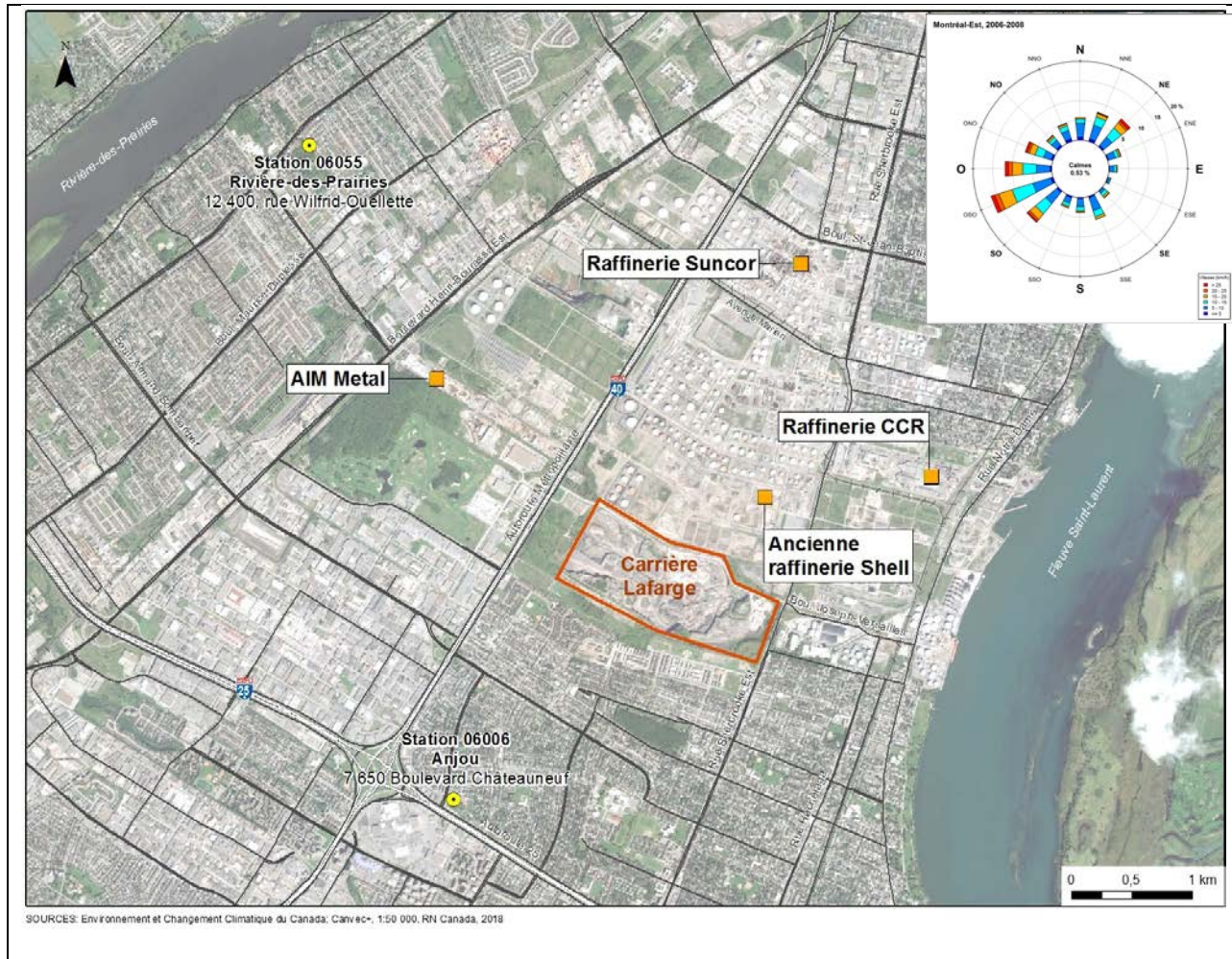
Figure 3 Concentrations de nickel dans les PM₁₀ – Montréal (ECCC)



Depuis la fermeture de la raffinerie de Shell et que les émissions de nickel de Suncor ont été réduites de moitié comparativement aux années 2006 à 2009, les concentrations de nickel dans l'air ambiant n'ont pas dépassé la norme d'air ambiant aux deux stations de l'est de Montréal (Figure 3), à l'exception de l'année 2010 qui pourrait représenter une année charnière pour les émissions de nickel de Suncor. En somme, une émission totale d'environ 1 t/an de nickel en

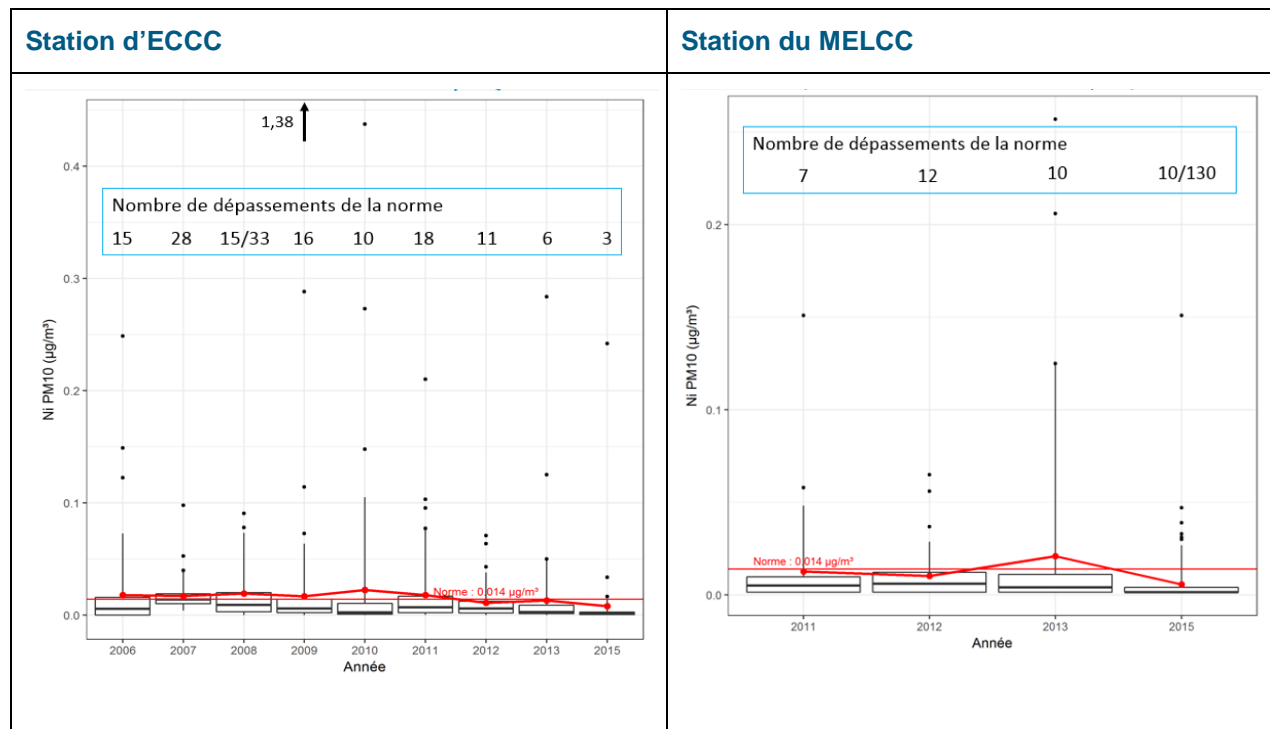
provenance des raffineries a suffi à générer des dépassements de la norme québécoise à environ 3 à 5 km de distance des cheminées. Depuis 2011, alors que les émissions annuelles sont devenues inférieures à 250 kg/an, aucun dépassement n'a été observé.

Figure 4 Localisation des stations de nickel dans les PM₁₀ – Est de Montréal



La figure 5 montre que les concentrations de nickel dans les PM₁₀ aux stations du Vieux Limoilou, qui étaient plus élevées en 2009 et 2010, ont depuis progressivement baissé quant aux moyennes, médianes, centiles, maximums, de sorte que la norme journalière de 0,014 µg/m³ qui était dépassée 50% du temps en 2007, a été dépassée moins de 8% du temps en 2015, soit 10 dépassements sur 130 mesures à la station du MELCC. Les mesures d'ECCC montrent les mêmes tendances (3/51 soit 6%). Aucune entreprise de la ville de Québec n'a effectué une déclaration d'émission de nickel à l'atmosphère à l'INRP depuis 2006.

Figure 5 Concentrations de nickel dans les PM₁₀ – Vieux Limoilou



Enfin, pour ce qui concerne les stations mesurant le bruit de fond en milieu rural, les analyses de 2015 furent toutes du niveau des limites de détection, démontrant ainsi une qualité de l'air exempte de nickel. La station urbaine St-Joseph du quartier Rosemont à Montréal montre des niveaux représentatifs d'un milieu urbain avec des maximums journaliers en général inférieurs à 0,009 µg/m³ à chaque année. La tendance des mesures est aussi à la baisse depuis 2012. Dans tout l'historique des données, de 2008 à 2015, une seule valeur (0,015 µg/m³) a dépassé légèrement la norme journalière de 0,014 µg/m³ à cette station.

2.5 Bruit de fond du nickel en Californie

L'OEHHA de la Californie rapporte dans son étude visant l'établissement de valeurs toxiques de référence (Reference Exposure Limit – REL) pour le nickel et les composés du nickel (OEHHA, 2012), des valeurs d'études récentes qui ont généralement varié entre 2 et 9 ng/m³ dans les PM_{2.5} à Long Beach, Los Angeles (Armami et al, 2009). La plus haute valeur rapportée était de 11 ng/m³ près des activités portuaires, attribuée au fait que le bunker C brûlé par les bateaux contient du nickel. Nous comprenons que ces valeurs sont représentatives du bruit de fond du nickel dans les particules fines dans un environnement urbain.

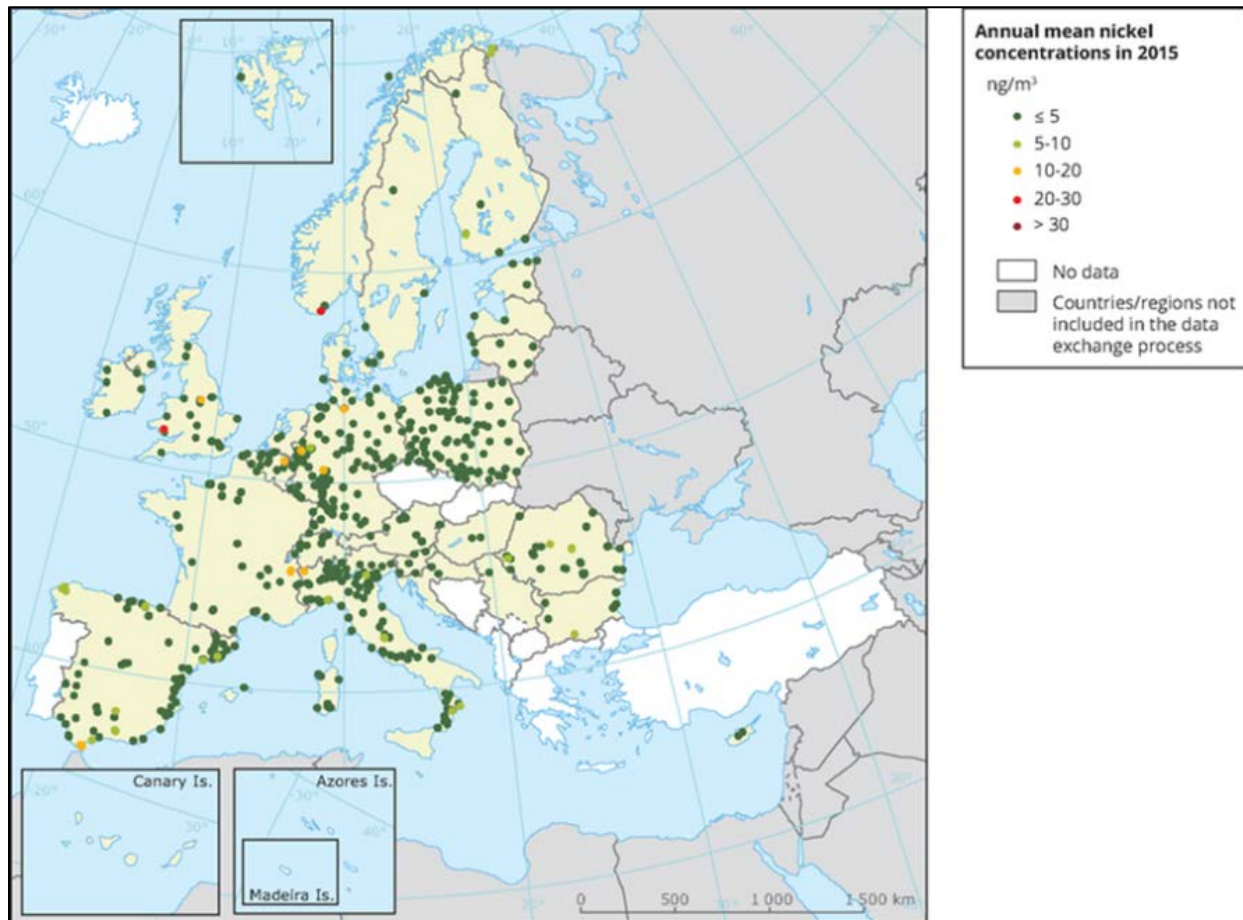
2.6 Europe

L'Agence européenne de l'environnement (2017) rapporte que les concentrations annuelles de nickel dans les PM₁₀ se maintiennent dans l'ensemble des 595 stations de mesure de 26 pays européens sous les 5 ng/m³ et ce n'est qu'à 2 stations industrielles où l'on a rapporté des dépassements de la valeur cible de 20 ng/m³ en 2015 (Figure 6).

À titre indicatif, le Royaume-Uni rapporte des valeurs urbaines typiques de moins de 2 ng/m³, à l'exception de quelques zones industrielles (UK Department for Environment Food & Rural

Affairs - DEFRA, Septembre 2017). En milieu rural, DEFRA rapporte des valeurs typiques ordinairement de moins de 1 ng/m³. DEFRA mentionne que de faibles concentrations peuvent parfois être mesurées à proximité d'axes routiers majeurs, dû aux poussières soulevées par les véhicules.

Figure 6 Concentrations annuelles de nickel dans les PM₁₀ en Europe (2015)



Source: EEA, Air Quality in Europe 2017, Report No 13/2017, (Rubrique: Annual mean nickel. Observed concentrations of nickel in 2015). <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017/>

2.6.1 Bruit de fond du nickel en Norvège

En Norvège, l'Agence de l'environnement mentionne que les concentrations de nickel dans l'air ambiant varient entre 1 et 10 ng/m³ dans les PM₁₀, mais que des concentrations beaucoup plus élevées (100-200 ng/m³) peuvent survenir dans les zones où on retrouve des industries qui émettent du nickel. Par exemple, dans le nord de la Norvège, les valeurs moyennes représentatives d'un bruit de fond exempt de nickel étaient de l'ordre de 1 ng/m³ en 1990-1991. À la frontière avec la Russie, l'Agence Norvégienne de l'environnement (2017) a mesuré entre 2010 et 2015 des concentrations moyennes annuelles variant entre 10 et 20 ng/m³ aux stations d'air ambiant norvégiennes de Svivank et Karpdalen, respectivement situées à 8 et 30 km de raffineries importantes de nickel à Nikel et Zapoliarny en Russie. Des valeurs moyennes plus élevées (90 ng/m³ à l'été 2015 et 260 ng/m³ à l'hiver 2016) ont toutefois été relevées à la station Karpdalen située à 30 km de Zapoliarny durant la dernière année de mesure (2015-2016).

L'Agence de l'environnement a rapporté à la figure 7 les concentrations moyennes annuelles relevées à des stations d'air ambiant de la Norvège, entre 2009 et 2012. Sur cette base, l'Agence évalue que la population norvégienne est en général exposée à des concentrations moyennes de nickel inférieures à 2,5 ng/m³ dans les PM₁₀, à l'exception des zones industrielles lourdes. Le cas de Kristiansand est présenté en détail à la section 4.2.1 et comprend une valeur annuelle de 52 ng/m³ déclarée par la raffinerie en 2010.

Figure 7 Concentrations annuelles de nickel dans les PM₁₀ (ng/m³) en Norvège – 2009-2012



Source : <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/metaller/nikkel-ni/> (13.02.2018)

3 Revue des normes de nickel dans l'air ambiant

La production mondiale des mines de nickel s'établit à environ 2,1 M t/an de minerai en contenu nickel (USGS, 2018). Le tableau 5 présente la production totale par pays en 2016 et 2017 en termes de tonnes de nickel présent dans le minerai. La production mondiale est restée sensiblement la même en 2017, avec une tendance décroissante pour plusieurs chefs de file de l'industrie du nickel, incluant l'Australie, le Brésil, le Canada et les Philippines. La plus forte réduction de production est survenue aux Philippines, où la fermeture de la moitié des mines de nickel a été maintenue, celles-ci ne rencontrant pas les exigences environnementales. La production aux Philippines a ainsi passé de 554 000 t/an en 2015 à 230 000 t/an estimé pour 2017. Ces réductions de production ont été reprises par l'Indonésie qui a assoupli son interdiction d'exportation de minerai aux compagnies ayant l'intention de construire des installations de traitement de nickel.

Tableau 5 Réserves et production mondiale des mines de nickel

Pays	Production 2016 (t)	Production 2017 (t)	Réserves (t)
Canada *	236 000	210 000	2 700 000
Afrique du sud	49 000	49 000	3 700 000
Australie *	204 000	190 000	19 000 000
Brésil	160 000	140 000	12 000 000
Chine	98 000	98 000	2 900 000
Colombie	41 600	49 000	1 100 000
Cuba	51 600	51 000	5 500 000
États-Unis	24 100	23 000	130 000
Guatemala	54 000	68 000	1 800 000
Indonésie	199 000	400 000	4 500 000
Madagascar	49 000	45 000	1 600 000
Nouvelle Calédonie *	207 000	210 000	-
Philippines	347 000	230 000	4 800 000
Russie	222 000	180 000	7 600 000
Autres pays	150 000	150 000	6 500 000
Total mondial	2 090 000	2 100 000	74 000 000

(*) Pays retenus pour l'analyse des normes et critères de nickel dans l'air ambiant

Par ailleurs, les pays où le métal est produit comme nickel affiné ou ferronickel diffèrent en partie des pays d'où l'extraction du minerai de nickel est réalisée. Ainsi, en 2013, les six pays producteurs les plus importants étaient la Chine (725 kt/an), la Russie (248 kt/an), l'Australie (142 kt/an), le Canada (137 kt/an), le Japon (128 kt/an) et la Norvège (91 kt/an).

Dans ce chapitre, la revue des normes et critères d'air ambiant pour le nickel est effectuée pour les pays industrialisés occidentaux qui sont des chefs de file dans la production de nickel soit : le Canada (Québec et Ontario), l'Australie et la France (la Nouvelle-Calédonie est un territoire français qui décidera prochainement de son statut par rapport à la France). Les normes d'air ambiant sont aussi revues pour l'Union européenne, la Californie et le Texas, qui sont normalement à l'avant-garde des normes en matière d'environnement.

3.1 Organisation Mondiale de la Santé (OMS)

Depuis 1987, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) publie des lignes directrices ou des valeurs guides (guidelines) relatives à la qualité de l'air destinées à informer les décideurs publics dans l'élaboration de leurs politiques visant à prévenir la pollution de l'air et les impacts potentiels sur la santé publique. La ligne directrice sur le nickel est donc importante à comprendre, du fait que plusieurs pays l'ont considéré dans l'élaboration de leur norme ou critère d'air ambiant.

L'OMS s'est ainsi intéressée au nickel dans ses lignes directrices de l'an 2000 (WHO, 2000). Les composés de nickel sont cancérigènes de par leur exposition par inhalation. La ligne directrice a été dérivée d'études (Andersen, 1992 et 1996) réalisées en Norvège sur l'exposition au nickel des travailleurs de la raffinerie Nikkelverk à Kristiansand en relation au cancer du nez et du poumon. Assumant une relation linéaire dose-réponse, l'OMS ne recommande aucun niveau sûr pour les concentrations des composés de nickel dans l'air ambiant, c'est-à-dire que toute exposition répétée à long terme peut induire un cancer.

Basé sur les études d'Andersen, un risque unitaire de $3,8 \times 10^{-4}$ est donné pour une exposition pendant toute la vie à une concentration moyenne de nickel de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air ambiant. Le risque unitaire est exprimé en termes de probabilité de cas additionnels de cancer par $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de contaminant dans l'air ambiant. Les concentrations correspondantes à un cas additionnel de cancer pour 10 000, 100 000 et 1 000 000 de personnes sont environ 250, 25 et $2,5 \text{ ng}/\text{m}^3$.

Enfin, l'OMS souligne que, même si les effets dermatologiques du nickel sont les plus communs, ceux-ci ne sont pas liés de façon critique aux niveaux de nickel dans l'air ambiant.

3.2 Québec

3.2.1 Norme de nickel dans l'air ambiant

Le MELCC a fixé une norme d'air ambiant sur 24 h de $0,014 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le nickel dans les PM_{10} basée sur une approche similaire à la détermination de la valeur toxique de référence (VTR) aigue en Californie (California OEHHA, 2102 – voir Section 3.6 pour les détails des VTR de la Californie). La norme québécoise part de la même référence qu'en Californie, soit d'une étude menée par Graham et al. sur des souris via l'inhalation de chlorure de nickel. L'effet critique retenu est la diminution du système immunitaire (anticorps).

La dose benchmark, soit la limite inférieure de l'intervalle de confiance à 95%, a été déterminée à $165 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition de deux heures. Cette valeur est ramenée à $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition de 24 h sur la base d'une relation linéaire en fonction du temps d'exposition (loi de ten Berge $C_1 t_1 = C_2 t_2$). Un facteur d'incertitude global de 1 000 est ensuite appliqué pour fixer la norme à $0,014 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 h.

Il faut noter que la norme sur 24 h du nickel dans les PM_{10} au Québec ($0,014 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est la même que la valeur toxique de référence (VTR) chronique de la Californie, ce qui en fait une norme plus sévère qu'en Californie, d'autant plus qu'il n'y a pas d'industrie du nickel dans cet état américain, pas plus qu'ailleurs aux États-Unis à l'exception du Michigan.

Les normes d'air ambiant antérieures (2011) étaient de $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 h), et de $0,012 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (annuel) sur les PST. La valeur de $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les PST (1 h) avait été basée sur la valeur toxique de référence aigue de la Californie, qui en 2012, l'a révisée à $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La norme annuelle de $12 \text{ ng}/\text{m}^3$ dans les PST retenue s'était inspirée de la ligne directrice de l'OMS, qui

évaluait un facteur de risque unitaire de $3,8 \times 10^{-4}$ de développer un cancer par inhalation pour une exposition de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, basée sur le facteur de risque de l'OMS (MDDELCC, 2017). Le MELCC évaluait qu'il fallait opter pour une norme plus élevée, d'une part dû au manque d'information sur les niveaux ambiants de nickel au Québec, et d'autre part à la volonté de ne pas imposer une norme impossible à respecter par d'éventuelles entreprises qui pourraient émettre du nickel à l'atmosphère. Une exposition moyenne de $12 \text{ ng}/\text{m}^3$ correspond à un risque de développement du cancer pour 5 cas additionnels par million d'individus.

3.2.2 Domaine d'application

Au Québec, la norme d'air ambiant est applicable à l'extérieur de la limite de propriété occupée par les installations d'où proviennent les émissions à l'atmosphère ainsi qu'à l'extérieur de tout secteur zoné à des fins industrielles et de toute zone tampon adjacente à un tel secteur, tel qu'établis par les autorités municipales compétentes (RAA, art. 202). Toutefois la norme est applicable aux résidences qui occuperaient le territoire ainsi zoné.

Le MELCC considère que le concept de limite de propriété n'est pas applicable en terres publiques. Pour pallier à cette problématique, le *Guide sur les projets miniers* (section 4.3) précise les modalités d'application des normes et critères pour les projets situés sur des terres publiques. La révision à la fin 2016 du libellé demande le respect des normes et critères aux récepteurs sensibles situés au-delà de 300 m des installations à la condition que le promoteur démontre que des méthodes d'atténuation courantes ont été appliquées là où réalisable sur les plans technique et économique.

Les mesures aux stations d'air ambiant localisées aux endroits où la norme d'air ambiant est applicable sont simplement comparées à la norme pour évaluer la conformité des installations existantes. En vertu de l'article 197 du RAA, une installation existante ne pourrait pas augmenter sa production, construire ou modifier une source fixe émettant des contaminants à l'atmosphère s'il est susceptible d'en résulter une augmentation de la concentration d'un contaminant dans l'air au-delà de la norme d'air ambiant, ou au-delà de la concentration d'un contaminant pour lequel cette valeur limite est déjà excédée. En d'autres mots, si la norme d'air ambiant est déjà excédée, le MELCC prône l'amélioration continue de l'industrie, de telle sorte que les émissions d'une nouvelle source devront être compensées par des réductions d'émissions ailleurs dans l'usine.

Dans le cas de nouvelles installations, ou d'installations voulant augmenter leur production, il faut démontrer par une modélisation de la dispersion atmosphérique que les normes sont respectées ou que la concentration maximale modélisée suivant la mise en œuvre du projet soit inférieure à la concentration modélisée pour la situation existante, avant le projet. Dans le cas d'une mine de nickel, la modélisation doit se conformer au Guide d'instructions du MELCC pour la préparation et réalisation d'une étude de modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques pour les projets miniers (MDDELCC, 2017). Ce guide est le plus complet et ciblé des guides consultés dans le cadre de cette étude, en ce qui concerne les projets miniers.

3.3 Ontario

3.3.1 Contexte réglementaire

L'Ontario régit les polluants atmosphériques provenant de sources diverses, dont les installations industrielles et commerciales locales, afin de limiter l'exposition à des substances susceptibles de nuire à la santé de l'être humain et à l'environnement. Une entreprise avec des

rejets de polluants dans l'air, quels qu'ils soient, doit se conformer aux normes applicables du Règlement de l'Ontario 419/05 sur la qualité de l'air à l'échelle locale¹.

Le règlement 419/05 prévoit trois façons pour les entreprises d'observer ses dispositions :

- › respecter la norme générale sur la qualité de l'air;
- › demander une norme établie spécifiquement pour un endroit et la respecter (Norme SSS);
- › s'engager à suivre les règles imposées par une norme technique sectorielle. D'ailleurs, une norme sectorielle applicable à l'industrie minière du nickel-cuivre et cuivre-zinc est parue le 23 mars 2018.

Le règlement 419/05 détaille, entres autres, les exigences requises pour la modélisation de la dispersion atmosphérique, les exigences pour le rapport sur le sommaire des émissions et de la modélisation de la dispersion (Emission Summary Dispersion Modeling), les exigences pour la soumission de rapports au Ministère de l'environnement et de l'action en matière de changement climatique de l'Ontario (MOECC), les échéanciers de mise en œuvre, et les interdictions générales applicables au dépassement des normes d'air ambiant. Le règlement 419/05 est appuyé par les trois directives suivantes :

- › Directive pour la mise en œuvre des normes d'air ambiant en Ontario pour l'établissement des normes SSS ("Guideline for the Implementation of Air Standards in Ontario" (GIASO))
- › Directive sur la modélisation de la dispersion atmosphérique en Ontario ("Air Dispersion Modelling Guideline for Ontario" (ADMGO))
- › Procédure pour la préparation d'un rapport du sommaire des émissions et de la modélisation de la dispersion ("Procedure for Preparing an Emission Summary and Dispersion Modelling Report" (ESDM Procedure))

3.3.2 Norme générale sur la qualité de l'air

Les normes sur la qualité de l'air établissent la concentration limite des polluants rejetés dans l'air. Elles sont exécutoires (elles ont « force de loi »). Elles servent à déterminer la quantité d'un polluant que rejettent dans l'air les installations soumises au Règlement 419/05 de l'Ontario. Pour voir si une entreprise respecte les normes, on compare la concentration maximale estimée du polluant à son point d'impact (point of impingement) avec la norme de qualité de l'air correspondante.

Si une entreprise peut démontrer que la concentration maximale du polluant qu'elle rejette dans l'air ne dépasse pas la limite établie par la norme, le Règlement 419/05 ne lui impose pas d'autres exigences. La plupart des entreprises en Ontario respectent les normes générales sur la qualité de l'air. Ce n'est toutefois pas le cas pour l'industrie du nickel.

Lorsque de nouvelles normes sont adoptées ou que d'anciennes normes sont actualisées, elles entrent en vigueur par étapes successives (soit 5 ans pour une nouvelle norme) pour que les entreprises aient suffisamment de temps pour se préparer à les respecter ou poursuivre les démarches pour les deux autres options offertes par le règlement, soit la norme spécifique à un site ou la norme sectorielle. Les nouvelles normes d'air ambiant sont généralement basées sur les effets cancérigènes et non cancérigènes associées à l'exposition de ces composés.

¹ <https://www.ontario.ca/fr/page/regles-sur-la-qualite-et-la-pollution-de-lair#section-0>

Ainsi, la norme générale annuelle de nickel et de composés du nickel dans l'air ambiant (Ambient Air Standard) a été actualisée à $0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les PST en juillet 2011 pour une mise en vigueur le 1^{er} juillet 2016 (Tableau 6). En juillet 2011, des critères de nickel dans l'air ambiant avaient aussi été établis pour le nickel dans les PM_{10} (24 h et annuel) ainsi que dans les PMT (24 h). Le MOECC avait alors mentionné que la norme annuelle avait été établie sur la base d'effets à long terme (cancer) et qu'il ne fallait pas la convertir sur une base journalière.

En addition à ces normes, une limite de risque supérieure (Upper Risk Threshold - URT) a été établie à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de nickel dans les PST sur une base de 24 h (annexe 6 du règlement 419/05). Si cette limite est excédée à l'une des stations d'échantillonnage d'air ambiant, l'entreprise doit notifier immédiatement le MOECC et a 90 jours pour soumettre un rapport d'inventaire des émissions et de modélisation de la dispersion atmosphérique.

En plus des normes d'air ambiant, le MOECC a émis des critères de qualité de l'air qui peuvent être utilisés pour l'évaluation environnementale des projets. Les documents consultés sur l'industrie du nickel en Ontario ne se réfèrent pas à ces critères (Tableau 6).

Tableau 6 Valeurs limites pour le nickel dans l'air ambiant en Ontario (R. 419/05)

Paramètre	Période	Valeur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Référence
Norme Nickel dans les PST	annuel	0,04	Annexe 3 – R.419/05, 20/03/2018
Limite risque supérieur (PST)	24 h	URT : 2	Annexe 6 – R.419/05, 20/03/2018
Critère Nickel dans les PM_{10}	annuel	0,02	AAQC Ontario, juillet 2011
Critère Nickel dans les PM_{10}	24 h	0,1	AAQC Ontario, juillet 2011
Critère Nickel dans les PST	24 h	0,2	AAQC Ontario, juillet 2011

3.3.3 Norme spécifique à un site

Si une entreprise a du mal à respecter une norme sur la qualité de l'air, comme c'est le cas pour l'industrie du nickel, elle peut être autorisée à demander une norme se rapportant spécifiquement à l'endroit qui rejette le polluant en question. La norme qu'elle doit alors respecter consiste en une concentration limite que le directeur du MOECC a approuvée pour le site visé.

Pour demander une norme établie spécifiquement pour un site, (Site Specific Standard – SSS) l'entreprise doit organiser une réunion consultative avec la Direction de l'élaboration des normes du MOECC. Pour organiser une réunion consultative, l'entreprise remet d'abord au ministère l'original de tous les documents indiqués ci-dessous et une copie à la Direction de l'élaboration des normes :

- › le formulaire de demande;
- › un rapport sur les rejets de polluants et les modèles de dispersion des polluants (Emission Summary and Dispersion Modelling Report), qui doit comprendre :
 - les résultats d'une étude de modélisation ou de surveillance;
 - et une évaluation de la fréquence à laquelle la norme est dépassée et l'importance du dépassement;
- › un rapport de référencement (l'évaluation et la hiérarchisation des moyens techniques de réduire la concentration des polluants et l'évaluation des solutions techniques réalisables);
- › une analyse de viabilité économique (facultatif);

- › un rapport sur la consultation du public (doivent y être résumés les résultats des réunions publiques au sein de la collectivité locale, ces réunions étant obligatoires);
- › un plan d'action, assorti d'un calendrier des délais de mise en œuvre, à mettre à jour sur une base annuelle.

Si la demande est approuvée, elle peut rester en vigueur durant une période d'au moins cinq ans et d'au plus dix ans, afin de garantir une amélioration continue et de pouvoir réévaluer les aspects techniques ou économiques. La norme spécifique au site est renouvelable après la période de dix ans. L'entreprise dépose alors une demande et soumet une mise à jour des rapports techniques et économiques. Le MOECC peut alors exiger la tenue de réunions publiques si les changements proposés sont importants.

En 2017, environ 14 exploitations minières de cuivre-nickel étaient actives dans le nord de l'Ontario, principalement dans les régions de Sudbury et de Timmins. Les deux entreprises principales de nickel de Sudbury se sont prévaluées de cette prérogative et ont obtenu des normes spécifiques à leur site valables pour une période de dix ans à partir de leur date de promulgation, soit de 2011 à 2021 pour Vale et de 2016 à 2026 pour Glencore. Le tableau 7 résume les normes de nickel spécifiques aux sites adoptées pour l'industrie du nickel.

Tableau 7 Normes spécifiques de site pour le nickel applicables en Ontario

Entreprise	Période	Norme ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
Vale (Copper Cliff)		avant le 1 juil. 2016	du 1 juil. 2016 au 28 déc. 2021
Nickel dans les PST	24 h	3,0 (1 juil. 2015 - 1 juil. 2016) 15,0 (28 déc. 2011 - 1 juil. 2015)	URT : 2,0
	annuel	-	1,0
Glencore (Falconbridge)		de 2016 à 2022	de 2023 à 2026
Nickel dans les PST	24 h	URT : 2,0	URT : 2,0
	annuel	0,15	0,066

3.3.4 Norme technique pour l'industrie du nickel

Le MOECC possède des normes sectorielles pour plusieurs industries qui ont été développées en vertu du règlement 419/05 sur la qualité de l'air à l'échelle locale.² Il s'agit d'une démarche de conformité fondée sur le secteur pouvant être appliquée lorsqu'au moins deux installations d'un secteur donné sont incapables de se conformer à au moins une norme de qualité de l'air en raison de contraintes techniques ou économiques.

Les normes provinciales de la qualité de l'air sont établies en fonction de la science; par conséquent, une installation ou un secteur peut ne pas être en mesure de les respecter en raison de contraintes techniques ou économiques particulières. Au lieu d'assouplir la norme de qualité de l'air, le règlement permet aux installations ou aux secteurs de dépasser les limites de la norme de qualité de l'air tant qu'ils tentent de réduire leurs émissions atmosphériques à l'aide de solutions fondées sur les technologies et des pratiques exemplaires, dans la mesure du

² Registre environnemental de l'Ontario, Sites d'exploitation minière – Norme sectorielle en vertu du règlement sur la qualité de l'air à l'échelle locale (Règlement de l'Ontario 419/05), <https://ero.ontario.ca/fr/notice/013-0196>.

possible. Ces normes techniques exigent que les entreprises investissent dans les meilleures pratiques et technologies disponibles pour réduire les émissions atmosphériques et améliorer la qualité de l'air au fil du temps. Le MOECC supervise ainsi la progression des entreprises pour s'assurer qu'elles obtiennent les résultats désirés et constater des améliorations dans leurs émissions atmosphériques. Le MOECC utilise ces normes pour évaluer le rendement des installations industrielles.

En 2012, l'Ontario Mining Association (OMA) a demandé que le MOECC élabore une norme technique pour l'industrie du nickel et ses composés. Le MOECC a reconnu qu'il n'était pas techniquement faisable pour deux installations émettant du nickel et ses composés de se conformer aux normes générales de qualité de l'air pour le nickel entrées en vigueur en juillet 2016.

Le 23 mars 2018, le MOECC a promulgué une décision concernant une norme technique pour le secteur minier (la norme sectorielle pour les sites d'exploitation minière) en vertu du Règlement 419/05 de l'Ontario (Air Pollution – Local Air Quality). Cette norme s'applique aux installations définies par les codes 212232 (mines de cuivre-nickel) et 212233 (mines de cuivre-zinc) du SCIAN.

Les contaminants abordés dans cette norme technique sont les suivants ³:

- › le nickel et ses composés;
- › les matières particulaires en suspension;
- › les autres métaux trouvés dans le gisement de minerai (propres aux sites individuels) et qui pourraient comprendre :
 - le cuivre;
 - le zinc;
 - le cobalt;
 - le cadmium et ses composés.
- › Lorsque le MOECC élabore une norme technique, il compare les exigences d'autres juridictions pour des installations similaires et représentatives du secteur d'activités ciblé afin de déterminer si des exigences semblables peuvent être mises en place pour les installations de l'Ontario. De plus, l'élaboration d'une norme technique comprend ce qui suit:
 - un examen détaillé des sources de contaminant(s) propres au secteur;
 - une analyse comparative des technologies de contrôle de la pollution et des pratiques exemplaires de gestion pour prendre ces sources en considération;
 - la prise en considération des problèmes économiques liés au secteur.

Dans le cadre de la norme technique pour l'industrie du nickel (sites d'exploitation minière), différentes démarches de conformité ont été combinées dans une même stratégie qui fera en sorte que :

- › les installations auront davantage de responsabilités. Elles devront s'assurer elles-mêmes de leur conformité et stimuler l'amélioration continue;
- › le MOECC exercera un contrôle en élaborant des mesures du rendement et en mettant en œuvre des mesures de suivi, au besoin;

³ Source : <https://ero.ontario.ca/fr/notice/013-0196>

- › un plan d'action spécifique au site (site plan) qui précise les meilleures pratiques appliquées;
- › des rapports récapitulatifs annuels devront être produits et signés par la personne occupant le poste plus élevé avec des responsabilités de gestion au sein de l'installation.

Les sources dominantes des principaux contaminants de ce secteur comprennent les suivantes:

- › les aires de stockage du matériel minier, y compris les refus de broyage;
- › la manutention et le traitement du matériel minier;
- › les usines de broyage;
- › les galeries de retour d'air dans les mines souterraines;
- › les mines à ciel ouvert;
- › les routes.

La norme sectorielle destinée à l'industrie du nickel comporte plusieurs exigences dont les suivantes :

- › un bâtiment fermé pour l'entreposage des matières fines de l'exploitation minière pour les nouvelles installations;
- › si possible, l'application de liants chimiques pour contrôler la poussière et (ou) maintenir un niveau d'humidité qui prévient le rejet des matières particulaires;
- › des exigences relatives aux sources situées à 1 km (ou 2 km dans le cas de mines à ciel ouvert) de récepteurs humains, y compris une surveillance communautaire;
- › l'utilisation obligatoire d'équipement de contrôle de la pollution de l'air pour les activités de broyage;
- › la production de rapports de surveillance annuels, notamment un résumé des mesures prises en réponse aux résultats statistiquement plus élevés découlant de la surveillance;
- › des exigences en matière d'exploitation et de surveillance;
- › l'obligation de faire des rajustements opérationnels (lorsque des écarts sont notés);
- › des procédures pour le traitement des plaintes;
- › l'obligation de maintenir les mesures de contrôle de la pollution de l'air ou les méthodes de gestion actuelles de l'installation (même si elles ne sont pas prévues dans la norme technique);
- › des exigences plus strictes qui entreront progressivement en vigueur à partir de 2020;
- › des exigences relatives au signalement par le public, aux avis et à la tenue de dossiers.

Les exigences de la norme technique sectorielle sont présentées de façon plus détaillée à la section 5.1 de ce rapport. La norme sectorielle précise en préambule qu'une entreprise adhérant à la norme sectorielle n'a plus besoin d'effectuer de modélisations de la dispersion atmosphérique des contaminants émis par ses installations.

3.4 Autres normes provinciales sur le nickel

La compagnie Vale exploite du nickel dans deux autres provinces canadiennes soit :

- › Terre-Neuve dont l'exploitation de la mine de nickel de Voisey's Bay et de la fonderie de Long Harbour (58 000 t/an) ont commencé en 2014;
- › Manitoba, à Thompson où 82 000 t/an d'anodes de nickel y sont produites depuis les années 1970. Vale a annoncé à la fin 2017 la fermeture de cette usine d'ici deux ans.

À Terre-Neuve, la norme sur 24 h de nickel dans l'air ambiant est de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les PST.

Le même critère (guideline) d'air ambiant est en principe applicable au Manitoba, dont la dernière mise à jour date de 2005. Le critère manitobain est tiré directement des critères d'air ambiant de l'Ontario de 2001. Nous notons que le nickel n'a pas fait l'objet d'une évaluation des impacts des émissions de nickel sur la qualité de l'air ambiant pour l'autorisation du projet Minago de la minière Victory Nickel (Étude d'impact soumise le 30 avril 2010, et mise à jour en décembre 2013). Ce projet concerne une mine à ciel ouvert avec une production de 46 000 tonnes de concentré à 23% Ni, dont la construction et l'exploitation n'ont pas été débutés.

3.5 Michigan

Trois critères de santé sont disponibles au Michigan soit le ITSL, le IRSL et le SRSL. Le ITSL (Initial Threshold Screening Level) est un critère de santé développé pour les effets non cancérigènes d'un toxique. Le SRSL (Secondary Risk Screening Level) est utilisé par le Department of Environment Quality (DEQ) du Michigan pour évaluer les demandes de permis d'émissions à l'atmosphère d'une installation qui comporte plusieurs sources d'émission de contaminants, à la condition préalable que chaque source applique la règle de la meilleure technologie de contrôle disponible pour les toxiques. Le niveau défini (SRSL) correspond à la concentration limite supérieure de risque additionnel de développer un cas de cancer par 100 000 individus, suite à une exposition continue à cette concentration sur la vie durant (70 ans). Dans le cas du critère IRSL (Initial Risk Screening Level), il s'agit d'un risque de cancer additionnel par million d'individus. Ce critère est utilisé seulement pour évaluer les demandes de permis applicables à une nouvelle source de toxique ou à une source modifiée. S'il n'est pas possible de respecter le critère IRSL, l'installation peut se prévaloir d'une seconde option, soit d'inclure l'ensemble des sources d'émissions de toxiques afin de démontrer la conformité au critère SRSL. Les concentrations ambiantes ne peuvent en aucun cas excéder les critères de santé applicables.

Dans sa dernière version de ses critères de santé datant du 2 mai 2018, le DEQ du Michigan évoque pour le nickel un IRSL de $0,0058 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et un SRSL de $0,058 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les PM_{10} retenus en août 2017. C'est aussi la seule juridiction qui possède (depuis 1991) des critères applicables pour le nickel sulfidique (Ni_3S_2), soit $0,0021 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'IRSL et $0,021 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le SRSL. Le Michigan n'a pas retenu de critère pour les effets non cancérigènes du nickel. *La conformité au critère IRSL de l'époque (Foth & Van Dyke and associates, inc., 2005) a été démontrée pour la mine Eagle, soit une valeur maximale annuelle prédite de $0,00295 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de Ni dans les PST à la limite de propriété pour l'ensemble des sources de la mine par rapport à un critère IRSL de $0,0042 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (voir étude de cas à la section 4.5).*

3.6 Californie

L'agence de protection de l'environnement de la Californie, ou plus précisément le California Air Resources Board (CARB), a établi des normes de qualité de l'air ambiant pour dix contaminants principaux (criteria pollutants). Le CARB a aussi identifié environ 200 substances toxiques pour lesquels le bureau d'évaluation des dangers à la santé (Office of Environmental Health Hazard Assessment ou OEHHA) a établi des Valeurs toxiques de référence (VTR – désigné en Californie par le terme Reference Exposure Levels ou REL). Les substances toxiques peuvent causer des effets sérieux à long terme, tel le cancer, même à de faibles valeurs d'exposition. La plupart de ces substances toxiques n'ont pas de niveaux sécuritaires connus, et peuvent s'accumuler dans le corps humain suite à des expositions répétées. Des mesures ont ainsi été mises en place et continuent d'être adoptées pour réduire les émissions de ces substances toxiques en Californie. Le nickel et les composés du nickel font partie des 200 substances toxiques, pour lesquelles des REL ont été établies. Le MELCC s'est inspiré de l'approche californienne pour développer la norme de qualité de l'air ambiant sur 24 h du nickel dans les PM₁₀.

3.6.1 Cadre réglementaire

La Californie est divisée en 35 districts locaux de gestion de la qualité de l'air qui sont responsables de l'émission des permis environnementaux pour l'industrie et des programmes relatifs à la qualité de l'air. L'encadrement réglementaire peut être résumé comme suit :

- › Toxic Air Contaminant Identification and Control Act (AB 1807, Tanner 1983) : Cette loi sur l'identification et le contrôle des contaminants atmosphériques toxiques a créé le programme californien pour réduire l'exposition des humains aux substances toxiques.
- › Air Toxics "Hot Spots" Information and Assessment Act (AB 2588, Connelly 1987) : Cette loi fournit un supplément au programme AB 1807 en fournissant un inventaire des rejets toxiques en Californie, en exigeant la publication d'avis aux populations exposées face à un risque significatif sur la santé, et en exigeant des plans d'action pour les installations en cause pour réduire ces risques.

Le CARB doit utiliser des critères de priorisation pour l'identification et le contrôle des toxiques à l'atmosphère. La classification de ces substances comme toxiques doit considérer des critères de risques de danger à la santé publique, les quantités émises, leur persistance dans l'atmosphère, et leurs concentrations ambiantes dans la communauté.

Le programme AB 1807 de 1983 a établi une approche en deux étapes, toujours utilisée à ce jour. La première étape a concerné l'identification des toxiques par le CARB et l'OEHHA. Durant ce processus, le CARB et l'OEHHA ont déterminé si une substance devait être formellement identifiée comme un toxique en Californie. Le CARB évaluait le potentiel d'exposition à la substance tandis que l'OEHHA en évaluait les effets sur la santé. Le processus était ouvert au public. Après la tenue d'ateliers et de périodes de revue par le public, un rapport était préparé qui comprenait une trace écrite des commentaires du public et de la façon dont ils avaient été adressés. Le rapport était ensuite soumis à un panel scientifique de neuf membres qui le révisait en fonction de sa précision scientifique. Une fois le rapport approuvé par le panel, le CARB a préparé un avis d'audience et un règlement préliminaire qui identifiait formellement la substance comme un contaminant atmosphérique toxique (CAT). Le CARB prenait ensuite la décision définitive de reconnaître la substance comme un CAT.

La deuxième étape visait la gestion du risque alors que le CARB revoyait les émissions des diverses sources du CAT afin de déterminer si une action légale était nécessaire pour réduire le risque. L'analyse incluait une revue des contrôles en place, des technologies disponibles, et du risque associé. Le soutien public était un élément essentiel au développement d'un plan de contrôle et de toute mesure de contrôle pour s'assurer que les efforts du CARB étaient efficaces (économiques) et équilibrés de façon appropriée entre la protection de la santé publique et la croissance économique.

En septembre 1987, le programme AB 2588 était mis en œuvre afin d'exiger que les installations rapportent aux autorités compétentes leurs émissions de CAT, déterminent les risques à la santé associées à leurs installations, et en notifient leurs voisins. En septembre 1992, la Loi AB 2588 était amendée (Loi du Sénat 1731) pour que les installations qui posaient un risque significatif à la santé de leur communauté le réduisent au moyen d'un plan de gestion des risques.

La Loi AB 2588 demande aux districts locaux de gestion de la qualité de l'air de prioriser (basse, intermédiaire ou haute priorité) les installations en vue de déterminer celles qui doivent faire l'objet d'une analyse des risques à la santé. La priorisation tient compte des émissions de CAT de l'installation, de sa proximité avec les récepteurs sensibles (hôpitaux, écoles, garderies, résidences, etc.) et d'autres facteurs jugés essentiels par le district. Les installations pressenties comme hautement prioritaires doivent soumettre une analyse des risques à la santé (Health Risk Assessment ou HRA) dans les 150 jours suivant la publication de l'avis du district de procéder à une telle étude. Dans la même foulée, un district peut aussi exiger la réalisation d'un HRA dans le cadre d'une autorisation environnementale sur une installation donnée.

Au Québec, la réalisation d'une analyse de risque toxicologique relève de projets de sols contaminés, mais ne sont pas exigées comme telles pour les études d'impact sur l'environnement, menant à l'autorisation de projets, à moins de situations particulières. Les promoteurs qui présentent une analyse de risque toxicologique le font de leur propre chef, comme ce fut le cas pour la mine Dumont (Sanexen, 2014).

3.6.2 Analyse de risques toxicologiques pour la santé humaine

En Californie, les HRA doivent être réalisées selon le Guide d'évaluation des risques pour la santé du OEHHA. L'analyse de risque décrit le type de polluant et leur quantité auxquels une personne peut être exposée et estime le risque potentiel de cancer ou d'effets non cancérogènes pour le niveau d'exposition prédit en utilisant des modèles mathématiques conçues pour la protection de la santé publique. De façon générale, le Guide d'analyse de risque du OEHHA adopte une approche classique en analyse de risque toxicologique similaire aux analyses déposées au MELCC (ex. la mine Dumont).

L'OEHHA met à la disposition de tous le progiciel Hot Spots Analysis and Reporting Program (HARP), un outil composé de trois modules :

- › Le module d'inventaire des émissions;
- › L'outil de modélisation de la dispersion atmosphérique (AERMOD) et d'évaluation des risques pour la santé;
- › Un outil séparé d'évaluation des risques pour la santé selon les principes énoncés dans le Guide d'évaluation des risques.

Une revue sommaire de ce Guide montre des différences comparativement à la pratique québécoise au point de vue de la modélisation de la dispersion atmosphérique des contaminants. Ainsi, il est demandé de quantifier chaque source sur une base horaire maximale et sur une base moyenne annuelle. Les émissions maximales horaires sont utilisées pour évaluer les impacts sur la santé non cancérigène aigus (sur 1 h). Les émissions moyennes annuelles sont utilisées pour évaluer les expositions chroniques, i.e. les impacts chroniques et les effets aigus sur 8-h non cancérigènes, de même que les effets cancérigènes. Des isoplèthes (courbes d'isoconcentration) sont demandées pour les concentrations horaires maximales, maximales sur 8-h (maximums des 5 ans simulés), et annuelle (moyenne des 5 ans simulés), de même que pour l'évaluation du risque de cancer. Ces isoplèthes permettent ainsi de visualiser l'étendue de l'exposition aux CAT émis par l'installation sur la communauté.

Au Québec, cette notion de concentration horaire maximale est appliquée différemment pour les installations existantes, pour lesquelles des données de caractérisation des sources d'émissions sont disponibles. Dans l'optique où la caractérisation des émissions d'un contaminant à la cheminée comporte trois essais d'une durée de 1 à 3 heures selon le cas, le MELCC demande d'utiliser la plus haute valeur des trois essais pour les simulations de dispersion des périodes de 4 minutes jusqu'à 24 h, inclusivement. La valeur moyenne des trois essais est utilisée pour des périodes supérieures à 24 h (annuel, saisonnier ou autre). Ces nuances ne sont généralement pas applicables pour des installations futures, pour lesquelles les études de dispersion atmosphérique sont généralement réalisées en fonction des garanties d'émission des fournisseurs de technologie d'épuration, d'estimations techniques fournies par le promoteur ou de facteurs d'émission généraux.

Le Guide du OEHHA demande le calcul des concentrations maximales modélisées aux trois récepteurs suivants :

- › Au point d'impact maximum, à l'extérieur des limites de propriété de l'installation (idem au Québec, bien qu'on rapportera également le maximum à l'extérieur des secteurs zonés à des fins industrielles);
- › À la résidence la plus exposée (idem au Québec, qui en fait une exigence de calculer les concentrations maximales aux résidences permanentes à l'intérieur des secteurs zonés à des fins industrielles à l'article 202 du RAA);
- › Au point du travailleur hors-site (i.e. un travailleur d'une industrie voisine) le plus exposé, pour tenir compte du fait que des travailleurs sont exposés aux émissions des installations 8h/j, 5j/sem. Le Québec n'a pas de dispositions à cet égard.

L'analyse HRA est revue par le district concerné et l'OEHHA, qui approuvent l'étude ou émettent leurs commentaires pour fin de correction et de nouvelle soumission le cas échéant. Si l'étude n'est pas resoumise dans les 60 jours de l'avis, le district peut modifier l'analyse à son gré et l'approuver telle que modifiée.

L'analyse HRA fait la somme des ratios « concentration maximale prédite / REL » des divers contaminants émis par les installations. Il s'ensuit après coup une approche de gestion du risque:

- › Si l'index global est supérieur à 1 pour les effets non cancérigènes ou à 1 chance sur un million (1×10^{-6}) pour les effets cancérigènes, le district peut requérir l'installation de la meilleure technologie de contrôle disponible (TBACT) pour une source d'émission nouvelle ou modifiée pour les toxiques concernés.

- › Le district peut aussi émettre un permis pour une source nouvelle ou modifiée si l'index est inférieur à 1 pour les effets non cancérigènes ou si le risque de cancer ne dépasse pas 25×10^{-6} .
- › Le district n'émettra en principe pas de permis si les niveaux de risque ci-haut sont dépassés.
- › Dans certains cas, le district peut déroger à ce principe et conclure que l'émission d'un permis est appropriée même si les niveaux de risque sont dépassés. Les raisons motivant cette décision incluent, sans s'y limiter, le fait que les sources utilisent des TBACT, que les sources supportent des biens ou des services publics essentiels, etc.
- › Il pourrait aussi se produire la situation inverse : même si les niveaux de risques pour la santé de l'installation ne dépassent pas les limites prévues ou acceptables, un district pourrait refuser d'émettre un permis si la source mène à un dépassement régional des niveaux de risques permis ou pour d'autres considérations découlant des programmes, règles ou politiques d'émission des permis du district.
- › Dans les cas d'installations existantes, le district peut recommander un plan de réduction du risque avec une cible n'excédant pas un risque de 100×10^{-6} de cancer ou un index de danger non cancérigène inférieur ou égal à 10,

Dans tous les cas où les indices de risques sont dépassés ($> 1 \times 10^{-6}$ pour le risque d'effet cancérigène et/ou > 1 pour l'index des effets non cancérigènes), l'installation est tenue de notifier le public et les travailleurs concernés par ces dépassements (soit par lettre, annonce dans les journaux, etc.). L'installation peut également être tenue de réduire ses émissions par la mise en œuvre d'un plan de réduction des risques.

3.6.3 Détermination des REL

Pour chaque substance toxique, l'OEHHA a fait une revue des effets cancérogènes et non cancérogènes et a établi trois valeurs toxiques de référence (VTR) appelés REL (Reference Exposure Levels) auxquels les résultats d'analyses de risques doivent être comparés. Un REL représente le niveau de concentration à ou sous lequel aucun effet adverse pour la santé sont anticipés pour la durée d'exposition spécifiée. Les REL sont basés sur l'effet adverse le plus sensible et pertinent sur la santé rapporté dans la documentation médicale ou toxicologique. Les REL sont conçus pour protéger les individus les plus sensibles par l'intégration de facteurs qui tiennent compte des incertitudes aussi bien que des différences individuelles dans la réponse du corps humain aux expositions chimiques. Les facteurs utilisés pour le calcul des REL sont conçus pour protéger la santé publique et ainsi éviter de sous-estimer les risques non cancérogènes. Le dépassement d'un REL n'indique pas automatiquement un impact adverse sur la santé. Toutefois, l'accroissement des concentrations ambiantes au-dessus d'une valeur REL accroît la probabilité d'occurrence d'un effet sur la santé (OEHHA, Feb 2015).

Le OEHHA a révisé ses REL pour le nickel en février 2012. Ceux-ci s'appliquent au nickel et aux composés du nickel incluant l'acétate de nickel, le carbonate de nickel, le carbonyle de nickel, l'hydroxyde de nickel, le nickelocène les poussières du procédé pyrométallurgique des raffineries de nickel, et le sous-sulfure de nickel. Une distinction est faite pour l'oxyde de nickel auquel l'OEHHA a attribué un REL chronique par inhalation plus élevé ($0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Le OEHHA précise que les distributions des diamètres de particules utilisées dans les études sur les animaux constituent un substitut raisonnable pour les émissions de $\text{PM}_{2.5}$ et de PM_{10} émises par les sources fixes et possiblement les sources mobiles.

Voici un sommaire des REL résultant du travail d'analyse du OEHHA :

- › REL aigu de $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition d'une heure. Cette valeur découle d'une étude menée par Graham et al. sur des souris via l'inhalation de chlorure de nickel. L'effet critique retenu est la diminution du système immunitaire (anticorps). La dose benchmark, soit la limite inférieure de l'intervalle de confiance à 95%, a été déterminée à $165 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition de deux heures. Cette valeur est ramenée à $233 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition d'une heure. Un facteur d'incertitude global de 1 000 est ensuite appliqué pour obtenir le REL aigu de $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une heure.
- › REL aigu de $0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour des expositions répétées de 8 h. Cette valeur découle de l'étude menée par le NTP (1994) chez les rats (mâles et femelles) exposés à du nickel via l'inhalation de sulfate de nickel. Les effets critiques retenus sont les effets sur les systèmes immunitaire et respiratoire, plus spécifiquement l'hyperphasie des macrophages alvéolaires, la protéinose alvéolaire ainsi que l'inflammation active chronique pulmonaire observés après 13 semaines d'exposition ($0,12$ à $0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$, $6,2\text{h}/\text{j}$, $5\text{j}/\text{sem}$, de 16 j à 24 mois). Une NOAEL ajustée pour une exposition de 8 h a été estimée à $5,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Un facteur d'incertitude global de 100 est ensuite appliqué pour obtenir le REL aigu sur 8 h de $0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- › REL chronique annuel de $0,014 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit $4,0 \times 10^{-6} \text{ mg}/\text{kg}\cdot\text{j}$ par voie orale. Cette valeur est tirée de la même étude que le REL sur 8 h. Les effets critiques retenus pour l'inhalation concernent les effets pulmonaires et hématologiques. Les effets critiques retenus pour la voie orale concernent les effets sur le système reproducteur et le développement. Une dose benchmark (BMDL) de $30,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été établie sur la base des valeurs obtenues pour la protéinose alvéolaire pulmonaire des rats exposés. Cette BMDL a été ajustée pour une exposition continue ($30,5 \times 6\text{h}/24\text{h} \times 5\text{j}/7\text{j} = 5,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), équivalente pour l'humain de $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (facteur d'ajustement dosimétrique de $0,26$). Un facteur d'incertitude global de 100 est ensuite appliqué pour déterminer le REL chronique de $0,014 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

On constate d'une part que la norme québécoise de nickel sur 24 h, liée à un effet aigu soit la diminution du système immunitaire, correspond en fait au VTR (REL) chronique annuel de la Californie. Cette différence est due au fait que le MELCC a utilisé une relation linéaire (ten Berge) pour dériver la norme sur 24 h à partir des résultats d'exposition expérimentale sur 2 h ($165 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de l'étude de Graham (1979). La Californie utilise une formule d'ajustement du temps $C^n \times T = K$ où C = concentration d'exposition (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$), $n = 2$, T = durée d'exposition (en h) et K est une constante calculée à partir des résultats expérimentaux de base, soit dans le cas de l'étude de Graham : $K = 165^2 \times 2 = 54\,450$.

La concentration C à la durée d'exposition t recherchée devient $C_t = (K/T)^{1/n}$. En appliquant ce principe, l'OEHHA a déterminé une concentration de base de $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'extrapolation des données de l'étude de Graham à une durée d'exposition de 8 h (OEHHA, 2015, p.104), mais a finalement retenu un critère REL plus strict basé sur une étude sur les rats.

Un exercice similaire sur 24 h donne $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ soit :

$$C_{8\text{h}} = (54\,450 / 8)^{1/2} = 82 \mu\text{g}/\text{m}^3$$
$$C_{24\text{h}} = (54\,450 / 24)^{1/2} = 48 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

En considérant un facteur d'incertitude cumulative de 1 000, une valeur de $0,048 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 h serait obtenue au lieu d'une valeur de $0,014 \mu\text{g}/\text{m}^3$ basée sur une approche linéaire.

3.6.4 Facteur de risque pour le cancer

Un risque unitaire de $2,6 \times 10^{-4}$ est suggéré (OEHHA, 2009) pour une exposition pendant toute la vie à une concentration moyenne de nickel de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air ambiant. Le risque unitaire est exprimé en termes de probabilité de cas additionnels de cancer par $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de contaminant dans l'air ambiant. Les concentrations correspondantes à un cas additionnel de cancer pour 10 000, 100 000 et 1 000 000 de personnes sont environ 385, 38 et $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces facteurs de risque sont plus hauts que ceux émis par l'OMS de 250, 25 et $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (section 3.1)

3.7 Texas

Le MELCC s'inspire parfois des critères d'air ambiant du Texas, où sont préparés des documents étoffés en lien au développement et l'établissement de valeurs de toxicité relatives aux substances chimiques.

Les niveaux de 'dépistage' des effets (Effects Screening Level ou ESL) sont des niveaux utilisés par le TCEQ (Texas Commission on Environment Quality) dans leur processus d'autorisation des émissions atmosphériques pour évaluer les impacts prévus et les résultats des études de dispersion atmosphérique. Ils sont utilisés pour évaluer le potentiel d'effets résultant de l'exposition à des concentrations de contaminants dans l'air. Les ESL sont basés sur des données concernant les effets des contaminants sur la santé, le potentiel de nuisance olfactif et les effets sur la végétation. Ce ne sont pas des normes d'air ambiant. Si les niveaux de concentration ambiante du contaminant ne dépassent pas les ESL, des effets néfastes sur la santé ou le bien-être ne sont pas attendus. Si les niveaux prédits de contaminants dans l'air ambiant dépassent les niveaux ESL, cela n'indique pas nécessairement un problème mais un examen plus approfondi est alors déclenché.

Des niveaux ESL à court et à long terme ont été développés. "Court terme" représente généralement une période de calcul d'une heure alors que "Long terme" représente une période de calcul moyenne annuelle.

Le TCEQ a développé des critères court et long terme pour le nickel et les composés inorganiques de nickel (TCEQ, 2011) qui doivent être pris en considération lors de la revue des permis d'émissions atmosphériques. Le ESL chronique à long terme (annuel) défini pour le nickel et ses composés est de $0,059 \mu\text{g}/\text{m}^3$, basé sur un facteur de risque unitaire de cancer par inhalation de $1,7 \times 10^{-4}$ par $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ce niveau d'exposition de $0,059 \mu\text{g}/\text{m}^3$ représente un risque additionnel de cancer du poumon de 1 cas par 100 000 personnes, soit le niveau de risque jugé non significatif par le TCEQ pour les substances cancérigènes.

Le TCEQ a développé son facteur de risque à partir d'études épidémiologiques où les travailleurs étaient exposés à de faibles niveaux de nickel sulfidique, jugé plus cancérigène que les autres formes de nickel. Le nickel sulfidique est associé aux raffineries de nickel.

Le ESL à court terme (1h) pour la revue des permis est de $0,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ basé sur une valeur de référence de $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour des effets de constriction des bronches pour des volontaires au prise avec des problèmes d'asthme en milieu de travail. Un facteur de 0,3 est appliqué à cette valeur de référence pour tenir compte du risque agrégé et cumulatif, lors des revues de permis.

3.8 Australie

La majeure partie des mines de nickel se trouvent dans l'état de l'ouest de l'Australie (Western Australia - WA). La revue des critères de nickel dans l'air ambiant se base principalement sur les documents disponibles pour cet état. En Australie, comme dans l'état de WA, il n'y a pas de norme de nickel dans l'air ambiant.

À ce jour, les caractérisations de métaux lourds dans l'air ambiant ont été peu nombreuses en Australie. En 2005, des caractérisations de métaux lourds ont eu lieu dans le parc industriel de Kwinana, au sud de Perth (Kwinana Industries Council). Les résultats (maximum journalier de 20 ng/m³; moyenne annuelle de 4 ng/m³) rapportés à Hope Valley avaient été comparés à la norme sur 24 h de 2 µg/m³ alors en vigueur en Ontario et à la norme annuelle de 15 ng/m³ alors en vigueur au Texas. Les émissions de nickel à l'atmosphère du parc industriel étaient estimées à 1,35 t/an, émanant surtout de la raffinerie Nickel West Kwinana située à 7 km de Hope Valley et qui produisait à l'époque 40 000 t/an de nickel (production de plus de 80 000 t/an en 2017).

Port Esperance, sur la côte sud de l'état de WA fait le suivi des concentrations de nickel dans les PST depuis 2008. Une norme d'air ambiant sur 24 h de 0,14 µg/m³ de nickel dans les PST y est en vigueur depuis janvier 2009 (Licence 5099/1974/12 du WA Département de la réglementation environnementale). La section 4.4.1 du présent rapport résume les informations et données pertinentes au nickel à Port Esperance.

La revue d'études d'impact récentes réalisées pour des projets de nouvelles installations de nickel en Australie a permis d'établir que l'enjeu du nickel dans l'air ambiant et de son impact sur la santé avait été parfois analysé, au cas par cas. Les niveaux de référence cités dans les études d'impact étaient basés sur des valeurs similaires à la directive de l'OMS développée pour un cas de cancer additionnel par million d'individus (2,5 et 3 ng/m³ au Queensland et dans l'état de WA). Dans les deux cas, il s'agissait de nouvelles installations. La revue de ces projets est présentée aux sections 4.4.2 (projet de raffinerie de Gladstone Pacific Nickel Limited) et 4.4.3 (projet de mine et de concentrateur nickel-cobalt à Wingellina, WA).

Par ailleurs, les projets d'expansion ou de modification d'installations minières existantes n'ont pas à soumettre une évaluation des niveaux de nickel dans l'air ambiant pour fin d'autorisation. Notre revue des dossiers pour lesquels des études d'impact récentes ont été déposées pour des modifications à des installations existantes ne traitent pas de cette question, soit Ravensthorpe (décision obtenue en janvier 2017) et le projet Nova Nickel (pas de EIE requise, 2014) qui expédient tous deux leur concentré à l'étranger par Port Esperance, ainsi que le projet de modification des installations de la mine Sunrise – Ni, Co, Sc – au New South Wales par l'entreprise Clean Teq (EIE novembre 2017).

Le 19 novembre 2018, l'EPA du WA a approuvé le projet de mine satellite de BHP Billiton pour construire et opérer une nouvelle installation d'extraction de sulfure à basse teneur de nickel à 20 km au sud des installations du Mt Keith, et à 80 km au nord de la communauté la plus proche, Leinster. Ce projet comporte l'ouverture de deux mines à ciel ouvert, une aire de dépôt des stériles, de même que l'extraction et un nouveau corridor pour le transport de 9,6 mtpa de minerai jusqu'à l'usine de traitement existante du Mt Keith (WA EPA, novembre 2018). L'étude d'impact déposée incluait une étude de dispersion des particules (PST, PM₁₀ et PM_{2,5}) avec le modèle AERMOD, sans égard à un critère de nickel dans les PST ou les PM₁₀ (Ramboll, mars 2017).

Les méthodes approuvées pour la modélisation et l'évaluation des polluants de l'air au New South Wales (NSW EPA, janvier 2017) font mention de critères de qualité de l'air à respecter 99,9% du temps pour les toxiques au récepteur sensible le plus proche, qu'il soit existant ou futur. Un critère horaire de 0,18 µg/m³ a été promulgué pour le nickel (dans les PST) en 2001 dans la Gazette du gouvernement victorien. On comprend ici qu'il s'agit uniquement de la concentration limite à respecter pour une modélisation de la dispersion atmosphérique, puisque les mesures sont effectuées sur des périodes de 24 h. La comparaison à ce critère a été relevée dans une étude de dispersion atmosphérique réalisée en 2017 pour un projet de pyrolyse de déchets de plastique à 11 km de l'aéroport de Canberra (Todoroski, 2017).

3.9 Union Européenne

3.9.1 Valeur cible pour le nickel

Le 15 décembre 2004, l'Union européenne qui regroupe 28 pays adoptait la 4^e Directive (no 2004/107/CE) concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'air ambiant (Tableau 8). Pour les HAP, le benzo(a)pyrène (B(a)P) est utilisé comme traceur du risque cancérigène lié aux HAP dans l'air ambiant. Ces valeurs cibles sont entrées en vigueur le 31 décembre 2012⁴. À titre indicatif, les normes de qualité de l'air du Québec, ajoutées au tableau 8, sont plus strictes que celles de l'Union européenne.

Tableau 8 Valeurs cibles et seuils d'évaluation de l'Union européenne - As, Cd, Ni et B(a)P dans les PM₁₀

Critère – Directive 2004/107/CE	Arsenic (ng/m ³)	Cadmium (ng/m ³)	Nickel (ng/m ³)	B(a)P (ng/m ³)
Valeur cible annuelle	6	5	20	1
Seuil annuel d'évaluation minimal	2,4	2	10	0,6
Seuil annuel d'évaluation maximal	3,6	3	14	0,4
Norme d'air ambiant Québec	3 (annuel)	3,6 (annuel)	14 (24 h)	0,9 ⁽¹⁾

(1) Au Québec, la concentration des composés cancérigènes d'HAP dans l'air ambiant doit être exprimée en équivalent toxique du B(a)P, selon les facteurs définis au RAA. La somme de l'ensemble des concentrations de composés de HAP doit être comparée à la norme du RAA sur le B(a)P (0,9 ng/m³). L'approche est similaire pour la communauté européenne.

Dans le droit européen, une valeur cible constitue une concentration maximale dans l'air ambiant qui est fixée sur la base de connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution de l'air sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble. Elle doit être atteinte dans la mesure du possible, dans un délai déterminé, sans impliquer de mesures entraînant des coûts disproportionnés. En ce qui concerne les installations industrielles, les valeurs cibles ne devraient pas entraîner de mesures qui aillent au-delà de l'application des meilleures technologies disponibles (MTD) exigée par la directive 96/61/CE relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution ni, en particulier, la fermeture d'installations.

3.9.2 Seuils d'évaluation et stations de mesure

La Commission européenne demande que les États membres tiennent compte des valeurs cibles dans l'évaluation et l'autorisation des projets industriels. La Directive 2015/1480 adoptée

⁴ Source : <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>

en 2015 a aussi imposé au minimum deux stations de mesure par pays, et des stations implantées à tous les 50 000 km² pour évaluer les concentrations de fond.

Le dépassement des seuils d'évaluation maximal et/ou minimal (voir tableau 8 pour le nickel) est déterminé sur la base des concentrations mesurées au cours des cinq années précédentes pour lesquelles des données suffisantes sont disponibles. Un seuil d'évaluation est considéré comme dépassé s'il a été franchi pendant au moins trois années de calendrier au cours de ces cinq années précédentes.

En principe, si les niveaux de polluants mesurés en moyenne annuelle sont supérieurs au seuil d'évaluation maximal, les mesures avec des stations permanentes de suivi de l'air ambiant sont obligatoires. Le nombre de stations (entre 1 et 6) à implanter dépend de la population de la zone ou de l'agglomération concernée.

Si les niveaux de polluants sont inférieurs au seuil d'évaluation minimal, il n'y a pas lieu de mettre en place des stations de suivi de l'air ambiant. Les concentrations sont alors évaluées par une modélisation de la dispersion atmosphérique des contaminants.

Si les niveaux modélisés excèdent le niveau minimal sans dépasser le niveau maximal d'évaluation, des stations de mesure sont également requises, mais avec une station, ou deux si la population de la zone est supérieure à 3,75 millions de personnes.

Lorsqu'il s'agit d'évaluer les contributions des sources industrielles, au moins une station de mesure dite 'industrielle' est installée dans l'axe des vents dominants par rapport à la source dans la zone résidentielle la plus proche. Si la concentration de fond n'est pas connue, un point de prélèvement supplémentaire est installé dans la direction principale du vent. En particulier, en cas de dépassement de la valeur cible, les points de prélèvement devraient être placés de sorte que la mise en œuvre des MTD puisse être contrôlée.

3.9.3 Transmission des informations - dépassement de la valeur cible

Pour les zones et agglomérations où la valeur cible est dépassée, les États membres déterminent les secteurs de dépassement et les sources qui y contribuent. Pour les secteurs concernés, les États membres doivent démontrer qu'ils appliquent toutes les mesures nécessaires n'entraînant pas des coûts disproportionnés, visant en particulier les sources d'émission prédominantes, de façon à atteindre les valeurs cibles. Pour les installations industrielles relevant de la directive 96/61/CE, cela signifie l'application de MTD.

En ce qui concerne les zones et agglomérations où la valeur cible est dépassée, les États membres transmettent les informations suivantes à la Commission européenne:

1. La liste des zones et agglomérations concernées;
2. Les secteurs de dépassement;
3. La gamme de valeurs des concentrations évaluées ou mesurées;
4. Les causes du dépassement, et en particulier les sources qui y ont contribué ;
5. La population exposée à ces dépassements;
6. Les mesures nécessaires n'entraînant pas de coûts disproportionnés, c'est-à-dire l'application de MTD visant en particulier les sources d'émission prédominantes, de façon à atteindre la valeur cible.

Les États membres communiquent également toutes les données de mesures à moins que celles-ci aient déjà été communiquées en vertu d'un échange réciproque d'informations et de données provenant des réseaux et des stations individuelles mesurant la pollution de l'air ambiant dans les États membres.

Les informations sont transmises pour chaque année civile au plus tard le 30 septembre de l'année suivante. La Commission s'assure de rendre l'information publique rapidement par des moyens appropriés (médias, internet, etc.).

En 2015, environ 97% des 595 stations de mesure des 26 pays européens ont rapporté des valeurs annuelles inférieures au seuil d'évaluation minimal de 10 ng/m³ pour le nickel. La valeur cible de 20 ng/m³ a été dépassée à deux stations industrielles, un en Norvège et un au Royaume-Uni, avec des valeurs annuelles entre 20 et 30 ng/m³. La section 4.2 du présent rapport dresse un portrait de la situation pour ces deux stations industrielles où la valeur cible a été dépassée.

3.9.4 Critères d'air ambiant de la Norvège

Bien que les États européens soient tous liés par la Directive 2004/107/CE, rien n'empêche ceux-ci de se doter de critères de qualité de l'air plus stricts que ceux de la Communauté européenne. En février 2018, l'Agence de l'environnement et l'Institut de Santé publique de la Norvège ont établi des critères de qualité de l'air ambiant annuels pour plusieurs métaux dont le nickel (10 ng/m³ dans les PM₁₀), qui fixent les niveaux considérés sûrs pour la majorité de la population. L'Agence nous a informés que ces critères ne sont pas contraignants au plan légal (communication personnelle, 14 avril 2018).

Le tableau 9 compare les critères adoptés par la Norvège aux valeurs cibles et limites de la Commission européenne et aux normes d'air ambiant du MELCC. En général, les critères norvégiens sont du même ordre de grandeur que les normes du RAA, sauf le chrome VI (40 fois plus bas), le mercure (40 fois plus haut), le manganèse (5 fois plus haut) et le vanadium (5 fois plus bas). Le critère norvégien du nickel est similaire mais du fait qu'il soit une base annuelle, il est nécessairement moins contraignant que la norme journalière québécoise, même si la valeur du critère est plus basse.

Tableau 9 Critères norvégiens de qualité de l'air ambiant pour les métaux

Substance	Période	Unités	Norvège	CEE	Québec
Arsenic	Annuel	ng/m ³	2	6 (VC)	3 (N)
Plomb	Annuel	µg/m ³	0,1	0,5 (VL)	0,1 (N)
Cadmium	Annuel	ng/m ³	2,5	5 (VC)	3,6 (N)
Chrome (VI)	Annuel	ng/m ³	0,1		4 (N)
Mercure	Annuel	ng/m ³	200	50 (VC)	5 (N)
Manganèse	Annuel	µg/m ³	0,15		0,025 (Cr)
Nickel	Annuel	ng/m ³	10	20 (VC)	14 (24 h) (N)
Vanadium	24 h	µg /m ³	0,2		1 (N)

N : Norme, VL : valeur limite; VC : valeur cible, Cr : critère

3.10 Nouvelle-Calédonie

La Nouvelle-Calédonie était le 6^e producteur mondial de nickel en 2017. Cette collectivité dispose d'un statut particulier de large autonomie par rapport à la France : elle possède ses propres lois et règlements, incluant en matière d'environnement. Les Codes de l'environnement

applicables dans chacune des trois provinces (Sud, Nord, îles Loyauté) visent surtout les installations classées, c'est-à-dire les activités à caractère industriel ou agricole susceptibles d'entraîner des risques pour l'environnement à travers des dispositions telles la demande d'autorisation, la mise en demeure de régularisation, la cessation d'activité et la fermeture.

Il n'y a présentement pas de norme sur la qualité de l'air ambiant en Nouvelle-Calédonie. Le 11 janvier 2017, le Congrès de la Nouvelle-Calédonie a voté à l'unanimité une délibération relative à l'amélioration de la qualité de l'air ambiant visant à limiter les émissions de polluants. La nouvelle loi veut assurer, dans le respect des compétences des communes et des provinces, la surveillance de la qualité de l'air ambiant et prévoit, par des arrêtés gouvernementaux, des précisions par rapport: aux paramètres de santé publique qui feront l'objet d'une surveillance; aux substances surveillées et normes de qualité de l'air; aux modalités de surveillance; aux modalités de calcul des indices de qualité de l'air; aux procédures d'alerte.

La loi souligne que les normes de qualité de l'air qui seront éventuellement adoptées doivent respecter « a minima, celles fixées par l'Union européenne et, le cas échéant, par l'OMS ». Des zones de surveillance ont été définies. Pour chacune d'entre elles, des associations agréées ont la responsabilité de la mise en œuvre du dispositif de surveillance, comme en droit français.

Les usines de nickel sont soumises à une réglementation d'installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) par les Codes de l'environnement des trois provinces. Ces installations sont soumises à des normes sur la qualité de l'air qui ne comprennent pas le nickel. Ainsi, tel qu'en fait foi l'arrêté modifié 11387-2009/ARR/DIMENC relatif à l'exploitation du site industriel de Doniambo (SLN) et l'Arrêté n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008 autorisant la société Goro Nickel SAS (devenue Vale NC en 2012) à exploiter une usine de traitement de minerai de nickel et de cobalt à "Baie Nord" - commune du Mont-Dore, d'une usine de préparation du minerai et d'un centre de maintenance de la mine à "Kwe Nord" - commune de Yaté, le gouvernement a établi des prescriptions quant à un objectif de qualité, un seuil de recommandation et d'information, un seuil d'alerte et des valeurs limites pour la protection de la santé humaine pour le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre et les PM₁₀.

Une étude d'impact récente (2017) déposée par Vale Nouvelle-Calédonie en vue d'autoriser l'augmentation de la capacité d'une aire de stockage de résidus miniers en les asséchant au préalable nous permet de constater que les études de modélisation de la dispersion ont été réalisées pour les particules fines, mais pas pour le nickel dans les PM₁₀. L'étude d'impact mentionne que les valeurs cibles annuelles de nickel dans les PM₁₀ applicables en Europe ont été dépassées à quelques stations, mais sans plus d'informations. À noter que les métaux lourds (Ni, As, Cd, Pb) sont suivis à 8 stations de mesure de la qualité de l'air dans le pays et que les résultats sont comparés aux valeurs cibles de la Commission européenne. La section 4.3 présente les résultats obtenus au cours des dernières années.

3.11 Récapitulation de la revue des normes d'air ambiant

Le tableau 10 récapitule les normes, critères et valeurs cibles relatives au nickel dans l'air ambiant en vigueur dans les autres juridictions. On observe que le Québec est le seul, avec l'Ontario à avoir une norme (ou un critère pour l'Ontario) sur une base de 24 h. La valeur journalière retenue par le Québec de 0,014 µg/m³ dans les PM₁₀ (ou 14 ng/m³) est plus sévère que le critère de qualité de l'air annuel de l'Ontario et la valeur cible annuelle en Europe (tous deux de 20 ng/m³), tous deux déjà moins contraignants qu'une norme. Par ailleurs, la norme du

Québec est égale à la valeur toxique de référence annuelle retenue par la Californie pour les effets non cancérigènes.

Au Michigan, le VTR annuel initial (IRSL) de $0,0058 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est applicable dans le cadre de l'obtention de permis d'une seule source d'émission. Une installation qui ne se conformerait pas à ce critère peut se prévaloir du respect du VTR annuel secondaire (SRSL) de $0,058 \mu\text{g}/\text{m}^3$ applicable à l'ensemble de ses sources d'émission. Au Québec, l'évaluation des concentrations ambiantes de contaminant s'appliquant de facto à l'ensemble des sources d'une installation, la norme journalière du Québec est donc beaucoup plus sévère que le niveau SRSL du Michigan.

En Australie, il n'y a pas de normes d'air ambiant que ce soit au niveau national ou dans les divers États. Toutefois, un critère annuel de $3 \text{ ng}/\text{m}^3$ basé sur la ligne directrice de l'OMS ($2,5 \text{ ng}/\text{m}^3$) établi pour les effets cancérigènes avec une probabilité d'un cancer additionnel par million d'individus, a été retenu au cas par cas, et dans un passé récent pour l'évaluation des risques à la santé de deux nouvelles installations de nickel, l'une dans l'état de WA et l'autre à Gladstone (Queensland). Le département de la Santé de l'état du WA a évoqué en 2015 pour l'étude d'impact de la nouvelle mine de nickel de Wingellina que ce critère avait été initialement retenu dans le cas de Port Esperance en 2009 lorsqu'un suivi de la qualité de l'air avait été établi suite à l'empoisonnement de milliers d'oiseaux (voir section 4.4.1 pour plus de détails). Toutefois, les autorités portuaires l'ont jugé impossible à respecter dès 2011.

Le présent chapitre permet ainsi de conclure que la norme d'air ambiant québécoise pour le nickel est présentement la norme la plus sévère des pays industrialisés occidentaux. La norme québécoise est également plus sévère que les critères d'air ambiant établis par les autres juridictions. La Norvège a récemment (février 2018) adopté un critère d'air ambiant annuel de $10 \text{ ng}/\text{m}^3$ dans les PM_{10} . Il s'agit du critère se rapprochant le plus de la norme journalière du Québec. Toutefois, ce critère est jugé moins strict que la norme québécoise car des mesures à une station de mesure du nickel dans l'air ambiant pourraient parfois dépasser une norme journalière de $14 \text{ ng}/\text{m}^3$, sans toutefois excéder sur une base annuelle un critère d'air ambiant de $10 \text{ ng}/\text{m}^3$. De plus, le critère de la Norvège n'est pas contraignant au plan légal, comparativement aux normes d'air ambiant du Québec.

Tableau 10 Tableau récapitulatif des normes et critères de nickel dans l'air ambiant des pays industrialisés occidentaux

Juridiction	Date de mise en vigueur	Contaminant	Annuel $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 h $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8h $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1h $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ontario – Norme d'air ambiant (AAQS)	01 / 07 / 2016	Ni (PST)	0,04	NA	NA	NA
Ontario – Critère d'air ambiant (AAQC)	22 / 07 / 2011	Ni (PM ₁₀)	0,02	0,1	NA	NA
	22 / 07 / 2011	Ni (PST)	NA	0,2	NA	NA
Quebec – Norme d'air ambiant du RAA	2016	Ni (PM ₁₀)	NA	0,014	NA	NA
Alberta – Objectif de qualité de l'air (AAQO)	2005	Ni (PST)	0,05	NA	NA	6
Manitoba – Critère d'air ambiant	2005	Ni (PST)	NA	2	NA	NA
Terre-Neuve – Norme d'air ambiant (AAQS)	2004	Ni (PST)	NA	2	NA	NA
Californie – Valeurs toxiques de référence (VTR)	2012	Ni (PM ₁₀)	0,014	NA	0,06	0,2
Michigan – Valeurs toxiques de référence (VTR)	08 / 2017	Ni (PM ₁₀)	SRSL 0,058 IRSL 0,0058	NA	NA	NA
Michigan – Valeurs toxiques de référence (VTR)	05 / 1991	NiS ₃ (PM ₁₀)	SRSL 0,021 IRSL 0,0021	NA	NA	NA
Texas – Niveaux ESL	2011	Ni (PM ₁₀)	0,059	NA	NA	0,33
Commission Européenne – Valeur cible	31 / 12 / 2012	Ni (PM ₁₀)	0,02	NA	NA	NA
Norvège – Critère d'air ambiant	13 / 02 / 2018	Ni (PM ₁₀)	0,010	NA	NA	NA
Western Australia – Critère d'évaluation EIE	2015	Ni (PM ₁₀)	0,003	NA	NA	NA
Queensland – Critère d'évaluation EIE	2008	Ni (PST)	0,0025	NA	NA	NA
New South Wales – Critère d'évaluation EIE	2001	Ni (PST)	NA	NA	NA	0,18
Inde – Norme d'air ambiant (AAQS)	08 / 2015	Ni (PM ₁₀)	0,02	NA	NA	NA

Californie : VTR: Reference Exposure Limits (REL)

Michigan : VTR 1 an: Secondary Risk Screening Level – SRSL - 1 cas de cancer additionnel par 100 000 individus

Initial Risk Screening Level – IRSL - 1 cas de cancer additionnel par million d'individus

3.12 Normes d'émission à l'atmosphère

Très peu de juridictions règlementent les émissions de nickel à l'atmosphère. Celles-ci sont généralement réglementées par l'entremise des normes d'émissions de particules. Quelques mines de nickel sont soumises à des limites d'émission pour des sources fixes dans leurs permis d'exploitation.

Le 13 juin 2016, la Commission européenne (2016) a rendu la décision 2016/1032 concernant l'établissement des MTD pour les industries des métaux non ferreux dont le nickel fait partie. Cette directive concerne la production primaire et secondaire de métaux non ferreux. La Commission européenne a institué des niveaux d'émission de nickel associés aux meilleures techniques disponibles (NEA-MTD) pour certaines sources de l'industrie du nickel.

Les NEA-MTD pour les émissions dans l'air se réfèrent aux conditions standard (normales): gaz sec à une température de 273,15 K et à une pression de 101,3 kPa. Aux fins de l'établissement de valeurs moyennes d'émission dans l'air, les définitions suivantes s'appliquent.

Moyenne journalière	Moyenne sur une période de 24 heures des moyennes semi-horaires ou horaires valables obtenues par mesures en continu
Moyenne sur la période d'échantillonnage	Valeur moyenne de trois mesures consécutives d'au moins 30 minutes chacune, sauf indication contraire

Pour la **transformation de minerais sulfurés**, la MTD implique d'utiliser un filtre à manches, ou un électrofiltre associé à un filtre à manches, afin de réduire les émissions atmosphériques de poussières et de métaux résultant de la manutention et du stockage des matières premières, des procédés de prétraitement des matières (notamment préparation des minerais et séchage des minerais/concentrés), du chargement du four, de la fusion, de la conversion, de l'affinage thermique et de la production de poudre et de briquettes de nickel. La NEA-MTD s'applique aux émissions de poussières des cheminées, soit :

NEA-MTD poussières: 2–5 mg/Nm³ en moyenne journalière ou sur la période d'échantillonnage

Pour les **procédés de lixiviation à la pression atmosphérique ou sous pression**, la MTD consiste à utiliser un épurateur par voie humide afin de réduire les émissions atmosphériques de nickel et de chlore. La NEA-MTD s'applique aux émissions de nickel et de chlore des cheminées, soit :

NEA-MTD Nickel : ≤ 1 mg/Nm³ en moyenne sur la période d'échantillonnage

NEA-MTD Chlore : ≤ 1 mg/Nm³ en moyenne sur la période d'échantillonnage

Pour l'**affinage de la matte de nickel par un procédé au chlorure ferrique en présence de chlore**, la MTD consiste à utiliser un filtre à manches afin de réduire les émissions atmosphériques de nickel. La NEA-MTD s'applique aux émissions de nickel des cheminées, soit :

NEA-MTD Nickel : ≤ 1 mg/Nm³ en moyenne sur la période d'échantillonnage

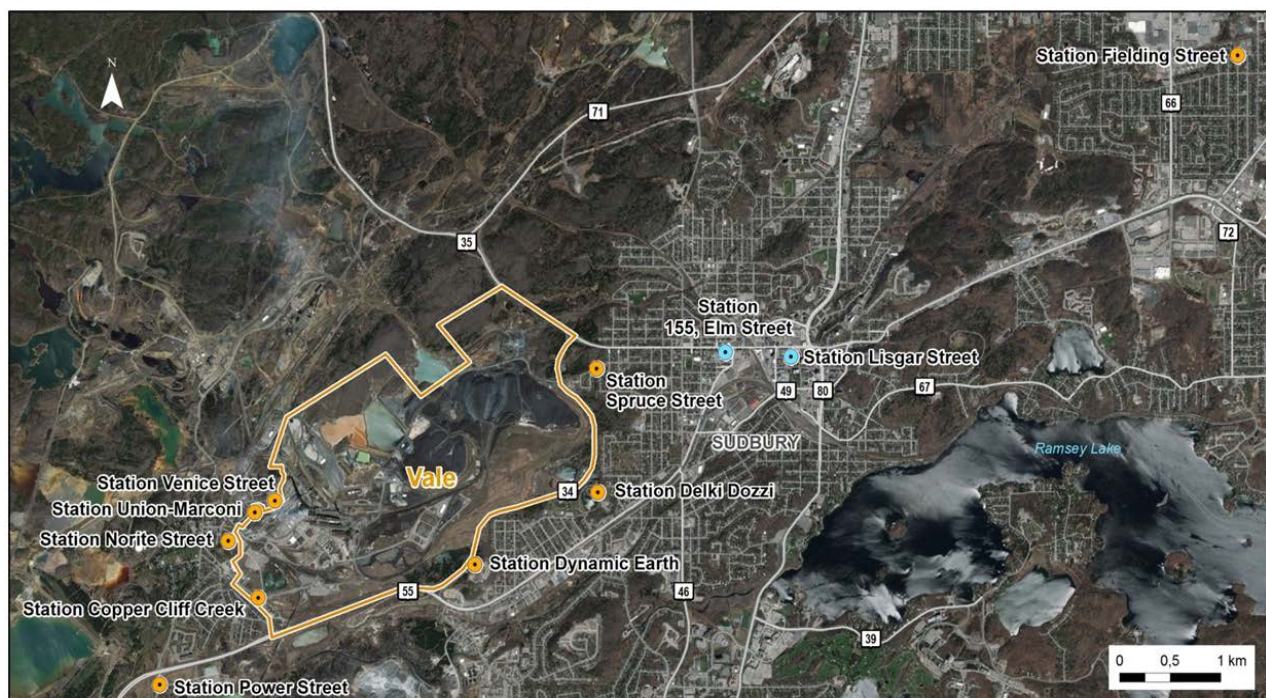
4 Études de cas

Les études de cas sont intéressantes pour plusieurs raisons. En effet, on peut y tirer l'expérience acquise des juridictions dans lesquelles est établie l'industrie du nickel, tant au niveau des concentrations mesurées dans l'air ambiant, que des mesures prises pour réduire ces concentrations dans l'air ambiant. Cette revue couvre sept études de cas concernant des installations existantes de mine et/ou de raffinerie de nickel à Sudbury (Ontario), en Norvège, au Royaume-Uni et en Nouvelle-Calédonie, deux projets d'exploitation du nickel et une installation portuaire existante en Australie, ainsi que la mine Eagle au Michigan.

4.1 3Sudbury, Ontario

L'historique de la concentration de nickel dans l'air ambiant de Sudbury est intéressant à considérer, du fait que les deux plus importantes installations de production du nickel au Canada y sont exploitées depuis les années 1970. Les deux entreprises (Vale et Glencore) ont procédé à des investissements massifs depuis que l'Ontario a resserré ses normes d'air ambiant en 2012 pour le SO₂ et le nickel. La revue de l'historique de la qualité de l'air ambiant, quant au nickel, se concentre sur les données de Vale, tous les rapports trimestriels d'air ambiant étant disponibles sur leur site web depuis 2011. Vale exploite neuf stations de PST dans l'air ambiant (Figure 8), incluant cinq pour lesquelles les PM₁₀ sont également mesurées.

Figure 8 Localisation des stations d'air ambiant de Vale, Sudbury



Quatorze substances, dont le nickel, sont analysées dans les PM₁₀ et les PST échantillonnés sur des périodes de 24 h (de 0h00 à 24h00) respectivement aux 6 jours et aux 3 jours. Les stations avec des mesures de PM₁₀ sont toutes situées en bordure sud et sud-est, dont deux à l'intérieur, de la limite de propriété de Vale (Copper Cliff Creek et Union Marconi).

L'exploitation des stations de mesures de la qualité de l'air est confiée à un consultant et le MOECC effectue régulièrement des audits pour vérifier le bon fonctionnement des stations. La limite de détection (LD) du nickel est de 0,001 µg/m³ dans les PST comme dans les PM₁₀ et aucune valeur n'a été reportée sous cette limite au fil des ans.

Une étude récente (Clean Air Sudbury, 2016) sur la qualité de l'air ambiant à Sudbury a été menée par Clean Air Sudbury, un organisme communautaire à but non lucratif. Cette étude fait état des données d'air ambiant disponibles sur plusieurs paramètres, dont le nickel, pour la période s'étalant de 2008 à 2014. Ces données étaient antérieures au remplacement des dépoussiéreurs et du précipitateur électrostatique par des filtres à sacs modernes à haute efficacité à la raffinerie de nickel de Copper Cliff (Vale) complété en 2016. Vale a depuis investi 75 millions de dollars afin de mettre en œuvre un plan d'action pour réduire ses émissions de nickel à l'atmosphère en 2016.

L'analyse de Clean Air Sudbury, effectuée sur la période 2009 à 2014, a été complétée par une revue des données sur 24 h de nickel dans les PM₁₀ recueillies de 2015 à 2017 obtenues à partir des rapports trimestriels de qualité de l'air de Vale (Tableau 11).

Tableau 11 Concentrations moyennes annuelles de nickel dans les PM₁₀ (µg/m³) Stations de mesures de Vale, Sudbury

Année	Union	Venice	Norite	Copper Cliff Creek	Dynamic Earth
2017	0,040	0,083	0,027	0,039	0,065
2016	0,041	0,047	0,029	0,044	0,040
2015	0,040	0,053	0,034	0,057	0,056
2014	0,049	0,098	0,028	0,035	0,082
2013	0,033	0,053	0,024	0,046	0,064
2012	0,036	0,069	0,031	0,051	0,042
2011		0,140	0,053	0,068	0,054
2010		0,140	0,030		0,060
2009		0,120	0,030		0,020
Moy 2012-2017	0,040	0,065	0,029	0,045	0,058

La station Venice est celle la plus proche en distance (250 m) de la super cheminée de la raffinerie, à 50 m des limites de propriété de l'usine. Le plan d'action de Vale pour réduire ses émissions de nickel semble avoir porté fruit en partie, malgré aucune baisse significative des émissions de nickel déclarées depuis 2011 (Tableau 12). On peut ainsi observer que les concentrations annuelles de nickel dans les PM₁₀ de la station Venice ont baissé de moitié en moyenne entre 2012 et 2017 par rapport aux années 2009 à 2011, bien que les années 2009 et 2010 aient été marquées par une fermeture et une opération partielle. On distingue aussi une légère tendance à la baisse pour la station Copper Cliff Creek, les trois moyennes annuelles les plus basses ayant été observées au cours des quatre dernières années. Par contre, on ne constate pas réellement de tendance à la baisse des concentrations aux trois autres stations.

Le critère pour le nickel dans les PM₁₀ de 0,02 µg/m³ n'est respecté à aucune des cinq stations. Ceci dit, les normes et critères de qualité de l'air ontariens de nickel dans les PM₁₀ ou les PST ne sont pas applicables pour les stations de Vale situées en périphérie de leur propriété. La norme annuelle spécifique au site de 1 µg/m³ dans les PST s'y applique ; celle-ci a été

promulguée pour une période de 10 ans (1^{er} juillet 2011 au 30 juin 2021; voir section 3.3.3). La norme annuelle spécifique à Vale n'est pas dépassée aux diverses stations d'échantillonnage depuis 2012.

Tableau 12 Émissions de nickel (t/an) à l'atmosphère de Vale, Sudbury (1993-2016)

Année	Fonderie	Raffinerie	Concentrateur Clarabelle	Total Mines	TOTAL VALE
2016	36	39	0,31	1,75	77
2015	16	50	0,31	1,80	68
2014	32	42	0,40	1,53	76
2013	20	29	0,40	1,47	51
2012	19	66	0,37	1,37	87
2011	19	48	0,45	1,61	69
2010	20	5	0,45	1,16	27
2009	14	4,5	0,30	0,83	20
2008	37	10	0,50	1,54	49
2007	31	9,6	0,67	1,87	43
2006	41	8	0,42	1,48	51
2005	50	8	1,1		59
2004	121	16	1,1		138
2003	51	12	0,86		64
2002	86	15	1,2		102
2001	64	12	1,2		77
2000	78	163	1,2		242
1999	84	122			206
1998	68	130			198
1997	144	94			238
1996	122	99			221
1995	418	92			510
1994	333	80			413
1993	238	96	0		334

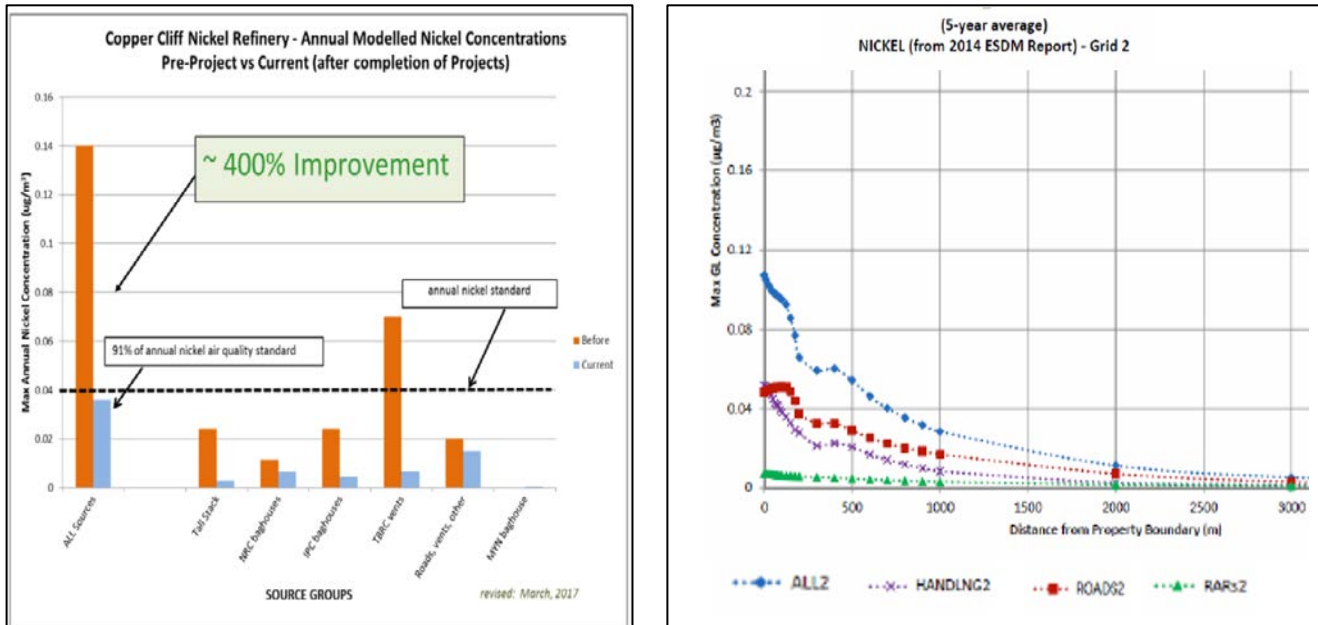
Émissions de nickel (t/an) des mines

Année	Mine Nord	Mine Sud	Stobie Flood	Garson	Levack	Creighton	Trotten
2016	0,20	0,03	0,32	0,27	0,44	0,32	0,17
2015	0,24	0,03	0,35	0,24	0,45	0,32	0,17
2014	0,22	0,04	0,30	0,22	0,32	0,32	0,11
2013	0,22	0,04	0,30	0,22	0,27	0,32	0,10
2012	0,21	0,02	0,35	0,22	0,23	0,31	0,03
2011	0,22	0,02	0,39	0,25	0,30	0,37	0,06
2010	0,14	0,04	0,23	0,15	0,35	0,19	0,06
2009	0,14	0,05	0,22	0,09	0,19	0,14	
2008	0,32	0,21	0,40	0,21	0,20	0,20	
2007	0,34	0,20	0,63	0,26	0,20	0,24	
2006	0,29	0,17	0,36	0,15	0,28	0,23	

La norme annuelle pour le nickel dans les PST de 0,04 µg/m³ est toutefois applicable aux stations des rues Power et Fielding (nouvelle station installée en juillet 2017). Celle-ci a été dépassée à la station de la rue Powell (0,073 µg/m³) en 2017.

Vale a l'intention de poursuivre l'exploitation du complexe pour de nombreuses années, tel qu'en fait foi le projet de réduction de 85% de ses émissions de SO₂ à l'atmosphère, qui s'achève en 2018 au coût d'un milliard de dollars. Tel que mentionné plus haut, Vale a complété en 2016 un projet de réduction de ces émissions au coût de \$75 millions pour que ses installations se conforment aux nouvelles normes SSS de nickel dans les PST entrées en vigueur en juillet 2016 pour ses installations. Vale a également mis en œuvre un plan d'action de réduction des émissions de nickel développé en 15 points qui se poursuit (Vale, 29 mars 2018). Vale estime que les améliorations apportées aux installations incluant de nouveaux équipements devraient permettre de réduire de 90% les émissions de nickel et d'autres métaux dans les particules. Le projet a inclus l'installation de quelques-unes des technologies les plus avancées en matière environnementale y compris des améliorations au niveau des filtres à manches avec points d'émissions et la mise en œuvre de nouveaux systèmes de ventilation qui fournissent un milieu de travail plus sain et plus propre aux travailleurs à l'intérieur de l'usine. Une étude de modélisation de la dispersion atmosphérique a prédit une réduction de l'ordre de 400% de la concentration de nickel en milieu ambiant comparativement à la situation avant-projet, avec atteinte de la norme à 700 m des limites de propriété (Figure 9).

Figure 9 Contribution des sources d'émission aux concentrations annuelles modélisées de Ni dans les PST avant et après projet – Raffinerie de Vale



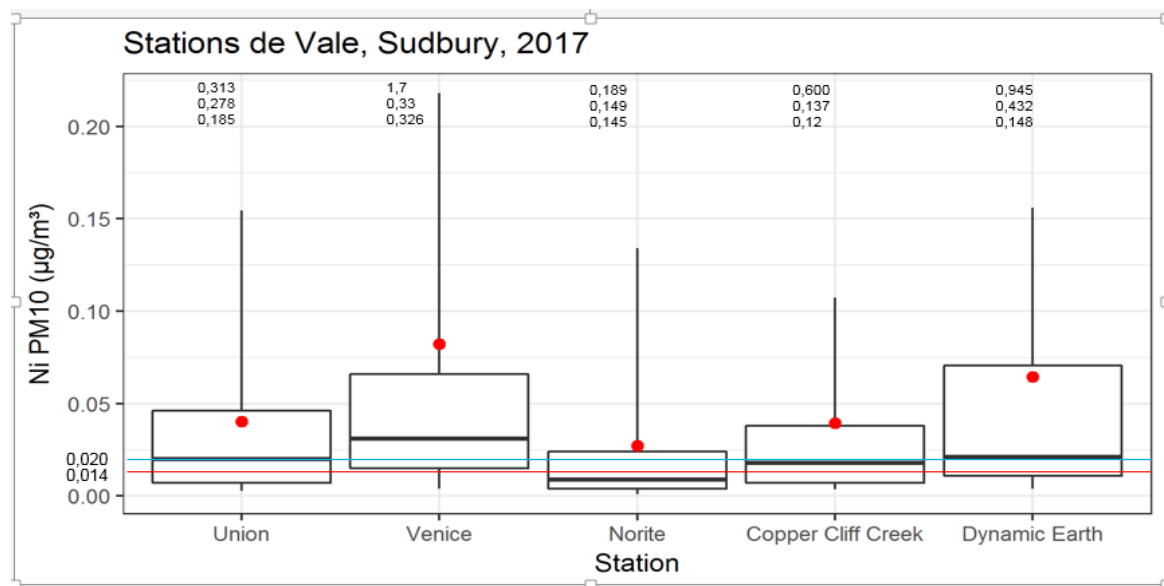
Source: Vale March 28, 2017. 2016 Environment Management System & Community Engagement Report. 19 p.

Malgré la mise en œuvre de ce programme, on observe qu'en 2017 le critère ontarien d'air ambiant sur 24 h ($0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de nickel dans les PM_{10}) a été dépassé de 6 à 14% du total des mesures valides (Tableau 13). La proportion des données qui aurait dépassé la norme québécoise de $0,014 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de nickel dans les PM_{10} varie entre 40 et 60% selon la station. On observe aussi que les concentrations annuelles de nickel dans les PM_{10} dépassent le critère annuel ontarien de $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aux cinq stations. Malgré les investissements réalisés, le programme de Vale ne pourrait pas permettre ni le respect des critères de qualité de l'air de nickel dans les PM_{10} de l'Ontario, et encore moins la norme québécoise (Figure 10), ce qui a justifié la passation vers une norme sectorielle.

Tableau 13 Statistiques des concentrations sur 24 h de nickel mesurées dans les PM₁₀ en 2017 (µg/m³) - Stations d'air ambiant de Vale, Sudbury

Paramètres	Union	Venice	Norite	Copper Cliff Creek	Dynamic Earth
Nombre de données	58	57	59	53	58
% données valides	96,7%	95,0%	98,3%	88,3%	96,7%
Minimum	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
Moyenne	0,040	0,082	0,027	0,039	0,065
Maximum	0,313	1,700	0,189	0,600	0,945
Centile 50%	0,020	0,031	0,009	0,018	0,021
Centile 75%	0,046	0,066	0,024	0,038	0,071
Centile 90%	0,098	0,114	0,086	0,073	0,120
Centile 95%	0,154	0,218	0,134	0,107	0,156
Centile 98%	0,265	0,330	0,148	0,136	0,400
% > Québec 0,014 µg/m ³	55%	53%	39%	60%	60%
% > Ont. AAQC 0,1 µg/m ³	9%	11%	8%	6%	14%

Figure 10 Statistiques de nickel dans les PM₁₀ (2017) - Stations d'air ambiant de Vale

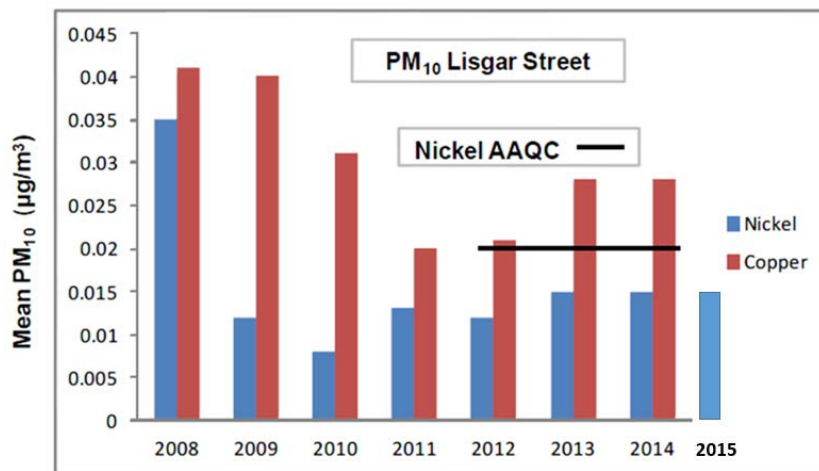


Depuis juillet 2017, Vale exploite une station de qualité de l'air sur la rue Fielding (Figure 8), à plus de 9 km au nord-est du complexe minier de Vale, mais à 4 km à l'est de la mine Stobie-Frood, une autre mine souterraine majeure ayant fermé le 31 mai 2017. Les concentrations moyennes et maximales journalières de nickel dans les PST mesurées étaient de 0,023 et 0,076 µg/m³ pour les six derniers mois de 2017. En moyenne pendant l'année 2017, le ratio Ni-PM₁₀/Ni-PST était de 60% dans l'ensemble des stations où les deux types de mesures étaient disponibles. Si on applique ce ratio aux résultats de la station d'air ambiant la plus éloignée du complexe de nickel, on obtient une moyenne et un maximum de 0,014 et 0,046 µg/m³ respectivement.

Le MOECC exploite une station de la qualité de l'air ambiant dans le centre-ville de Sudbury, sur la rue Lisgar, à environ 2 km à l'est de la limite de propriété de Vale (voir localisation à la Figure 8). Le critère de qualité de l'air AAQC sur 24 h de nickel dans les PM_{10} ($0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'y a pas été dépassé depuis 2012 (valeur maximale sur 24 h de $0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ depuis ce temps). Il s'agit d'une nette amélioration par rapport à 2011 où la valeur maximale sur 24 h avait atteint $0,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La figure 11 montre également que le critère annuel de $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les PM_{10} y est respecté depuis 2008, la dernière fois où la valeur moyenne annuelle mesurée de $0,035 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avait dépassé le critère. On peut également observer que les niveaux annuels depuis 2013 s'approchent de la norme d'air ambiant du Québec de $0,014 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (sur 24 h).

Des données supplémentaires de la station Lisgar pour l'année 2015 et les sept premiers mois de 2016 nous ont été fournies par le MOECC le 11 avril 2018. Les concentrations moyenne et maximale de nickel dans les PM_{10} observée en 2015 étaient de $0,015$ et $0,062 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alors que les concentrations journalières dépassaient 28% du temps le critère annuel de $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Durant les 7 premiers mois de 2016, la moyenne avait baissé à $0,012 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mais le maximum journalier était resté à $0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les efforts de Vale pourraient éventuellement se faire sentir à des distances plus grandes qu'aux abords des limites de propriété de l'entreprise.

Figure 11 Concentrations annuelles de nickel dans les PM_{10}
Station MOECC, rue Lisgar, Sudbury



Sources : Clean Air Sudbury, 2016 pour les données 2008-2014 et MOECC (2018) pour 2015.

Malgré les concentrations a priori élevées de nickel dans l'air ambiant, les figures 12 et 13 montrent que sur 21 villes sélectionnées sur un total de 39 stations de mesures des $PM_{2.5}$ en Ontario, Sudbury (155 rue Elm localisée à la Figure 8) est l'une de celles présentant les basses concentrations de particules fines $PM_{2.5}$ en regard des normes canadiennes (CAAQS) sur les moyennes et 98 centiles de trois années consécutives (MOECC, 2018).

Figure 12 Concentrations de PM_{2.5} sur 24 h (98^e centile de 3 ans consécutifs) - 2016

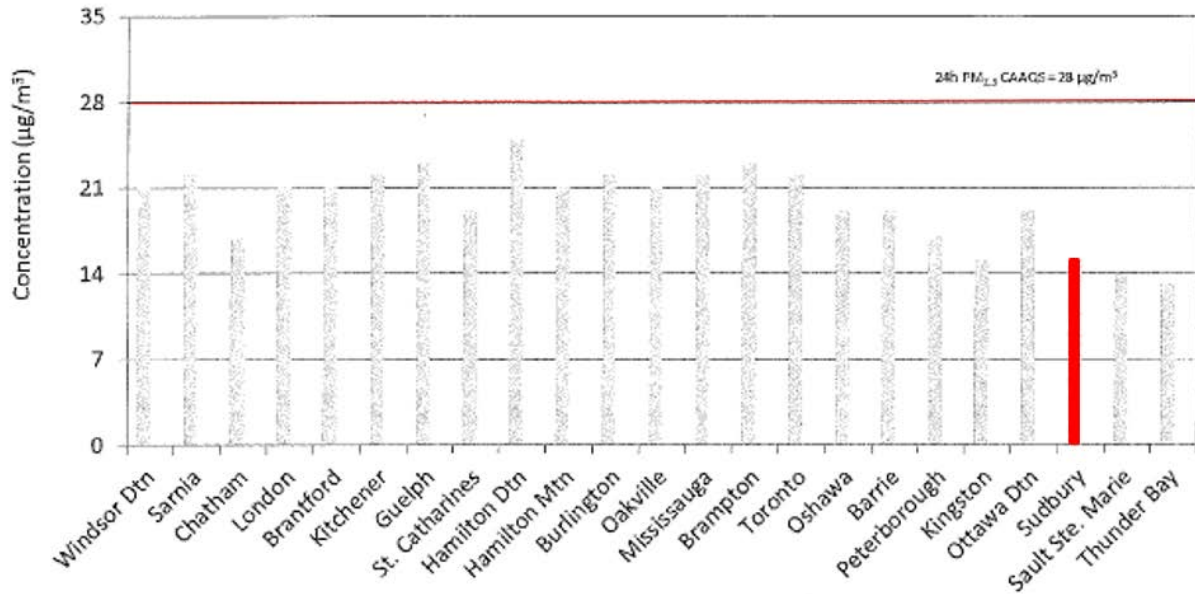
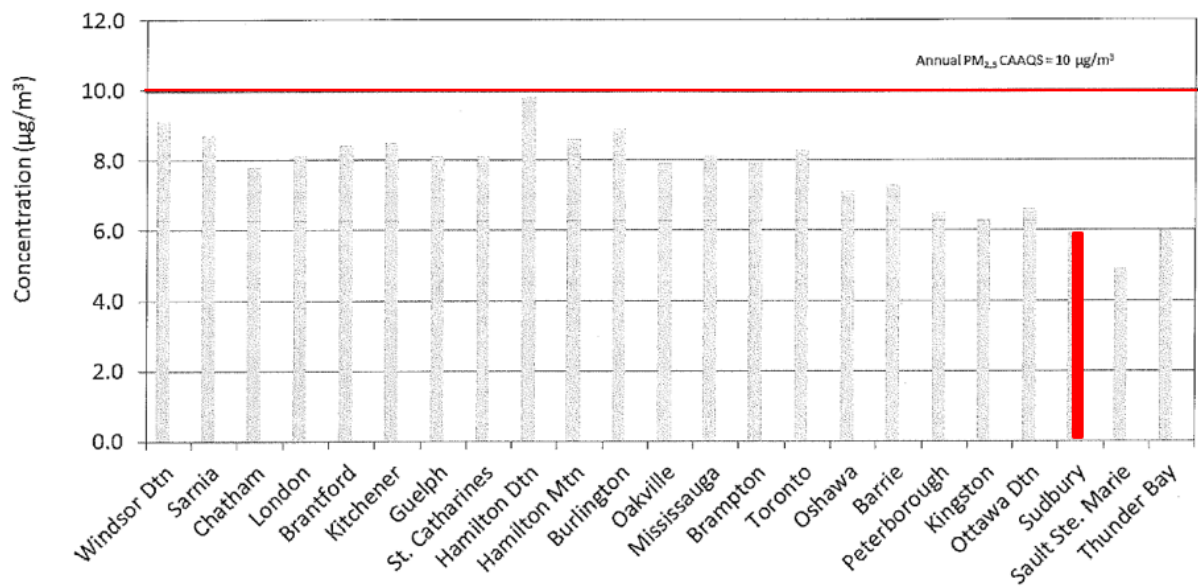


Figure 13 Concentrations de PM_{2.5} - moyennes annuelles (3 ans consécutifs) - 2016



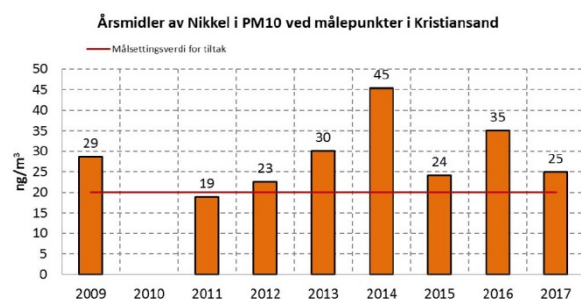
Source : MOECC (updated 20 Avril 2018), Air Quality in Ontario. 2016 Report.

4.2 Europe

4.2.1 Nikkelverk, Norvège

Les particularités de la Norvège revêtent un grand intérêt pour la présente étude pour les raisons suivantes :

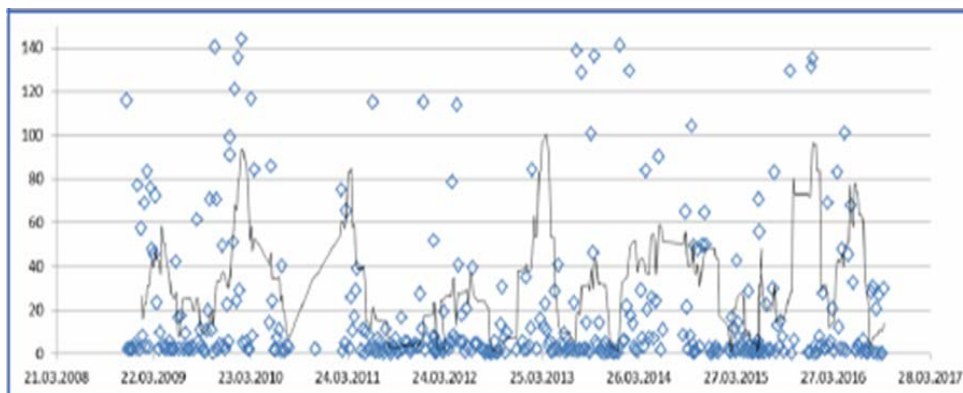
- › la raffinerie de Nikkelverk (Glencore) y produit 92 000 t/an de nickel, 39 000 tonnes d'anodes de cuivre et 5 200 tonnes de cobalt;
- › cette raffinerie est l'une des deux usines à partir desquelles la revue des meilleures technologies disponibles a été faite par la Commission européenne (2017);
- › la valeur cible annuelle de la Commission européenne (20 ng/m³ dans les PM₁₀) a été dépassée à tous les ans depuis 2009, sauf 2011 (NILU, novembre 2018);
- › l'OMS a dérivé sa ligne directrice sur les effets cancérigènes des données d'exposition des travailleurs de cette raffinerie.
- › L'agence de l'Environnement de la Norvège et l'Institut Norvégien de la Santé publique ont publié des critères annuels de qualité de l'air pour divers métaux, dont un critère de 10 ng/m³ dans les PM₁₀ pour le nickel.



Glencore exploite cette raffinerie, active depuis 1910, près de la municipalité de Kristiansand, une ville d'environ 90 000 personnes. Une station de mesure du nickel dans les PM₁₀, située dans le quartier résidentiel le plus proche sous les vents dominants à environ 300 m des installations de la raffinerie, est en exploitation depuis fin 2008.

Les concentrations annuelles de nickel dans les PM₁₀ ont dépassé la valeur cible de 20 ng/m³ un total de 7 années sur 8, entre 2009 et 2016. Ainsi, en vertu de la Directive 2004/1032 de la Commission européenne, la valeur cible annuelle n'a pas été respectée car elle a été dépassée pendant au moins trois années calendaires au cours d'une période de cinq ans. L'analyse des concentrations journalières (prélèvements aux six jours) montre que les mesures ont dépassé le seuil de 20 ng/m³ à 17 reprises au cours de l'année 2016 (Figure 14).

Figure 14 Concentrations journalières de nickel dans les PM₁₀ – Station Nikkelverk



Source des figures de cette page:
Glencore, Nikkelverk,
24.02.2017
Investigations des émissions atmosphériques de nickel

La direction de l'environnement norvégienne a confirmé qu'elle appliquait les principes établis par l'Union européenne. Si la valeur cible annuelle de 20 ng/m³ est dépassée, la municipalité locale est responsable de l'établissement d'un plan d'action visant le retour au respect de la

valeur cible. En fait, c'est l'industrie visée qui prépare le plan d'action, et la municipalité qui l'entérine par la suite. L'industrie doit adopter les meilleures technologies disponibles (MTD) en vertu de la réglementation norvégienne, mais peut se voir imposer, si elle est responsable du dépassement, la mise en œuvre de mesures additionnelles au-delà des MTD, dans la mesure où les coûts ne sont pas démesurés. Le plan d'action doit être soumis à l'agence dans un délai maximal de deux ans après le déclenchement du processus de constat du dépassement des valeurs cibles.

En conformité avec la réglementation norvégienne, la municipalité de Kristiansand a donc soumis en février 2017 une lettre à la direction de l'environnement se montrant en accord avec le rapport d'évaluation de la situation préparé par Glencore en vue de ramener les concentrations en dessous de la valeur cible. Le rapport d'évaluation de Glencore contenait les éléments exigés par la Commission européenne en cas de dépassement avéré de la valeur cible, soit :

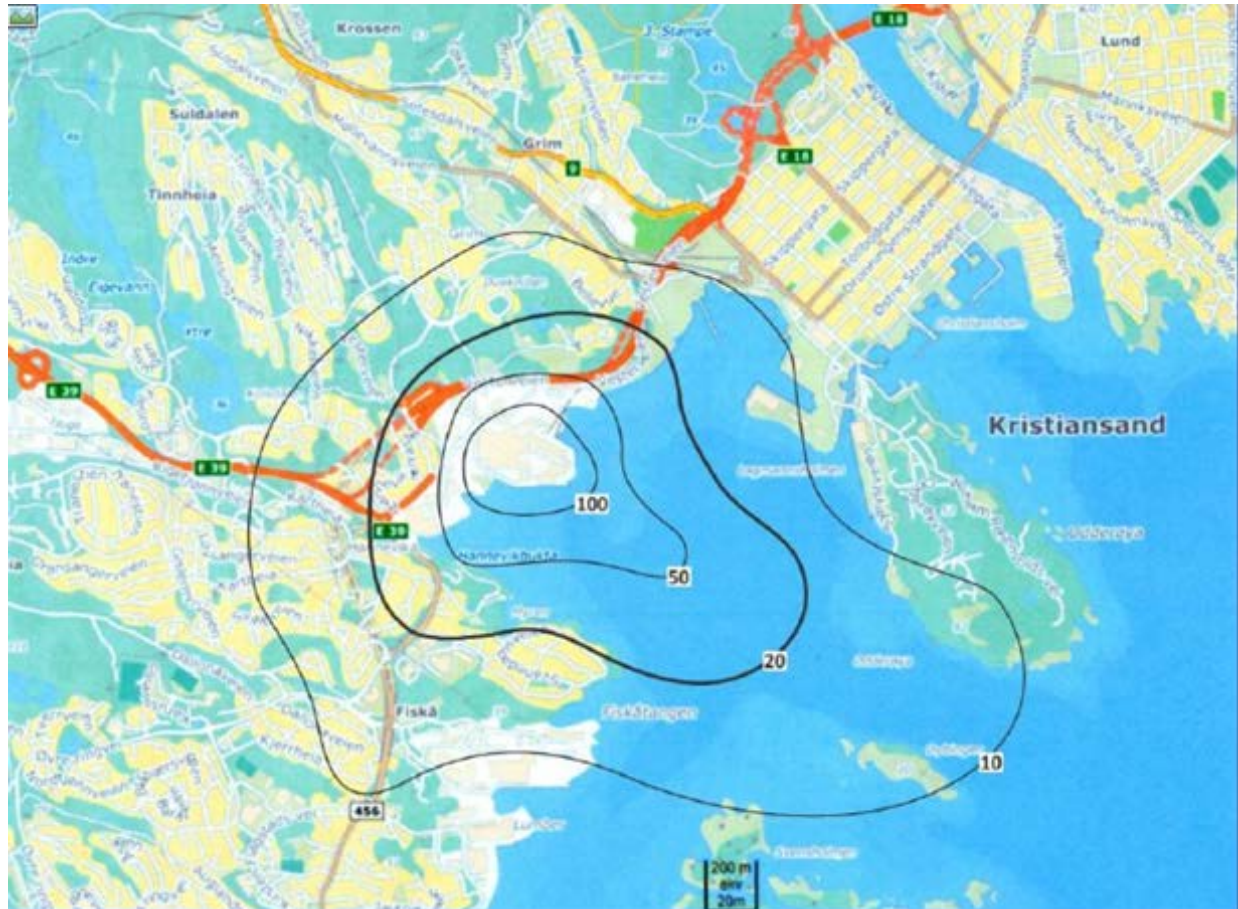
- › Une évaluation des secteurs touchés par les dépassements, faite à partir des résultats d'une modélisation de la dispersion atmosphérique;
- › Les concentrations évaluées ou mesurées;
- › Les causes du dépassement, et en particulier les sources qui y ont contribué;
- › La population exposée à ces dépassements;
- › Les mesures nécessaires n'entraînant pas de coûts disproportionnés, c'est-à-dire l'application des MTD visant en particulier les sources d'émission prédominantes de façon à atteindre la valeur cible.

Dans un premier temps, l'Institut norvégien de recherche atmosphérique (NILU) a réalisé, au nom de Glencore Nikkelverk AS, une étude de modélisation de la dispersion atmosphérique des émissions de nickel. Les modélisations étaient basées sur cinq ans de données météorologiques traitées par NILU et sur les émissions de nickel fournies par Glencore qui ont été calculées à partir d'analyses de concentrations de nickel dans la poussière, ainsi que de mesures et d'estimations réalisées pour les divers points d'émission. Neuf sources d'émission fixes en plus des émissions diffuses provenant de neuf parties différentes de l'entreprise ont été modélisées.

Les résultats de modélisation de la dispersion ont été comparés aux concentrations mesurées à la station de l'entreprise pour les métaux dans l'air ambiant, située à 300 m du complexe, sous les vents dominants du nord-ouest. La concentration moyenne de nickel mesurée à la station entre 2009 et 2015 s'est établie à 32,8 ng/m³ alors que le modèle prédit une concentration moyenne annuelle de 34,9 ng/m³ aux points de calcul limitrophes à la station de mesure. Cela démontre que le modèle reproduit de près le niveau de concentration mesuré. Les courbes d'isoconcentration par rapport aux moyennes annuelles de nickel sont illustrées à la figure 15. La valeur cible de 20 ng/m³ est indiquée avec une courbe plus foncée.

Selon les données de population disponibles à Kristiansand, il est estimé que 460 personnes résident dans la zone qui serait exposée à une concentration annuelle supérieure à la valeur cible de nickel de 20 ng/m³. La plupart de ces gens vivent au sud-sud-ouest du complexe. L'ensemble des trois sources d'émissions diffuses les plus importantes du complexe (usines de nickel, de cuivre et de KL) contribue entre 65% et 70% des émissions totales de la raffinerie Nikkelverk AS.

Figure 15 Concentrations moyennes annuelles modélisées de nickel dans l'air ambiant autour de la raffinerie Nikkelverk (ng/m³)



Source : Glencore Nikkelverk, 24.02.2017. Tiltaksutredning for utslipp av nikkel til luft (Investigations des émissions atmosphériques de nickel)

Le portrait global des émissions de nickel de la raffinerie Nikkelverk AS est très complexe compte tenu de la diversité des sources réelles et potentielles. L'entreprise estime donc qu'un programme de cartographie étendu et détaillé est crucial pour identifier les mesures d'atténuation efficaces qui réduiront les concentrations ambiantes de nickel. Toutefois, l'impact réel des mesures d'atténuation proposées restera difficile à prédire, et ne pourra être vérifié qu'après leur mise en place. L'entreprise a fait valoir que la plupart des mesures d'atténuation disponibles sont très coûteuses. Il faut rappeler que les MTD développées en 2016 par la Commission européenne étaient basées sur l'expérience de cette raffinerie.

Pour l'ensemble de ces raisons, l'entreprise propose une approche par étape, basée sur la connaissance acquise et documentée de mesures progressivement mises en place. Le plan d'action proposé est le suivant :

- › En 2017: ajout d'un silo intermédiaire à un endroit où le matériel peut être jeté par terre ou déborder des camions (2 M\$ USD)
- › En 2017: mise en place d'un circuit de filtre presse complètement fermé à l'unité de production du cuivre (4,5 M\$ USD) – l'ouverture manuelle des filtres presses pour fins de vidange et de nettoyage est une source importante d'émissions fugitives;

- › Ajout de points de captage de poussières dans le hall du bâtiment de broyage pour les diriger aux dépoussiéreurs;
- › Augmentation de la fréquence d'échantillonnage à la station de mesure, ce qui pourrait permettre de mieux isoler les sources d'émissions de nickel contribuant aux concentrations ambiantes élevées en nickel.
- › Cette approche semble porter fruit, les concentrations annuelles de nickel dans les PM₁₀ ayant baissé de 10 ng/m³ de 2016 à 2017, de 35 à 25 ng/m³.

L'agence de l'environnement norvégien comprend que l'estimation de l'efficacité des mesures de mitigation proposées est un défi et approuve l'approche par étapes proposée par l'entreprise. En ce sens, la mise à jour annuelle du plan d'action demandée par la ville a été jugée importante. L'agence demande que lui soit soumise d'ici le 31 mars 2020 une évaluation du besoin d'une révision complète de l'étude des mesures de mitigation.

4.2.2 Royaume-Uni

Le Royaume-Uni est divisé en 43 zones pour l'évaluation de la qualité de l'air. La valeur cible annuelle de la Communauté européenne (20 ng/m³ de nickel dans les PM₁₀) a été dépassée à la station urbaine de Swansea et à la station urbaine de Sheffield au pays de Galles, ces stations étant toutes deux situées dans un secteur industriel. Le UK Department for Environment, Food & Rural Affairs (UK DEFRA, novembre 2017) a émis un rapport sur les mesures relatives aux dépassements de la valeur cible pour le nickel dans l'agglomération urbaine de Swansea. Ce rapport mentionne que, depuis sa mise en service en 2011, les concentrations moyennes annuelles de nickel ont dépassé la valeur cible à la station Pontardawe Tawe Terrace à chaque année, entre 2011 et 2016.

Le tableau 14 présente les concentrations moyennes annuelles de nickel mesurées dans les PM₁₀ aux stations d'air ambiant de la zone urbaine de Swansea, tandis que la figure 16 localise les deux complexes industriels émetteurs de nickel (Vale et Wall Colmonoy) par rapport aux stations d'air ambiant ainsi que les zones de dépassement. Les stations d'air ambiant sont toutes situées dans l'axe des vents dominants par rapport à la raffinerie de Vale.

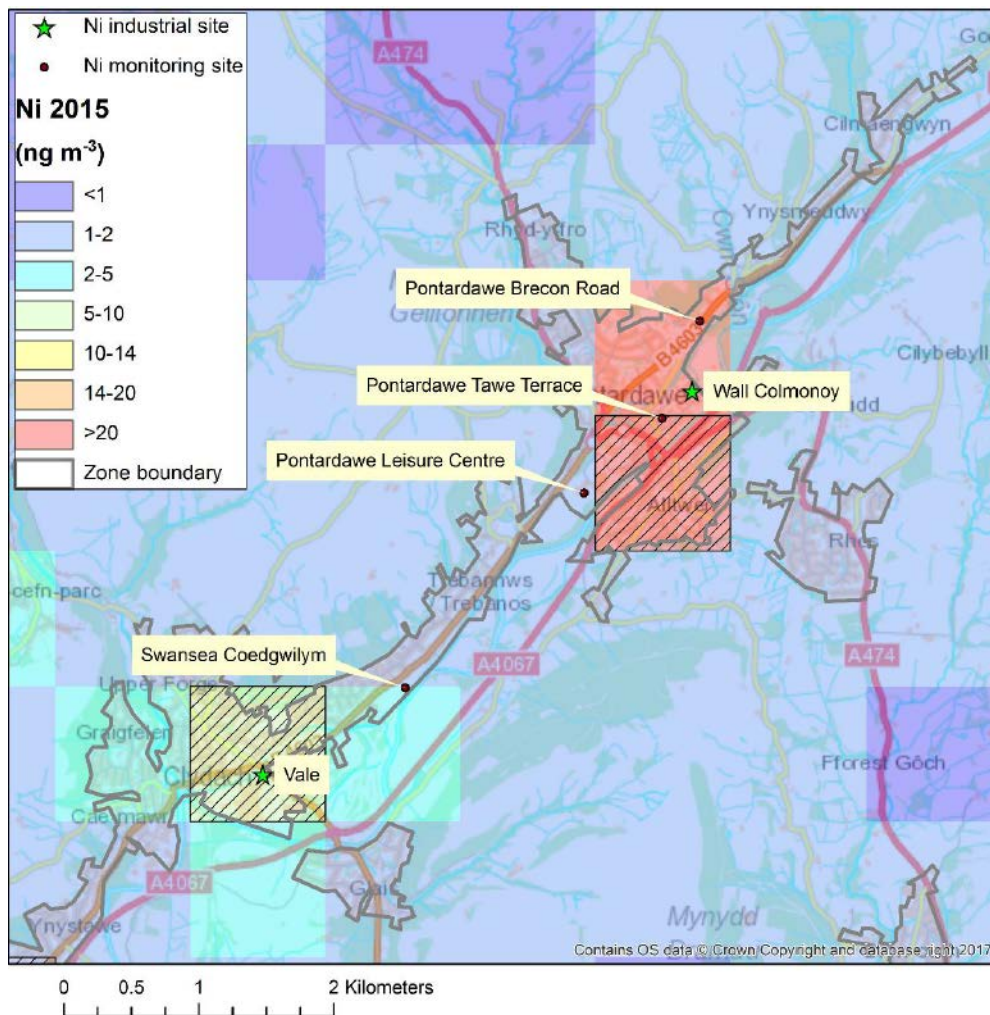
Tableau 14 Concentrations moyennes annuelles de nickel dans les PM₁₀ – Zone urbaine de Swansea (UK)

Station	Concentrations annuelles de nickel dans les PM ₁₀ (ng/m ³)						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Pontardawe Brecon Rd	6,5	6,6	5,7	8,1	9,2		
Pontardawe Tawe Terrace	28	30	37	43	28	46	18
Pontardawe Leisure Centre	15	14	12	22	15		
Swansea Coedgwilym	11	8,5	7,8	12	13	10	

Source : UK DEFRA (novembre 2017) et <https://uk-air.defra.gov.uk/> pour les données de 2016 et 2017

Les zones de dépassement ont été déterminées par modélisation à l'échelle nationale avec une grille de résolution de 1 km x 1 km. Les sources de nickel de la région sont la raffinerie de nickel de Vale, qui produit entre 30 000 et 40 000 tonnes de nickel par année, et l'usine de production d'alliages Wall Colmonoy qui utilise entre 300 et 500 tonnes de nickel par année. Une grille plus fine a été modélisée pour caractériser l'impact de l'usine Wall Colmonoy. À partir de cette grille, UK DEFRA estime à environ 2 100 personnes la population touchée par les dépassements.

Figure 16 Zones de dépassement de la valeur cible de nickel – Zone urbaine de Swansea, UK



Source : UK DEFRA, novembre 2017

Le rapport de l'UK DEFRA (2017) mentionne que l'amélioration de la qualité de l'air constitue une priorité élevée pour le gouvernement gallois. De multiples réunions entre le gouvernement, les législateurs (émetteurs des permis) et les opérateurs des usines concernées ont permis :

- › au gouvernement gallois de communiquer aux intervenants l'ampleur et le sérieux de l'enjeu;
- › aux législateurs de démontrer que les opérateurs des usines appliquent les MTD;
- › aux opérateurs des usines de coopérer et partager les meilleures pratiques pour la gestion des émissions de leurs activités;
- › l'identification et la compréhension des sources prédominantes de nickel après analyse.

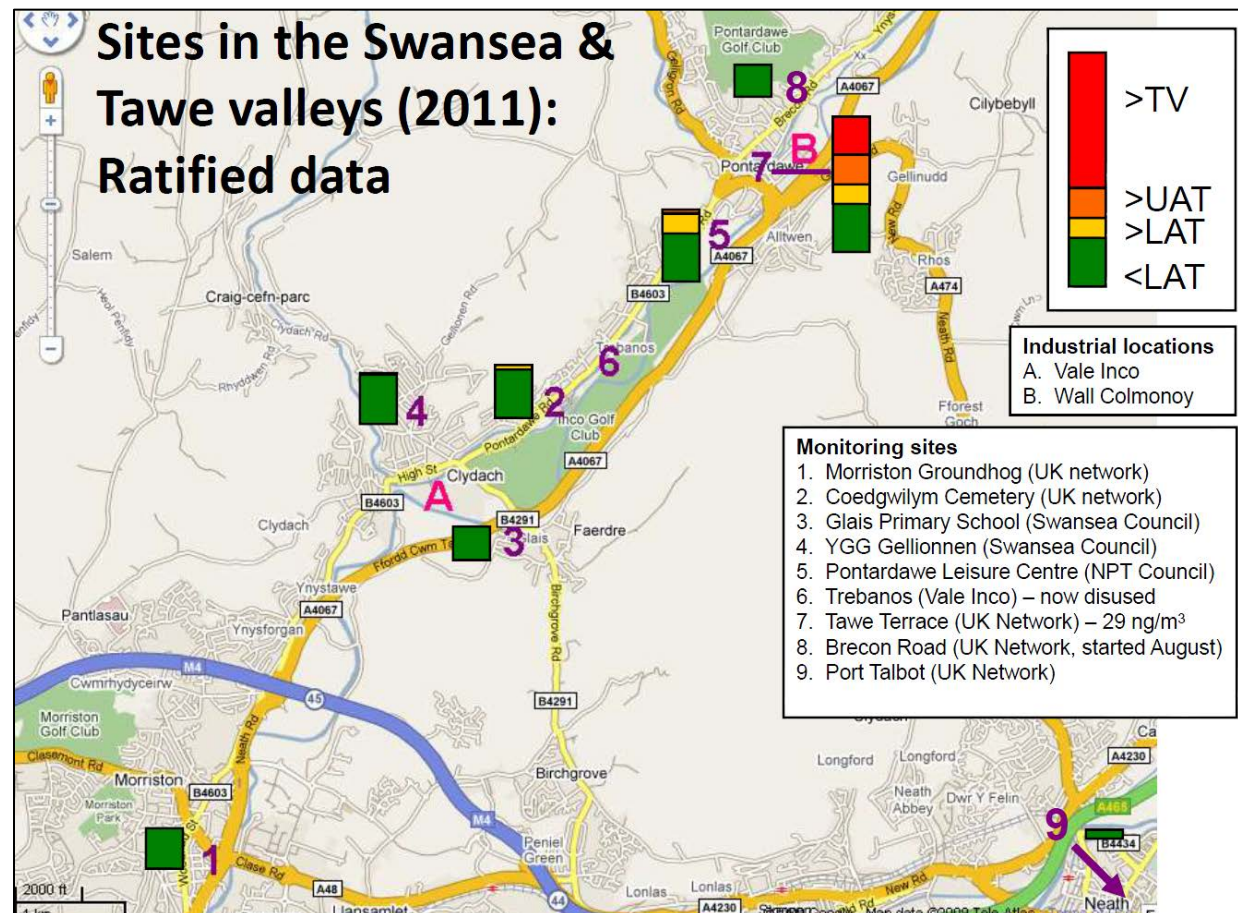
Les émissions annuelles de nickel rapportées par les deux entreprises sont variables, tel que démontré au Tableau 15. Comme il arrive parfois dans ce type d'analyse, la raffinerie Vale était initialement le seul complexe industriel ciblé pour les dépassements de nickel dans l'air ambiant. Toutefois il s'est avéré qu'il y avait sûrement d'autres sources de nickel, puisque les concentrations mesurées par la station d'air ambiant no 7 étaient toujours supérieures aux concentrations mesurées à la station no 5 en 2011 (Figure 17), même après le remplacement

du précipitateur électrostatique par un filtre à manches plus performant en 2007 qui a résulté à une réduction majeure des émissions de nickel (voir tableau 15). Notons que la station no 7 est plus éloignée de la raffinerie Vale que la station no 5.

Tableau 15 Émissions annuelles rapportées par les industries – Cas Swansea

Émissions (kg/an)		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Vale	Cheminée	3 154	2 855	193	56	96	25	31	42	11	108
	Autres	12	116	93	45	16	11	29	37	12	38
	Total	3 166	2 971	286	101	112	36	60	79	23	146
Wall Colmonoy	Cheminée	-		158	158	90	37	75	16	4	24

Figure 17 Portrait des concentrations de nickel (2011) dans les vallées Swansea et Tawe



Source : Geoff Marquis.(no date). Nickel in Tawe Valley.

Les tableaux 16 et 17 listent les mesures d'atténuation mises en place par les deux entreprises depuis que le nickel dans l'air ambiant est devenu un enjeu. Les législateurs ont jugé qu'elles constituaient des MTD pour leur industrie respective.

Tableau 16 Mesures d'atténuation mises en œuvre par la raffinerie Vale

	Mesure d'atténuation	Date
Mesure no 1 ⁽¹⁾	Remplacement du précipitateur électrostatique par un épurateur à sacs filtrants	2007
Mesure no 2	Réhabilitation des sols des terrains non utilisés pour confiner le nickel	2011
Mesure no 3	Consolidation de trois points d'émissions relatifs aux trémies de l'usine de poudres à un point d'émission canalisé vers un filtre à haute efficacité	2012
Mesure no 4	Couverture des convoyeurs d'alimentation par des enceintes fermées et remplacement du revêtement latéral	2013
Mesure no 5	Remplacement des 1 700 sacs de l'épurateur à sec (entretien préventif)	2014
Mesure no 6	Remplacement du séchoir au gaz naturel de l'usine de traitement des effluents par un séchoir sous vide, ce qui a résulté en une amélioration du séchage des boues du traitement des eaux et l'élimination de trois points d'émission.	2017

⁽¹⁾ Émissions de particules de ~ 10 mg/m³ réduites à moins de 1 mg/m³

Émissions annuelles de nickel de 2855 kg (2007) réduites à 100 kg (2009) et 42 kg (2013) – selon le tableau 14

Tableau 17 Mesures d'atténuation mises en œuvre par l'usine Wall Colmonoy

	Mesure d'atténuation	Date
Mesure no 1 ⁽¹⁾	Ajout d'un cyclone à l'eau (Aqualine) - filtration des émissions de fonderie	2010
Mesure no 2	Nouveau filtre à sacs dans la section des poudres	2014
Mesure no 3	Nettoyage à fond de la section des poudres	2014
Mesure no 4	Nouveau système de vacuum central à la section des poudres	2015
Mesure no 5	Nouveau filtre dans la section de l'ébarbage	2014
Mesure no 6	Nettoyage à fond de la section atomisation	2014
Mesure no 7	Installation d'un rideau entre la chambre des poudres et les séchoirs pour réduire les émissions fugitives	2014
Mesure no 8	Confinement des points de transfert	2015
Mesure no 9	Nouvelle enceinte fermée et ajout d'un filtre pour les mélangeurs au tamis	2014
Mesure no 10	Ajout de bandes d'étanchéité entre les fours et la tour d'atomisation pour la fabrication des poudres	2014
Mesure no 11	Mise à niveau du dépoussiéreur avec des sacs plus performants	2014
Mesure no 12	Confinement du tamis Russell avec des rideaux	2014
Mesure no 13	Installation d'un filtre à sacs pour la scie	2014
Mesure no 14	Cyclone et filtre à sac utilisés à l'atomisation des poudres	2014
Mesure no 15	Filtre à haute efficacité pour les unités de séchage d'air pour les retours d'air à l'intérieur	2014
Mesure no 16	Suivi du nickel à l'intérieur de l'usine pour identifier les 'points chauds'	2015 à 2018
Mesure no 17	Suivi du nickel en air ambiant pour identifier les 'points chauds'	
Mesure no 18	Modification des capots des fournaies Extraction simultanée du métal sur deux fournaies au lieu des quatre	2016
Mesure no 19	Installation d'une alarme sur l'alimentation en eau du système de filtre Aqualine	2015
Mesure no 20	Vérification des manomètres à pression différentielle de tous les systèmes de ventilation à l'atmosphère	2015
Mesure no 21	Amélioration des sècheurs d'air des systèmes de ventilation	2016
Mesure no 22	Système d'extraction limité aux fumées des appareils de soudure lors d'entretiens	2015
Mesure no 23	Fermeture des portes de l'aire d'entretien	2015
Mesure no 24	Amélioration des arrangements pour la décantation des poudres et de l'aspiration vers le filtre	2015
Mesure no 25	Rejet sous pression positive pour accentuer la pression sur le néoprène des points de transfert	2016

	Mesure d'atténuation	Date
Mesure no 26	Installation d'une enceinte fermée autour du système d'alimentation vibrant	2016
Mesure no 28	Évaluation de la faisabilité d'un filtre à manches	2014
Mesure no 29	Poussières recueillies dans des barils étanches et scellés. Poussière saturée d'eau du système Aqualine placées dans un conteneur en vrac.	2014

⁽¹⁾ Mesure de 0,01 mg/Nm³ à l'émission inférieure à la limite autorisée de 15 mg/Nm³

En 2014, Wall Colmonoy avait évalué la possibilité de remplacer son système de filtration humide des émissions de la fonderie par un filtre à manches (mesure no 28). Comme le système en place était déjà une MTD, avec des émissions avoisinant les limites de détection analytique, le potentiel d'amélioration était jugé faible avec des coûts élevés (~ 300 000 CAD) et des incertitudes quant à la performance du système alternatif.

Le service de la qualité de l'air du DEFRA a effectué une analyse détaillée des sources de nickel, qui s'est échelonnée sur une période de deux ans, afin d'identifier les causes potentielles de dépassement à la station Tawe Terrace. Cette analyse a impliqué la modélisation de la dispersion atmosphérique des sources d'émission de nickel, vite apparue comme déficiente pour l'analyse due à l'incertitude liée à la variation des émissions des sources en présence. Le portrait a commencé à se préciser lorsque la fréquence des analyses d'air ambiant prélevées à partir d'un échantillonneur séquentiel Partisol est passée d'une base hebdomadaire à journalière entre les mois d'août 2015 et février 2016. Les mesures ont alors permis d'une part d'identifier une forte corrélation entre le nickel et le manganèse, une combinaison de substances utilisées uniquement par les procédés de Wall Colmonoy, et d'autre part, d'établir que les concentrations élevées de nickel survenaient lorsque le vent venait du nord-ouest. De plus, les concentrations mesurées étaient basses les fins de semaine, alors que l'usine Wall Colmonoy était fermée. DEFRA a relevé que certaines activités de l'usine étaient associées à des concentrations élevées de nickel en fin de mois, ce qui a mené à de meilleures pratiques pour la gestion des résidus à l'usine pour éviter les dégagements de poussières pendant leur transbordement en vue de leur élimination.

À la fin de 2015, le gouvernement gallois a mandaté le groupe de recherches environnementales de l'université King's College London (KCL) pour évaluer de façon plus détaillée la provenance des concentrations élevées de nickel mesurées à la station Tawe Terrace. Un laboratoire mobile à la fine pointe de la technologie a été déployé à cette fin. Un des objectifs était de déterminer la contribution potentielle de sources jusqu'alors inconnues. La campagne a suivi les concentrations horaires de plusieurs métaux dans les particules, avec une attention particulière apportée au nickel et aux composés métalliques utilisés à Wall Colmonoy. Les mesures ont montré une forte corrélation entre des concentrations élevées de nickel et de chrome (rien sur le manganèse cette fois) associées à des vents faibles en provenance du nord et l'est, donc de Wall Colmonoy. Les émissions de nickel étaient associées à des particules ultra fines (< 50 nanomètres), attribuées aux sources de haute température de la fonderie, par opposition aux sources mécaniques de broyage et d'ébarbage. Les efforts de réduction des émissions devraient donc se concentrer sur les procédés à haute température de l'usine. De plus, les mesures horaires ont permis d'identifier que les concentrations journalières étaient lourdement influencées par des épisodes transitoires de concentrations élevées. KCL a ainsi déterminé que la contribution totale de Wall Colmonoy aux concentrations de nickel était de l'ordre de 25 à 40%.

L'équipe de KCL a aussi déterminé que la raffinerie Vale contribuait significativement aux concentrations moyennes de nickel lorsque le vent provenait du sud-ouest. Des ratios

d'émission de métaux différents de ceux de Wall Colmonoy, en particulier appauvris en chrome, ont été mesurés dans ces conditions. L'analyse a aussi démontré que la contribution en nickel était associée à des particules ultra fines, laissant présager une origine par source de combustion. En tout, les résultats suggèrent une contribution significative de la raffinerie Vale, avec une contribution estimée de 37-40% aux concentrations ambiantes de nickel observées pendant la campagne de mesures. Une analyse détaillée a ensuite été réalisée à partir des données d'air ambiant observées aux stations depuis 2004 et de la modélisation des événements ayant pu mener à ces concentrations à partir des données météorologiques correspondantes. Cette analyse a permis de conclure que la super cheminée de la raffinerie n'était pas en cause, et que le contributeur était plutôt une source de combustion avec une hauteur de cheminée peu élevée. Cette source était en fait le séchoir des boues du traitement des eaux que Vale a alors remplacé par un système sous vide en 2017.

L'ensemble des mesures de réduction apportées a permis de baisser la concentration moyenne annuelle de nickel à $18,4 \text{ ng/m}^3$ dans les PM_{10} en 2017 (vs. 28 à 46 ng/m^3 , lors des 6 années précédentes à la même station de mesure), malgré une pointe maximale hebdomadaire de 188 ng/m^3 et des concentrations hebdomadaires dépassant 20 ng/m^3 dans 17% des mesures, soit 9 semaines (et 14 ng/m^3 dans 43% des mesures, soit 23 semaines).

4.3 Nouvelle-Calédonie

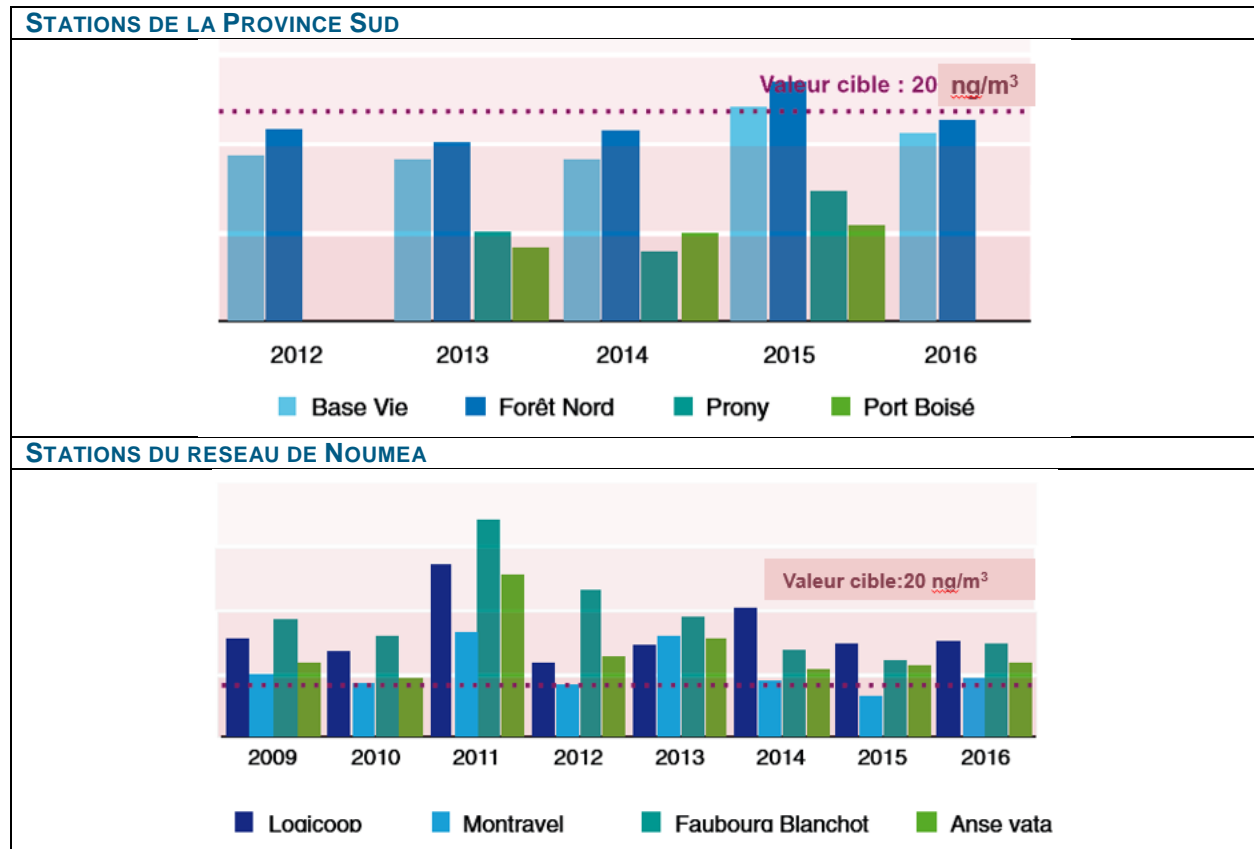
À ce jour, les niveaux de nickel dans l'air ambiant ne sont pas encore un enjeu au point de vue des autorisations de nouveaux projets de nickel. L'Association Calédonienne de surveillance de la qualité de l'air (Scal'Air, 2015) prélève les métaux dans les PM_{10} et les analyse sur une base hebdomadaire grâce à un préleveur automatique de particules fines conforme à la norme de référence européenne EN 12341. Les résultats de mesures sont comparés à la valeur cible européenne, donc à la valeur annuelle de 20 ng/m^3 dans le cas du nickel.

Dans son plan de surveillance de la qualité de l'air pour l'horizon 2018-2022, Scal'Air présente les concentrations annuelles de nickel dans les PM_{10} aux 8 stations de mesure des métaux dans les PM_{10} (Figure 18).

Les concentrations hebdomadaires de nickel dans les PM_{10} ont varié entre 15 et 80 ng/m^3 sur les sites de mesure du laboratoire mobile de Scal'Air en 2012 et 2013. Les concentrations élevées de nickel ont été corrélées avec les vents en provenance des industries de nickel de la région. D'autres analyses réalisées avec des échantillonneurs de marque Partisol installés aux différentes stations de mesure ont indiqué des concentrations hebdomadaires de nickel dans les PM_{10} variant entre 160 et 200 ng/m^3 à plusieurs reprises durant la même période. La figure 18 montre que la valeur cible annuelle de 20 ng/m^3 est systématiquement dépassée à 3 des 4 stations d'air ambiant du réseau de Nouméa entre 2009 et 2016. Pour la même période aux stations de la Province Sud, seule l'année 2015 a enregistré un léger dépassement à une des quatre stations d'air ambiant.

De façon générale, les dépassements de la valeur cible établie pour le nickel ne semblent pas avoir été à l'origine en Nouvelle-Calédonie de quelconques actions en termes de mesures additionnelles, plan d'actions, ou autres.

Figure 18 Historique des concentrations annuelles de nickel dans les PM₁₀ en Nouvelle-Calédonie



Source : Scal Air. Plan de surveillance de la qualité de l'air 2018-2022.

4.4 Australie

4.4.1 Port Esperance

Port Esperance est un port industriel situé sur la côte sud de l'Australie de l'ouest (Western Australia – WA), à environ 600 km à vol d'oiseau de Perth. Il y transite chaque année environ 15 millions de tonnes/an de matériel (15 Mtpa dont 14 Mtpa pour exportation) composé à 75% de minerai de fer (~12 Mtpa) et à environ 20% de grain (2 à 2,8 Mtpa). Port Esperance est reconnu comme le plus grand port de concentré de nickel de l'hémisphère sud. Du nickel et de l'hydroxyde de nickel y sont transités depuis plus de 40 ans à hauteur de 0,1 à 0,3 Mtpa. Le quai de chargement des navires de nickel est situé à 800 m des résidences les plus proches.

Les activités du port sont régies par la Licence L5099/1974/14 du Département de réglementation environnementale de l'état de WA, régulièrement amendée en fonction des nouvelles activités prévues au port (dernière version émise le 23 février 2018). Au 3^e trimestre de 2006, le port a commencé à expérimenter des problèmes liés aux divers concentrés venant des mines (Sinclair Knight Mertz, 19 décembre 2007). Le concentré de nickel était particulièrement odorant, tandis que le concentré de plomb était particulièrement sec. Les autorités portuaires ont alors commencé à œuvrer avec les compagnies minières pour améliorer la qualité de l'air. D'ailleurs, en décembre 2006 et janvier 2007, des mortalités massives d'oiseaux empoisonnés au plomb, de même que des niveaux élevés de plomb relevés par le Département de l'Environnement et de la Conservation (DEC) du WA dans le corridor de transport entre la mine et le port ont amené l'arrêt des expéditions de carbonate de plomb en mars 2007.

L'odeur est causée par la combinaison du soufre présent dans le minerai de nickel avec le xanthate ajouté durant le procédé de concentration. L'odeur émane par petites bouffées particulièrement malodorantes lorsque les piles de concentrés sont perturbées pendant le chargement d'un navire. Le problème est connu depuis 2001, bien que des actions aient permis de l'atténuer en bonne partie, comme l'ajout d'un filtre au charbon à la trémie de déchargement des wagons des trains. D'autres mesures ont été mises en place, comme l'amélioration du système de collecte des poussières au hangar de minerai de nickel, l'entretien de ce bâtiment incluant le remplacement du revêtement métallique et du toit, pour réduire les émissions fugitives pendant la manipulation du minerai.

En regard du nickel, des tests menés en 2007 par le DEC ont montré des concentrations élevées dans les bassins d'eau de pluie près du port. Dès lors, le DEC a commencé à suivre de près les chargements des navires en nickel. Le port a aussitôt mis en place des mesures pour s'assurer que les arrivages de concentré contiennent des niveaux acceptables d'humidité avant d'être admis au port. Le DEC a émis par la suite un avis de protection de l'environnement (3 décembre 2007) en regard des émissions de nickel, enjoignant les autorités du port à analyser les données historiques de qualité de l'air et à déployer des stations de mesure des retombées de poussières, de mesure des concentrations de particules en continu (analyseur de marque TEOM) et d'échantillonnage à grand débit afin de suivre adéquatement les concentrations de nickel dans l'air ambiant. Le plan devait comprendre un suivi journalier à chaque chargement de nickel, et aux six jours autrement.

Dans la même foulée, le Port mettait en place un protocole de gestion du vent le 12 décembre 2008 pour les chargements de concentré, qui permet le chargement en vrac des navires seulement lorsque le vent souffle vers le large. Une norme d'air ambiant sur 24 h de $0,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de nickel dans les PST est ensuite entrée en vigueur le 6 janvier 2009 par la Licence 5099/1974/12 du Département de la réglementation environnementale de l'état du WA (DWER). Le nickel est mesuré dans les PST à tous les six jours, à quatre stations de suivi entourant les opérations de Port Esperance et à une station de suivi communautaire (station 5) située à environ 1,6 km du port (Figure 19).

Le département de la santé (DoH) avait suggéré à l'époque un critère d'air ambiant annuel (ligne directrice) de $3 \text{ ng}/\text{m}^3$ pour le nickel dans les PM_{10} , visant la prévention des effets potentiels cancérigènes, mais celui-ci n'a pas été inscrit dans la Licence. Ce critère est mentionné une seule fois, dans le premier rapport annuel de qualité de l'air (Sinclair Knight Mertz, 2009) réalisé pour satisfaire aux exigences de la Licence. L'autorité portuaire avait mentionné dans son rapport annuel de 2010-2011 qu'il n'est pas techniquement réalisable de se conformer à cette limite annuelle pour la manipulation en vrac de nickel. Les rapports annuels de qualité de l'air n'ont jamais fait référence à ce critère annuel par la suite.

La figure 20 montre que les concentrations ont généralement baissé depuis 2008, surtout depuis que la majeure partie des expéditions est effectuée par conteneurs fermés. Bien que le transport du minerai dans des conteneurs élimine en principe les émissions fugitives, il est possible que du nickel soit émis à partir des routes portuaires non pavées ou de la présence du matériel sur la surface extérieure des conteneurs provenant de la mine. L'année se terminant au 30 septembre 2017, la valeur maximale sur 24 h de nickel dans les PST fut de $29 \text{ ng}/\text{m}^3$ dans l'ensemble des cinq stations de mesures, et près de 60% des mesures étaient égales ou inférieures à $3 \text{ ng}/\text{m}^3$.

En 2011, les autorités du Port constataient que malgré un investissement récent de 23 millions AUD\$, la condition générale des installations du circuit de chargement du concentré en vrac était mauvaise (forte corrosion d'une section de l'unité de chargement des navires). Des coûts additionnels étaient à prévoir pour la manutention du concentré, que les compagnies minières n'étaient pas prêtes à assumer. Celles-ci se sont tournées naturellement vers le transport du minerai dans des conteneurs jusqu'à destination et le bâtiment d'entreposage du concentré de nickel a été par la suite démolí.

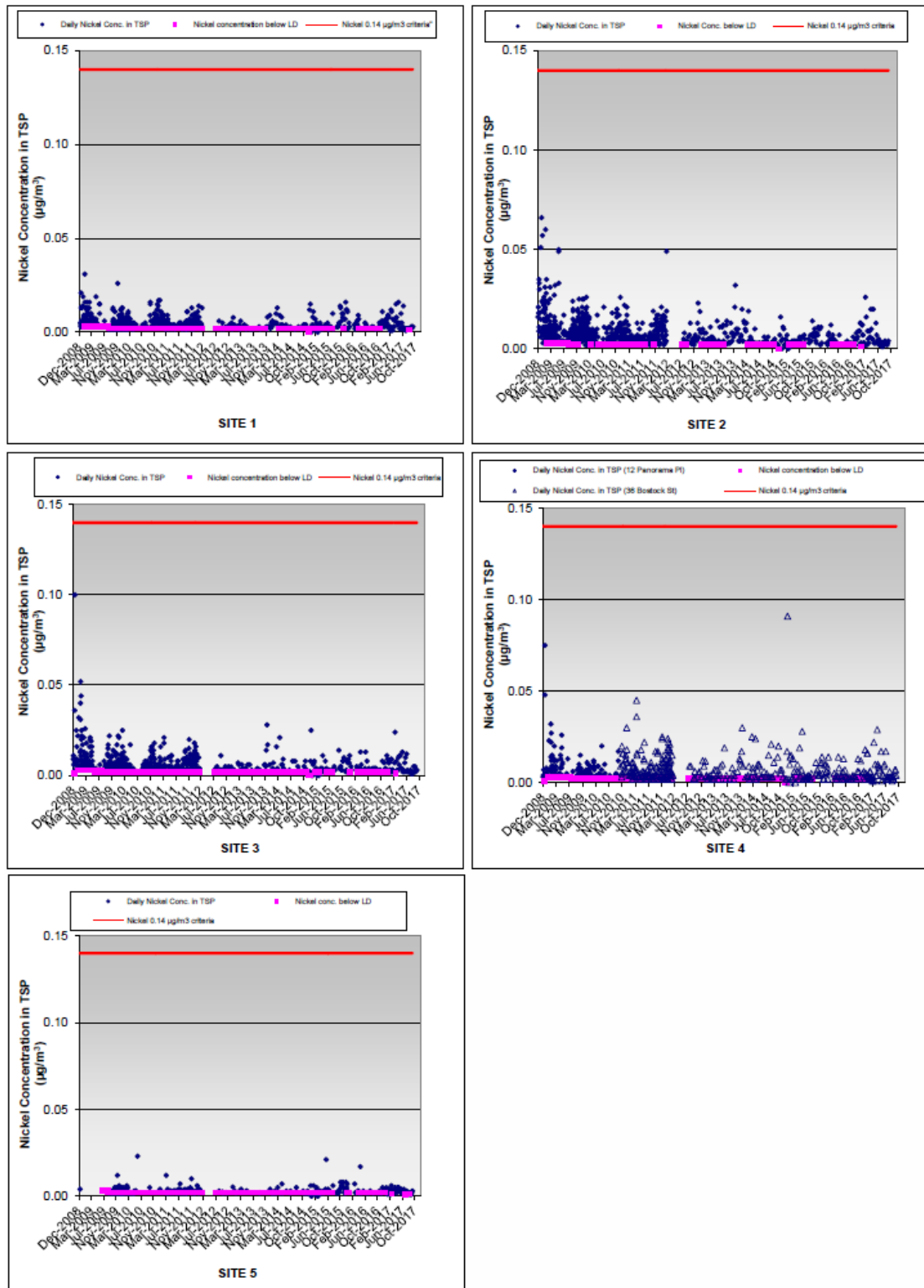


Figure 19 Localisation des stations d'échantillonnage d'air ambiant, Port Esperance



Sites 1 à 5 : Sites de mesures des métaux dans les PST (nickel, fer, soufre, plomb, lithium)
EP : Site d'échantillonnage des PST en temps réel
Source : Southern Ports – Esperance. 19/12/2007. Annual Ambient Air Quality Monitoring Report.

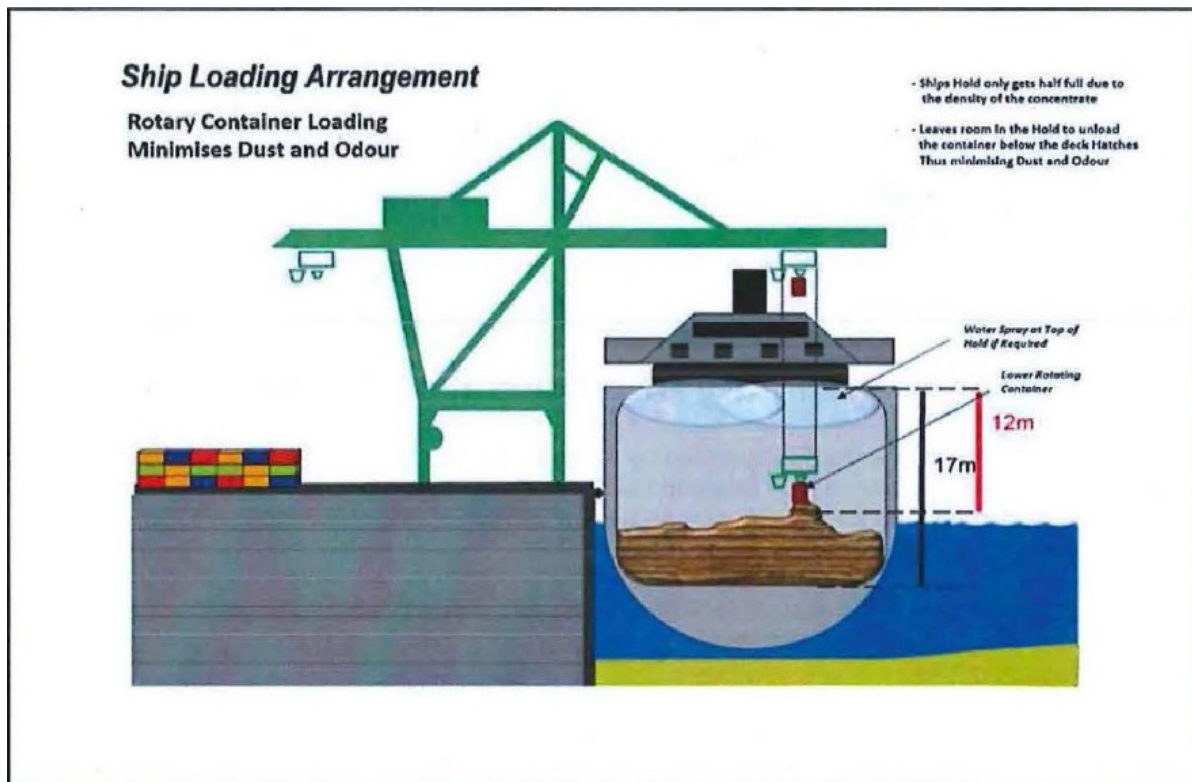
Figure 20: Concentrations sur 24 h de nickel dans les PST, Port Esperance (2008-2016)



Source : Southern Ports – Esperance. 19/12/2007. Annual Ambient Air Quality Monitoring Report.

Les chargements par conteneurs fermés se sont déroulés pendant six ans, de 2010 à 2016. La Licence amendée en 2018 fait état d'une autorisation de travail (W5840/215/1) pour l'essai de cinq chargements de navire par un système rotatif basculant les conteneurs de concentré de nickel à l'intérieur même de la cale du navire, tout en vaporisant un brouillard d'eau au-dessus de la cale pendant les chargements (Figure 21). L'autorisation de travail, qui se terminera le 3 janvier 2019, vise 220 000 tpa de nickel et 50 000 tpa de cuivre. Un monitoring régulier est exigé pour les PST, les PM_{10} , et la spéciation (cuivre et nickel) durant les chargements afin de vérifier la performance du mécanisme de contrôle des poussières. À la fin de l'essai, le DoH sera consulté quant aux risques à la santé publique de la manipulation des concentrés de cuivre et de nickel en vrac. Le DWER réglera par la suite les chargements de concentré de nickel en vrac basé sur les contrôles proposés ou des contrôles additionnels, et amendera la Licence le cas échéant.

Figure 21 Chargement par système rotatif basculant, Port Esperance



Source : WA DER, 31/12/2015. Decision Document. Works Approval W5840/2015/1

4.4.2 Projet de raffinerie de nickel, Gladstone (Queensland)

En 2007, Gladstone Pacific Nickel Limited (GPNL) a déposé une étude d'impact pour la première phase d'un projet de raffinerie de nickel à Gladstone (Queensland) visant une capacité de 63 000 t/an de briquettes de nickel et 5 000 t/an de briquettes de cobalt, de même qu'une deuxième phase augmentant la capacité à 126 000 t/an de nickel au total. Le minerai (10 Mtpa en Phase 2) sera importé ou acheminé en suspension liquide par pipeline du gisement Marlborough à 175 km de Gladstone. À ce jour, l'image aérienne récente (2018) ci-contre montre que seuls les travaux de préparation du site sont terminés.



Cette étude d'impact incluait une étude de dispersion atmosphérique réalisée avec le modèle Calpuff à partir d'une année de données météorologiques horaires collectées en 2001 sur le site proposé pour la raffinerie. L'étude de dispersion a évalué les concentrations annuelles de nickel d'une seule source, soit le four de frittage de nickel, basée sur une émission maximale de 1 mg/Nm³ à la cheminée. Pour les particules fines (PM_{2,5} et PM₁₀), l'étude a inclus les émissions de poussières résultant de la manipulation du minerai et du sous-produit de sulfate d'ammonium cristallisé incluant les activités de déchargement des navires, trains et convoyeurs, les piles de minerai et de soufre, et les activités de chargement du sulfate d'ammonium dans des camions et dans les navires.

Les résultats de la dispersion du nickel pour les deux phases du projet montraient que les concentrations annuelles dépassant la ligne directrice de l'OMS (2,5 ng/m³ pour un risque additionnel de cancer de 1 : 1 000 000) resteraient localisées autour de la raffinerie, à l'intérieur de la zone industrielle. Comme la zone affectée par ce dépassement ne touchait aucune résidence (le plus proche quartier résidentiel est à 11 km à l'est du site), l'étude de dispersion en a conclu qu'il n'était pas nécessaire de procéder à une analyse de risques pour la santé.

Le rapport du coordonnateur général du gouvernement du Queensland (15 janvier 2009) a approuvé le projet sous certaines conditions, soit :

- › Un rapport de performance devra être fourni suivant la mise en œuvre de la Phase 1 et devra couvrir au moins 12 mois d'exploitation à une production de plus de 80% de la capacité nominale de la raffinerie. Ce rapport est une exigence préalable à l'autorisation de la Phase 2, et permettra de raffermir les conditions clés liées aux émissions atmosphériques et aux rejets liquides, si les objectifs environnementaux (benchmark) estimés par GPNL dans l'étude d'impact ne devaient pas être respectés. Ce rapport de performance doit couvrir les niveaux de nickel, cobalt, chrome et métaux totaux dans les retombées de poussières au sud-est de la raffinerie;
- › Les rejets ne doivent pas excéder 30% les rejets prévus à l'étude d'impact;
- › Les conditions d'autorisation pour le volet air (Conditions Schedule B) demandent:
 - l'implémentation de mesures de contrôle des poussières;
 - le monitoring des retombées de poussières mensuelles et des concentrations de PM₁₀ en continu dans l'air ambiant à l'extérieur de la limite de propriété de l'usine (la localisation et le nombre de stations restaient à définir), selon les méthodes prescrites par les standards australiens AS 3580 et AS 3580.9:2001;
 - la concentration moyenne courante sur 24 h de PM₁₀ doit être inférieure à 50 µg/m³;

- en cas de plaintes de nuisance relatives aux poussières et aux particules, l'autorité pourra exiger des mesures supplémentaires de retombées de poussières et de PM₁₀ dans un lieu pertinent au milieu affecté, ainsi qu'à une station de contrôle en amont des vents dominants.
- le rejet des émissions atmosphériques ne peut se faire qu'aux sources prescrites, i.e. celles identifiées à l'étude d'impact. Les émissions de nickel du four de frittage du nickel doivent être mesurées à la source et rapportées aux autorités à chaque trimestre. La caractérisation doit être conforme avec les standards australiens applicables.
- une étude de vérification des émissions doit être fournie 6 mois après le début des opérations pour identifier toutes les sources d'émissions (cheminées, sources de surface et autres sources), en plus de celles identifiées à l'étude d'impact.
- un programme de gestion environnemental détaillé doit être soumis aux autorités avant le début de l'exploitation de la raffinerie.

Si l'étude d'impact reflète le peu d'informations disponibles sur les sources d'émission de nickel au moment de la conception du projet, il semble optimiste, basé sur les mesures récentes de nickel dans les PM₁₀ collectées autour des raffineries de nickel ailleurs dans le monde, de prétendre que les concentrations annuelles seront inférieures à 2,5 ng/m³ à proximité de l'usine. Le fait que le nickel et le cobalt ne soient pas caractérisés dans les PM₁₀ à tous les six jours constitue une lacune importante du dossier, pour ce qui est du programme de suivi de la qualité de l'air, qui pourra être cependant rectifiée par les autorités. D'autres sources d'émission de nickel à l'atmosphère seront vraisemblablement ajoutées en marge de l'avis d'autorisation de la Phase 2 si le projet est un jour réalisé.

4.4.3 Projet de nickel Wingellina (Australie de l'ouest)

En septembre 2015, Hinckley Range Pty Ltd, filiale de la junior Metal X Ltd, a déposé une étude d'impact pour un projet d'exploitation de mine à ciel ouvert (~4,5 Mtpa) et un concentrateur produisant un concentré intermédiaire d'hydroxyde de nickel-cobalt à Wingellina (WA) visant une production de 40 000 t/an de nickel et de 3 000 t/an de cobalt.

MILIEU D'INSERTION

Le projet de nickel de Wingellina est particulier du fait que le milieu d'insertion est situé dans un territoire revendiqué par les aborigènes Ngaanyatjarra. L'aire de protection des terres indigènes (IPA) de Ngaanyatjarra a été déclarée en août 2002 et est la plus grande IPA déclarée en Australie. La communauté aborigène Irunytju réside dans l'ancien camp d'exploration Wingellina, appelé simplement le village de Wingellina. Cette communauté est formée de 60 à 100 personnes, dont 60 résidents permanents et une quarantaine qui viennent y résider périodiquement. La communauté est dans une situation socio-économique difficile et dans un état important de vulnérabilité, avec des mauvaises conditions de vie, des infrastructures déficientes en santé et en éducation, de faibles revenus en dessous du seuil de pauvreté, et des opportunités d'emploi limitées.

Le paysage est désertique, aride et poussiéreux lorsque le vent souffle. La poussière est connue pour provoquer un excès de plaintes oculaires, thoraciques et nasales chez les membres de la communauté. Parmi les autres problèmes de santé importants observés, mentionnons une mauvaise alimentation, l'inactivité physique et des taux élevés de tabagisme. Il a également été noté par URS (2012) que les maladies respiratoires sont aggravées par l'absence de routes pavées (scellées) dans la plupart des communautés de la région de Ngaanyatjarraku.

ÉVALUATION DE L'EPA DU WA

L'autorité de protection environnementale (EPA) du WA note dans son rapport (juin 2016) que le projet respecte la distance minimale générique de 1 500 à 3 000 m promulguée dans son guide 'Guidance Statement No 3 – Separation distance between industrial and sensitive land uses' (EPA 2005) entre les activités d'une grande mine à ciel ouvert (plus spécifiquement le concentrateur) et les récepteurs sensibles. Le projet propose une distance de 2 000 et 1 700 m respectivement entre les aires perturbées par le projet et le village de Wingellina et le village des travailleurs.

L'étude d'impact a comporté une étude de dispersion atmosphérique des principaux contaminants, y compris les particules fines avec le modèle de dispersion Calpuff, réalisée par la firme Air Assessments, en conformité avec l'approche définie dans le guide du département de l'environnement 'Air Quality Modelling Guidance Notes, 2006'. Étant donné le contexte du milieu d'insertion affecté par le projet, le département de la santé a exigé une étude des risques sur la santé (HRA) portant spécifiquement sur les niveaux de nickel dans les PM₁₀ en vue d'évaluer la conformité du projet par rapport au critère applicable de santé publique du DoH (niveau annuel de 0,003 µg/m³ dans les PM₁₀). L'étude a dérivé la proportion de nickel dans les PM₁₀ par une analyse chimique des retombées de poussières échantillonnées au village de Wingellina et au village des travailleurs pour y être appliquée aux résultats de dispersion atmosphérique. Le HRA arrive à la conclusion que la concentration annuelle de nickel dans les PM₁₀ serait de 2 ng/m³ au village des travailleurs et de 2,3 ng/m³ au village de Wingellina.

N'eut été de la situation particulière de Wingellina et des conditions de santé précaires de la communauté, aucune analyse de risque avec détermination des niveaux de nickel dans les PM₁₀ n'aurait été exigée par le département de la santé aux fins de l'autorisation.

Le DoH s'est dit satisfait de l'étude, à la condition qu'un plan de gestion des poussières soit mis en œuvre, incluant des stations de mesure du nickel dans les PM₁₀ avec des échantillonneurs à grand débit, et que les échantillonnages et analyses soient faites en fonction des standards australiens pertinents. Le promoteur a préparé un plan de gestion de la qualité de l'air couvrant les activités de construction et d'exploitation, qui comprend des mesures de gestion et de suivi avec des objectifs et des cibles de qualité de l'air. Les mesures d'atténuation générales proposées pour réduire les émissions fugitives de poussières ont satisfait l'EPA du WA, incluant sans s'y limiter :

- › L'application d'abat poussière (eau et autre abat poussière autorisé) sur les routes de transport et les piles de stockage le cas échéant;
- › Le contrôle de la vitesse des véhicules sur les routes non pavées;
- › La planification des dynamitages pour coïncider avec des conditions météorologiques favorables, dans la mesure du possible;
- › Le pavage des routes à fort usage, telles que les routes d'accès desservant les activités minières;
- › Le maintien du matériel suffisamment humide pour réduire la génération des poussières des activités de broyage et de tamisage;
- › La mise en œuvre progressive du défrichage et de la restauration pour minimiser la surface des aires dénudées;
- › Le suivi et soumission des niveaux de nickel dans les PM₁₀ aux autorités.

Par ailleurs, le DoH est d'accord avec le fait que le projet permettrait au village d'avoir accès à de meilleurs produits alimentaires; à des opportunités de mentorat, formation et d'emplois; de bénéficier de support pour le développement de petites entreprises, au support des jeunes pour l'éducation, d'améliorer leur infrastructure, et aux travailleurs autochtones de bénéficier d'horaires flexibles.

Le projet a fait l'objet d'une approbation le 1^{er} septembre 2016. Avec la montée substantielle du prix du cobalt, le promoteur Metal X Limited a continué de rechercher les meilleures veines de cobalt / nickel et a réalisé des forages additionnels en vue de produire du sulfate de cobalt et du sulfate de nickel pour l'industrie des batteries. Le promoteur procède présentement à des essais métallurgiques pour optimiser son procédé.

4.5 Michigan

Les États-Unis ne possèdent qu'une seule mine active de nickel (et de cuivre), soit la mine souterraine Eagle Mine au Michigan (USGS, 2017) qui produit, depuis l'automne 2014, de 20 000 à 25 000 t/an de concentré de nickel exporté vers les fonderies canadiennes. Cette mine a modernisé un concentrateur de minerai de fer situé à environ 30 km à vol d'oiseau, et 105 km par la route. La mine a une durée de vie estimée de 8 ans, mais les travaux d'exploration sont en cours pour l'accroître par le propriétaire Lundin Mining, dont le siège social est à Toronto. La communauté la plus proche (villégiature), Big Bay, est à 24 km de la mine. Le territoire est utilisé par les Premières nations pour la chasse et la pêche.

La demande de permis d'installation relative aux émissions atmosphériques déposée par Kennecott Eagle Minerals Company (Dec 2005) a évalué les concentrations ambiantes des PM₁₀, du NO₂, du SO₂ du CO et du plomb, en plus de quatre métaux, dont le nickel. La modélisation avait été réalisée avec le modèle de l'époque (ISCST3) et une année de données météorologiques, sur une grille de récepteurs aux 25 m jusqu'à 500 m de la propriété. Dans une approche prudente de pire cas, les émissions de nickel ont été basées sur les facteurs d'émissions d'US EPA (AP42) de particules totales et la proportion de nickel calculé au 95^e centile des analyses représentatives du matériel concerné (roc, minerai, sols naturels du secteur, cendre volante entrant dans la composition du béton). Le calcul des émissions tient compte des hypothèses suivantes :

- › Les opérations dans le bâtiment de concassage sont contrôlées avec un filtre à sac ayant une efficacité minimale de 99%. Les opérations incluent les activités de transfert au grizzly (crible à barres).
- › Certaines sources volumiques telles les silos sont partiellement fermées. Il est considéré que ces enceintes fermées captureront 90% des émissions de particules.
- › Les poussières émanant du transfert du minerai au grizzly de la mine souterraine seront contrôlées par des barres d'arrosage réduisant les émissions de particules de 90%.
- › Le transfert et mélange du ciment et de la cendre volante sont effectués dans un bâtiment, ce qui réduira les émissions de poussières de 95%.
- › Le transfert du roc à la trémie d'alimentation sera partiellement couvert. Cette enceinte partielle devrait permettre de réduire les émissions de particules de 90%.
- › Le programme prévu d'arrosage des chemins, conjugué au programme de réduction des émissions de poussières, devraient permettre de réduire de 90% les émissions de particules.

Les sources ponctuelles considérées dans le calcul des émissions de poussières étaient les suivantes :

- › Bâtiment de concassage : transfert au grizzly, grizzly, brise-roche stationnaire, convoyeur au concasseur, concasseur;
- › Puits de ventilation de la mine : manutention souterraine du minerai, dynamitage, forage, déplacement souterrain de véhicules, manutention du roc, activités souterraines de remplissage progressif de la mine
- › Déchargement pneumatique de la cendre volante
- › Silos de minerai grossier : transfert du portal, transfert au concasseur, pile de minerai
- › Silos de minerai broyé : convoyeur aux silos de minerai fin, silos de minerai fin, chargement des camions
- › Transfert et mélange du ciment et de la cendre volante : transfert de la cendre volante au mélangeur, Mélange, transfert du mélange à la mine souterraine
- › Aire de stockage extérieure du roc : transfert au stockage, transfert du stockage, transfert aux camions de transport, pile de stockage

Le routage lié au passage de véhicules comprenait les sources suivantes:

- › le chemin entre le portal et l'aire de stockage du roc;
- › le chemin entre le portal et le silo de minerai grossier;
- › le parcours entre le silo de minerai grossier et le concasseur;
- › le chemin pour la livraison du ciment et de la cendre volante;
- › le chemin pour la livraison des agrégats pour la confection du béton;
- › le chemin entre le stockage des agrégats et la trémie d'alimentation.
- › le chemin de transport du minerai.

Les résultats de modélisation obtenus à la limite de propriété n'ont pas dépassé une concentration annuelle de $0,00295 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alors que le critère IRSL (Initial Risk Screening Level) du Michigan était à l'époque de $0,0042 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il faut noter que ce même projet évalué selon les règles du DEQ de 2018 **aurait à se conformer au critère secondaire SRSL** de $0,058 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les PM_{10} .

Le permis d'installation émis par la division de la qualité de l'air du département de l'environnement du Michigan (DEQ) exige une émission limite de 0,1 kg de nickel par jour à la sortie du puits d'évacuation principal de l'air de la mine souterraine, qui correspondait au taux d'émission utilisé pour l'étude de dispersion. La suppression des poussières dans la mine souterraine se fait par arrosage des routes et des activités de manutention du roc. Pour ce qui est de l'air ambiant, la compagnie réalise de son propre chef un suivi occasionnel sommaire de la qualité de l'air ambiant, à raison d'une mesure de 24 h par mois dans la communauté la plus proche, à environ 20 km de la mine, pour 25 métaux dans les PM_{10} incluant le nickel. Ces mesures ne sont pas rapportées dans les rapports annuels de suivi déposés au DEQ. Les quelques données disponibles sur les concentrations de nickel dans les PM_{10} mesurées sur une base trimestrielle en 2013 étaient inférieures à $3 \text{ ng}/\text{m}^3$.

5 Méthodes d'atténuation existantes des émissions de nickel

Le Ministère de l'Environnement et de l'Action en matière de changement climatique de l'Ontario (MOECC) a publié en mars 2018 la version 6 des normes techniques de gestion de la pollution atmosphérique incluant une norme sectorielle pour les sites d'exploitation minière applicable à l'industrie minière du nickel-cuivre et du cuivre-zinc.

Cette norme sectorielle exige que l'industrie investisse dans les meilleures pratiques et technologies disponibles pour réduire les émissions atmosphériques et améliorer la qualité de l'air au fil du temps et vise entre autres à encourager les nouveaux investissements dans ce domaine. En termes pratiques, la norme sectorielle fournit un éventail prescriptif d'exigences quant au contrôle de la pollution de l'air ou des meilleures pratiques relatives aux sources clés qui contribuent le plus aux concentrations hors site de substances toxiques.

L'élaboration de la norme sectorielle pour l'industrie minière a donc nécessité une revue détaillée de ces sources clés pour les secteurs nickel-cuivre et cuivre-zinc ainsi qu'une analyse comparative des technologies et des meilleures pratiques de gestion utilisées dans le monde pour réduire les émissions de ces sources, en considération avec les enjeux économiques liés aux secteurs. De ce fait, la revue des méthodes d'atténuation existantes des émissions de nickel est basée principalement sur les méthodes prescrites à cette norme sectorielle de l'Ontario, le document le plus à jour disponible pour l'industrie du nickel.

Les sources dominantes d'émission de nickel pour l'industrie sont les suivantes :

- › les aires de stockage;
- › la manutention du matériel minier;
- › les unités de traitement de minerai;
- › les sites de disposition des résidus miniers;
- › les puits d'évacuation de l'air des mines souterraines;
- › les mines à ciel ouvert;
- › les routes.

La section 5.1 ci-dessous identifie les prescriptions de la norme sectorielle quant aux meilleures pratiques pour réduire les émissions de nickel de chacune de ces sources. La norme sectorielle se distingue par la prescription de mesures d'atténuation propres aux divers états du minerai (minerai extrait, minerai broyé/tamisé, concentré, résidu minier). Aux fins de l'application de la norme sectorielle, le MOECC entend par récepteur un établissement de soins de santé ou d'éducation, une résidence pour personnes âgées ou de soins à long terme, une garderie ou une résidence. Enfin, bien que la norme alloue des délais et des mesures transitoires avant la mise en application de certaines mesures, la présente revue n'en fait pas mention étant donné que toutes les mesures seront applicables d'ici moins de deux ans (2020).

Comme la norme sectorielle ontarienne n'en fait pas mention, la section 5.2 a été ajoutée pour présenter une technologie de trémie de suppression des poussières pour la manutention du vrac, utilisée pour le chargement ou déchargement de wagons, camions, navires, la mise en piles, etc. Cette technologie disponible depuis une quinzaine d'années n'est pas utilisée au Québec, ni dans l'industrie du nickel. Comme elle est utilisée à travers le monde pour supprimer

la poussière associée la manutention du vrac d'une foule de produits poussiéreux dans divers domaines, nous l'estimons prometteuse pour l'industrie du nickel.

La section 5.3 présente quant à elle les meilleures pratiques liées à l'exploitation d'un complexe métallurgique transformant le minerai brut en matte, ferronickel ou tout autre produit à base de nickel. Ces meilleures pratiques proviennent de recommandations du bureau européen en matière de prévention et de contrôle intégré de la pollution (IPPC).

5.1 Norme sectorielle ontarienne

5.1.1 Aires de stockage

Les aires de stockage regroupent l'ensemble des secteurs où du minerai brut (extrait), du minerai broyé et tamisé ou du concentré de minerai sont stockés dans des piles à court ou long terme. Les émissions fugitives de poussières de nickel dépendent de la force du vent combiné au potentiel d'érosion du matériel et, en une moindre mesure, du niveau de perturbation de la surface de la pile. Le potentiel d'érosion, qui symbolise à toute fin pratique la quantité de matières érodables, dépend de quelques facteurs, dont le niveau d'encroustement et/ou d'humidité à la surface de la pile de minerai. Typiquement, le potentiel d'érosion d'une surface s'épuise graduellement jusqu'à ce que cette même surface soit de nouveau perturbée régénérant le potentiel d'érosion.

Dans ces conditions, les meilleures pratiques de mitigation des émissions fugitives de poussières comprennent les dispositifs mettant le minerai (incluant le minerai broyé et tamisé et le concentré de minerai) à l'abri du vent, les méthodes réduisant le potentiel d'érosion du matériel à la surface, et l'optimisation de la gestion des aires de stockage. Les meilleures pratiques utilisant ces concepts sont décrites au tableau 18.

5.1.2 Manutention du matériel minier

La manutention du matériel (chargement, déchargement et déplacement) vers les différents points de transfert peut causer des émissions fugitives de poussières plus ou moins importantes selon les conditions météorologiques du moment, les équipements et techniques de transfert utilisés et le matériel manipulé. Par exemple, les émissions sont normalement plus significatives lors de fort vent par temps sec ou lorsque le matériel subit des mouvements brusques qui favorisent l'émission de la fraction fine (silt) à l'atmosphère.

Les mesures d'atténuation doivent donc réunir les conditions pour que le matériel soit mis à l'abri des intempéries et/ou soit manipulé de façon à restreindre les mouvements brusques. Ceci dit, la norme sectorielle de l'Ontario ne traite que de mesures relatives à l'abri du matériel pour trois ensembles d'activités (Tableau 19) :

- › Chargement de véhicules et wagons pour le minerai broyé et tamisé, et le concentré de minerai;
- › Transfert par convoyeur pour le minerai broyé et tamisé, et le concentré de minerai;
- › Concassage et tamisage pour le minerai extrait et les résidus miniers.⁵

⁵ Ceci concerne les unités de concassage et de tamisage qui ne sont pas rattachées à une usine de traitement de minerai qui est plutôt assujettie aux articles correspondantes de la norme sectorielle (voir section 5.1.3).

Les autres activités de manutention du minerai extrait, du minerai concassé et tamisé et du concentré de minerai à l'extérieur (dernier item du tableau 19) peuvent également être assujetties à des mesures d'atténuation (bâtiment fermé, pare-vent, arrosage du matériel) applicables selon les conditions éoliennes du secteur et la localisation du récepteur le plus près par rapport à la source d'émissions.

D'autres mesures d'atténuation permettant de réduire les émissions de poussières à l'atmosphère (mais qui ne sont pas considérées dans la norme sectorielle de l'Ontario) impliquent :

- › La réduction des distances de transfert en privilégiant les modes de transfert continu (convoyeur vs. camion);
- › Le maintien d'une hauteur de chute minimum lors du chargement ou du déchargement;
- › L'installation d'un dispositif permettant de réduire la vitesse de chute lors du chargement ou du déchargement (p.ex. chicanes, déflecteurs, trémie);
- › La planification, dans l'ordre du possible, des activités de manutention lors de vent faible.

5.1.3 Unité de traitement de minerai

L'unité de traitement du minerai peut comprendre selon le cas des tamiseurs, des concasseurs, des broyeurs et des unités d'enrichissement du minerai dont l'objectif est de transformer le minerai extrait en concentré de minerai avant l'expédition vers les usines métallurgiques. Les tamiseurs et concasseurs sont les principales causes des émissions de poussières à l'unité de traitement étant donné que les broyeurs et les unités d'enrichissement opèrent généralement dans des conditions humides. Il faut comprendre que les procédés d'enrichissement du minerai broyé peuvent inclure la séparation par épaissement, flottation, filtration, séparation magnétique et/ou séchage thermique qui émettent des poussières à des degrés divers. Ainsi, les procédés humides n'émettent pratiquement pas de poussières, par opposition aux procédés de broyage, tamisage et séchage.

Les émissions de poussières du concassage et du tamisage ne peuvent pas être enravées à la source. Ainsi, la principale mesure d'atténuation exigée par la norme sectorielle de l'Ontario est d'exploiter l'unité de traitement de minerai dans un bâtiment fermé pourvu d'un dépoussiéreur (Tableau 21).

5.1.4 Sites de disposition des résidus miniers

La gestion de ces résidus est un enjeu important dans la mesure où ceux-ci doivent être disposés sécuritairement tout en limitant au maximum leur impact sur l'environnement. Normalement, trois modes de disposition des résidus miniers sont appliqués, soit l'épandage dans des parcs à résidus miniers; la stabilisation puis réutilisation du résidu minier comme matériel de remblai; et la valorisation des résidus vers un autre procédé, un autre marché, etc.

La disposition des résidus miniers dans les parcs aménagés à cet effet peut s'effectuer en déversant une boue liquide (*slurry*) à partir duquel les matières solides se déposent et forment des crêtes. Les résidus peuvent éventuellement sécher et créer des conditions propices aux émissions de poussières étant donné que le résidu minier de l'unité de traitement contient généralement beaucoup de particules fines aéropportables. Le MOECC demande qu'au moins une des mesures d'atténuation suivantes soit mise en œuvre pour limiter voire éliminer l'interface entre ces particules fines et le vent (Tableau 21), soit en:

- › Submergeant les résidus dans un parc à résidus (bassin de sédimentation);
- › Recouvrant la surface des résidus par une couche de matériel suffisante pour limiter le potentiel d'érosion éolien (p.ex. bâche, paillis, compost, lait de chaux, revégétalisation, glace, neige, bio-solides, etc.);
- › Enrobant la surface des résidus avec un liant chimique ayant comme effet d'agglomérer les grains de poussières et donc de réduire le potentiel d'érosion éolien de la surface;
- › Gérant efficacement les points de décharge des résidus afin de maintenir un mouillage constant de la surface.

Le MOECC exige qu'on épande un liant chimique au moins une fois entre le 1^{er} août et le 1^{er} novembre, à moins que les résidus ne soient submergés, ou recouverts d'une bâche ou de végétation.

Le transfert des résidus miniers vers le parc peut s'effectuer par une conduite de boues liquides mais également par convoyeur ou par camion si les résidus ont été déshydratés au préalable. Quoique des mesures d'atténuation, telles que décrites à la section 5.1.2, pour la gestion des émissions de poussières par les convoyeurs ou lors du chargement / déchargement des camions pourraient être appliquées, la norme sectorielle de l'Ontario n'impose aucune de ces mesures pour les résidus miniers déshydratés.

Des mesures d'atténuation spécifiques à l'utilisation du résidu minier comme remblai sont toutefois exigées dans la norme sectorielle de l'Ontario. L'approche préconisée est de maintenir le remblai (résidus miniers stabilisés) à l'abri du vent, en le maintenant à un niveau inférieur à la hauteur de la structure naturelle ou artificielle agissant comme pare-vent autour du site. Dans le cas où le remblai est utilisé pour remplir des cavités, le pare-vent n'a pas à être très élevé. La surface du remblai doit toutefois contenir suffisamment d'humidité en tout temps afin de prévenir l'érosion éolienne.

La disposition des stériles dans un secteur minier peut également causer des projections de poussières à l'atmosphère. Malgré qu'ils soient disposés sous forme de granules ou de roches, les stériles peuvent tout de même contenir une certaine quantité de silt qui pourra être entraîné à l'atmosphère par le vent en absence d'une couche de terre végétale ou d'une autre mesure d'atténuation. Veuillez noter que la norme sectorielle de l'Ontario n'a aucune exigence particulière par rapport à la disposition des stériles.

5.1.5 Puits d'évacuation de l'air des mines souterraines

Les émissions de poussières dans les mines souterraines découlent principalement des activités de dynamitage, de forage, de concassage, et de transport. Celles-ci sont atténuées dans la mine par une série de mesures dédiées à réduire les émissions à la source (p.ex. forage humide, entretien préventif des moteurs diesel) et optimiser la ventilation de l'air souterrain. Le système de ventilation apporte l'air frais de l'extérieur à partir des puits d'entrée vers les zones de travail puis évacue, par le fait même, les contaminants générés par les activités minières vers les puits de sortie.

La mise en place de l'ensemble de ces mesures dans les mines souterraines découle principalement des obligations réglementaires en matière de santé et sécurité des travailleurs. Dans cette optique, la norme sectorielle de l'Ontario n'impose pas de mesures supplémentaires pour le contrôle des émissions des puits d'évacuation de l'air vicié des mines souterraines. Elle mentionne seulement que toute nouvelle installation devra prendre en considération la direction

des vents dominants et la distance des points récepteurs critiques lors de la conception des puits de d'évacuation de l'air vicié à l'atmosphère.

5.1.6 Mine à ciel ouvert

Hormis le déplacement des équipements mobiles (Section 5.1.7), les émissions de poussières des mines à ciel ouvert proviennent essentiellement de deux activités, soit le forage et le dynamitage. Le forage génère des émissions de poussières à partir du puits de mines dont l'ampleur dépend de plusieurs facteurs (p.ex. vitesse de forage, diamètre du puits, densité rocheuse, disposition du puits, configuration de la foreuse). L'air pressurisé qui est injecté dans le fond du puits pour le nettoyer revient à la surface chargé de poussières.

Deux mesures d'atténuation couramment utilisées par l'industrie sont la suppression humide et l'installation d'un dispositif de captage et de dépoussiérage. Une ou l'autre de ces mesures d'atténuation doit être appliquée selon la norme sectorielle de l'Ontario.

- › Suppression humide : Injection d'eau pulvérisée au fond du puits, celle-ci absorbant les poussières générées par le forage au niveau de la mèche. L'air revenant à la surface est donc moins chargé en poussières. Le débit d'eau injecté doit être déterminé selon l'équipement de forage et la roche forée afin d'obtenir une efficacité maximale sans causer de problèmes opérationnels.
- › Dispositif de captage et de dépoussiérage : Installation d'une chambre de collecte (ou un équivalent selon le cas) au-dessus de la foreuse guidant l'air chargé de poussière du puits vers un dépoussiéreur installé à proximité (cyclone, filtre à manche ou tout autre type de filtres).

L'autre activité génératrice de poussière, le dynamitage, a comme objectif de fragmenter la roche et le gisement minier. Sans contrôle particulier, le dynamitage du matériel de surface (généralement plus érodé et donc particulaire) provoque des nuages de poussières visibles pouvant se transporter vers les communautés voisines. La distance d'impact de ces nuages est plus ou moins grande selon la disposition de la mine à ciel ouvert et les conditions météorologiques du moment.

D'ailleurs, la norme sectorielle de l'Ontario permet pour les mines à ciel ouvert dont le récepteur le plus près est situé à plus de 2 km de dynamiter le sol lors de conditions météorologiques favorables (Tableau 22). Dans cette optique, la norme interdit de faire du dynamitage si la vitesse maximale de vent prévue dépasse le seuil limite maximal alloué inscrit au Guide des meilleures pratiques préparé par l'exploitant et exigé par la norme. Il doit être démontré dans le Guide que cette vitesse de vent maximale ne causera pas de rejets de poussières au-delà de la mine à ciel ouvert. Le seuil limite est sujet à réduction en fonction de certains critères, dont la concentration de particules mesurée autour du secteur concerné.

Une deuxième mesure d'atténuation exigée pour les mines à ciel ouvert dont le récepteur le plus près est situé à moins de 2 km est d'utiliser des tapis de dynamitage recouvrant la surface dynamitée, agissant comme barrière physique contre les projections de poussières dans l'atmosphère.

5.1.7 Routage

Le routage du matériel dans les zones minières est responsable d'émissions de poussières lors du passage des véhicules. L'ampleur de ces projections sur une période donnée dépend de plusieurs facteurs pouvant être regroupés en trois catégories :

- › La disposition et conception de la route;
- › La composition du matériel à la surface de la route;
- › La gestion des déplacements.

Dans ce contexte, la norme sectorielle de l'Ontario exige une série de mesures pour les tronçons routiers considérés à risque élevé. Un tronçon à risque élevé est défini comme étant une source pouvant contribuer significativement aux émissions de poussières ou autres contaminants et pouvant mener à un impact nuisible pour les récepteurs limitrophes. La norme sectorielle ne précise pas de critères spécifiques permettant d'établir si un tronçon est à haut risque ou pas. Ceci est laissé à la discrétion de l'exploitant qui doit tout de même considérer les facteurs suivants lors de son évaluation :

- › La vitesse typique de déplacement des véhicules;
- › Le débit de circulation des véhicules et leur poids;
- › La distance entre le tronçon routier et le récepteur le plus près;
- › Le contenu en silt du tronçon routier;
- › La probabilité de plaintes par rapport aux émissions du tronçon.

Dès qu'un tronçon routier est défini comme étant à haut risque, l'exploitant doit suivre les mesures d'atténuation décrites au tableau 23 selon le type de route et le type de matériel transporté. Les tronçons de route qui ne sont pas considérés à risque élevé n'ont pas à suivre d'exigences particulières.

Tableau 18 Mesures d'atténuation – aire de stockage

Mesure d'atténuation	Descriptif	Norme sectorielle de l'Ontario ^a
Bâtiment fermé	<ul style="list-style-type: none"> › Stockage du matériel dans un silo, entrepôt, dôme fermé ou tout autre abri fermé; › Lorsque qu'un système de ventilation est requis, un système de captage des poussières doit être intégré. 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai extrait</u>: mesure non exigée › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure acceptée pour les installations existantes; mesure exigée pour les nouvelles installations › <u>Concentré de minerai</u> : mesure exigée
Bâtiment partiellement fermé	<ul style="list-style-type: none"> › Stockage du matériel sous une structure comportant trois murs et un toit (p.ex. demi-dôme). 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai extrait</u>: mesure non exigée › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure acceptée pour les installations existantes; non acceptée pour les nouvelles installations › <u>Concentré de minerai</u> : mesure non acceptée
Humectage des surfaces	<ul style="list-style-type: none"> › Humectage des surfaces avec de l'eau ou un agent liant la poussière à l'aide d'un système d'arrosage adapté (ex. gicleurs rotatifs); › Maintien d'un registre des périodes d'arrosage incluant les quantités d'eau utilisées par secteur; › Contrôle et vérification du niveau d'humidité dans le matériel (<i>optionnel</i>); › Implémentation d'un programme de suivi des conditions météorologiques sur le site permettant de circonscrire les périodes d'arrosage (<i>optionnel</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai extrait</u>: mesure exigée (en combinaison avec une ou deux mesures de mitigation de l'impact du vent) ^{b, c} › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure acceptée (en combinaison avec une mesure de mitigation de l'impact du vent) pour les installations existantes, seulement si le récepteur le plus près est à plus de 1 km ^{b, c}; non acceptée pour les nouvelles installations › <u>Concentré de minerai</u> : mesure non acceptée
Brise-vent	<ul style="list-style-type: none"> › Érection d'un dispositif perturbant l'impact du vent sur l'aire de stockage, incluant les talus naturels et artificiels, la présence ou plantation d'arbres en amont des vents dominants, et l'installation de clôtures. 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai extrait</u>: mesure de mitigation de l'impact du vent pouvant être appliquée en combinaison avec l'humectage des surfaces › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure de mitigation de l'impact du vent pouvant être appliquée en combinaison avec l'humectage des surfaces si le récepteur le plus près est à plus de 1 km › <u>Concentré de minerai</u> : mesure non acceptée
Pare-vent	<ul style="list-style-type: none"> › Érection d'un pare-vent comportant trois murs autour de l'aire de stockage; › La hauteur maximale du matériel stocké doit être inférieure à la hauteur des murs. 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai extrait</u>: mesure de mitigation de l'impact du vent pouvant être appliquée en combinaison avec l'humectage des surfaces › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure de mitigation de l'impact du vent pouvant être appliquée en combinaison avec l'humectage des surfaces si le récepteur le plus près est à plus de 1 km › <u>Concentré de minerai</u> : mesure non acceptée

Mesure d'atténuation	Descriptif	Norme sectorielle de l'Ontario ^a
Optimisation de l'aire de stockage et des travaux afférents	<ul style="list-style-type: none"> › Gestion de l'aire de stockage afin que l'axe longitudinale des piles soit parallèle à la direction du vent dominant du secteur; › Limitation du nombre de piles permettant de réduire le ratio surface érodable / volume de matériel (optionnel); › Minimiser la perturbation des surfaces (optionnel). 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai extrait</u>: mesure de mitigation de l'impact du vent pouvant être appliquée en combinaison avec l'humectage des surfaces › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure de mitigation de l'impact du vent pouvant être appliquée en combinaison avec l'humectage des surfaces si le récepteur le plus près est à plus de 1 km › <u>Concentré de minerai</u> : non acceptée
Autre méthode de mitigation de l'impact du vent	<ul style="list-style-type: none"> › Toute autre méthode permettant de réduire les émissions de poussière moyennant l'acceptation des autorités compétentes. › Un exemple est le recouvrement des surfaces à l'aide de bâches. 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai extrait</u>: mesure de mitigation de l'impact du vent pouvant être appliquée en combinaison avec l'humectage des surfaces › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure de mitigation de l'impact du vent pouvant être appliquée en combinaison avec l'humectage des surfaces si le récepteur le plus près est à plus de 1 km › <u>Concentré de minerai</u> : mesure non acceptée

a Exigences de la norme ne tenant pas compte des différents délais alloués pour l'application de certains articles.
 b La norme sectorielle n'exige pas l'installation d'un dispositif d'arrosage en particulier. Par contre, elle demande à ce que le matériel soit suffisamment humide pour prévenir les rejets de poussière.
 c La norme n'exige pas l'instauration d'une mesure de mitigation de l'impact du vent si du matériel à faible teneur est stocké dans une mine à ciel ouvert.

Tableau 19 Mesures d'atténuation – manutention du matériel minier

Activité	Mesure d'atténuation	Descriptif	Norme sectorielle de l'Ontario ^a
Points de transfert Chargement d'un véhicule ou wagon Note : Le MOECC exige qu'au moins une de ces mesures soit mise en œuvre.	Bâtiment fermé et dépoussiéreur	<ul style="list-style-type: none"> › Chargement du véhicule ou wagon dans un bâtiment fermé (entrepôt, dôme ou autre); › Un filtre à manche ou un épurateur humide est installé afin de capter les poussières (exigé pour le concentré de minerai mais pas pour le minerai broyé et tamisé). 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure acceptée pour les nouvelles installations ainsi que les installations existantes dont le récepteur le plus près est à moins de 1 km (autrement non requis) › <u>Concentré de minerai</u> : mesure acceptée
	Système de captage et dépoussiéreur	<ul style="list-style-type: none"> › Aspiration et captation des poussières autour de l'aire de chargement par un filtre à manche ou un épurateur humide. 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure acceptée pour les nouvelles installations ainsi que les installations existantes dont le récepteur le plus près est à moins de 1 km (autrement non requis) › <u>Concentré de minerai</u> : mesure non acceptée
	Rideau de contrôle des projections de poussières	<ul style="list-style-type: none"> › Installation d'un rideau entourant l'aire de chute du matériel; › Applicable lorsque le chargement se fait à l'extérieur d'un bâtiment. 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure acceptée pour les nouvelles installations ainsi que les installations existantes dont le récepteur le plus près est à moins de 1 km (autrement non requis) › <u>Concentré de minerai</u> : mesure acceptée
	Arrosage du matériel	<ul style="list-style-type: none"> › Installation d'un dispositif d'arrosage d'eau humectant le matériel suffisamment pour prévenir les émissions de poussières. ^b 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure acceptée pour les nouvelles installations ainsi que les installations existantes dont le récepteur le plus près est à moins de 1 km (autrement non requis) › <u>Concentré de minerai</u> : mesure non acceptée
Transfert par convoyeur	Bâtiment fermé	<ul style="list-style-type: none"> › Transfert du matériel sur un convoyeur dans un bâtiment fermé (entrepôt, dôme ou autre). 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure acceptée › <u>Concentré de minerai</u> : mesure acceptée
	Protection latérale	<ul style="list-style-type: none"> › Le convoyeur est muni d'un couvercle ou d'un rideau atténuant la projection de poussières. 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure acceptée › <u>Concentré de minerai</u> : mesure acceptée
	Arrosage du matériel	<ul style="list-style-type: none"> › Installation d'un dispositif d'arrosage d'eau humectant le matériel suffisamment pour prévenir les émissions de poussières; ^b › L'arrosage n'est pas requis par temps froid afin de prévenir les problèmes de gel. 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure acceptée pour les installations existantes seulement et dont le récepteur le plus près est à plus de 1 km › <u>Concentré de minerai</u> : mesure non acceptée

Activité	Mesure d'atténuation	Descriptif	Norme sectorielle de l'Ontario ^a
	Arrosage contrôlé du matériel	<ul style="list-style-type: none"> › Installation d'un dispositif d'arrosage d'eau à débit ajustable opéré en combinaison avec un convoyeur à vitesse variable permettant d'optimiser l'ajout d'eau selon les conditions. › L'arrosage n'est pas requis par temps froid afin de prévenir les problèmes de gel. 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure acceptée pour toute installation dont le récepteur le plus près est à plus de 1 km › <u>Concentré de minerai</u> : mesure non acceptée
Concassage et tamisage	Bâtiment fermé et dépoussiéreur	<ul style="list-style-type: none"> › Les activités de concassage et de tamisage sont réalisés à l'intérieur d'un bâtiment fermé; › Un filtre à manche est installé afin de capter les poussières. 	› <u>Minerai extrait et résidu minier</u> ^c : mesure exigée dans le cas où la vitesse de vent maximum du secteur est plus élevée que le seuil limite approuvé ^d
	Dépoussiéreur	› Un filtre à manche est installé afin de capter les poussières générées par le concassage et le tamisage, lorsque ceux-ci sont effectués à l'extérieur.	› <u>Minerai extrait et résidu minier</u> ^c : mesure acceptée dans le cas où la vitesse de vent maximum du secteur est plus faible que le seuil limite approuvé ^d
	Pare-vent	› Érection d'un dispositif naturel (talus, arbres) ou artificiel (clôture, mur) perturbant l'impact du vent autour de l'unité de concassage et/ou de tamisage.	› <u>Minerai extrait et résidu minier</u> ^c : mesure acceptée dans le cas où la vitesse de vent maximum du secteur est plus faible que le seuil limite approuvé ^d
	Arrosage du matériel	<ul style="list-style-type: none"> › Installation d'un dispositif d'arrosage d'eau humectant le minerai extrait ou le résidu minier; › L'arrosage n'est pas requis par temps froid afin de prévenir les problèmes de gel. 	› <u>Minerai extrait et résidu minier</u> ^c : mesure acceptée pour les installations existantes seulement dans le cas où la vitesse de vent maximum du secteur est plus faible que le seuil limite approuvé ^d

Activité	Mesure d'atténuation	Descriptif	Norme sectorielle de l'Ontario ^a
Autres activités de manutention à l'extérieur	Bâtiment fermé	<ul style="list-style-type: none"> › Le pare-vent ou l'arrosage du matériel ne s'appliquent pas si les activités de manutention sont réalisées à l'intérieur d'un bâtiment fermé. 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai extrait</u> : mesure acceptée › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure acceptée › <u>Concentré de minerai</u> : mesure acceptée
	Pare-vent	<ul style="list-style-type: none"> › Érection d'un dispositif naturel (talus, arbres) ou artificiel (clôture, mur) perturbant l'impact du vent autour de la zone de manutention; › Le pare-vent doit être érigé en fonction de la position des récepteurs sensibles. 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai extrait</u> : mesure non exigée › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure acceptée si le récepteur le plus près est à moins de 1 km › <u>Concentré de minerai</u> : mesure acceptée seulement si la vitesse de vent maximum du secteur est plus élevée que le seuil limite approuvé ^d et que le récepteur le plus près est à moins de 1 km
	Arrosage du matériel	<ul style="list-style-type: none"> › Installation d'un dispositif d'arrosage d'eau humectant le matériel manipulé; › L'arrosage n'est pas requis par temps froid afin de prévenir les problèmes de gel. 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Minerai extrait</u> : mesure acceptée seulement si la vitesse de vent maximum du secteur est plus élevée que la vitesse de vent de référence ^d › <u>Minerai broyé et tamisé</u> : mesure acceptée seulement si la vitesse de vent maximum du secteur est plus élevée que la vitesse de vent de référence ^d pour les cas où le récepteur le plus près est à plus de 1 km › <u>Concentré de minerai</u> : mesure non acceptée
<p>a. Exigences de la norme ne tenant pas compte des différents délais alloués pour l'application de certains articles.</p> <p>b. La norme sectorielle n'exige pas l'installation d'un dispositif d'arrosage en particulier. Par contre, elle demande à ce que le matériel soit suffisamment humide pour prévenir les rejets de poussière.</p> <p>c. Le concassage et tamisage du résidu minier utilisé comme remblai est concerné par cette section.</p> <p>d. La vitesse de vent de référence pour le secteur est un paramètre qui doit être établi dans le Guide des meilleures pratiques préparé par l'exploitant et exigé par la norme. Comme critère, il doit être justifié que la vitesse de vent de référence ne causera pas de rejets visibles de poussières au-delà du secteur d'activité.</p>			

Tableau 20 Mesures d'atténuation – unité de traitement de minerai

Mesure d'atténuation	Descriptif	Norme sectorielle de l'Ontario ^a
Bâtiment fermé et dépoussiéreur	<ul style="list-style-type: none"> › Opération à l'intérieur d'un bâtiment fermé (entrepôt, dôme ou autre); › Un filtre à manche ou un épurateur humide est installé afin de capter les poussières générées par les unités de concassage, tamisage et séchage. 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Tamisage et concassage</u> : mesure exigée pour les nouvelles installations et les installations existantes dont le récepteur le plus près est à moins de 1 km › <u>Broyage</u> : mesure exigée pour le broyage par voie sèche seulement; seul un bâtiment fermé est requis pour le broyage par voie humide › <u>Enrichissement du minerai</u> : mesure exigée pour les procédés de filtration, d'épaississement et de séchage (unité existante seulement). Le dépoussiéreur est exigé pour les séchoirs seulement.
Bâtiment fermé et système de ventilation	<ul style="list-style-type: none"> › Opération à l'intérieur d'un bâtiment fermé (entrepôt, dôme ou autre) relié à un système de ventilation local vers l'extérieur. 	<ul style="list-style-type: none"> › <u>Tamisage et concassage</u> : mesure acceptée pour les installations existantes dont le récepteur le plus près est à plus de 1 km › <u>Broyage</u> : mesure non acceptée › <u>Enrichissement du minerai</u> : mesure non acceptée
<p>a. Exigences de la norme ne tenant pas compte des différents délais alloués pour l'application de certains articles.</p>		

Tableau 21 Mesures d'atténuation – disposition des résidus miniers

Mode de disposition	Mesure d'atténuation	Descriptif	Norme sectorielle de l'Ontario ^a
Parc de résidus	Bassin de sédimentation	› Submersion des résidus miniers dans des bassins aménagés à cet effet.	› Mesure acceptée
	Recouvrement de la surface	› Recouvrement de la surface du parc de résidus d'un matériel permettant de limiter l'érosion éolienne : › revégétalisation, l'épandage de paillis, liant chimique, biosolides (compost, terre végétale) ou lait de chaux, ou recouvrement par des bâches.	› Mesure acceptée › Mesure non exigée si le parc de résidus est déjà recouvert de neige ou de glace
	Épandage d'un liant chimique	› Épandage d'un liant chimique (p.ex. émulsion de bitume) au moins une fois par année entre le 1er août et 1er novembre, à moins que les résidus ne soient submergés, revégétalisés ou recouverts d'une bâche.	› Mesure acceptée › Peut être appliquée avec ou sans le mouillage de la surface ou l'épandage de paille
Site de remblai	Pare-vent	› Érection d'un pare-vent comportant au moins trois murs ou talus autour du site de remblai; › La hauteur maximale du remblai doit être inférieure à la hauteur des murs ou du talus; › La surface doit être suffisamment humide pour prévenir les émissions de poussières. ^b	› Mesure exigée

a. Exigences de la norme ne tenant pas compte des différents délais alloués pour l'application de certains articles.
 b. La norme sectorielle n'exige pas l'installation d'un dispositif d'arrosage en particulier. Par contre, elle demande à ce que le matériel soit suffisamment humide pour prévenir les rejets de poussière.

Tableau 22 Mesures d'atténuation – mine à ciel ouvert

Activité	Mesure d'atténuation	Descriptif	Norme sectorielle de l'Ontario ^a
Dynamitage	Tapis de dynamitage et limitation de la surface de dynamitage	<ul style="list-style-type: none"> › Recouvrement de la surface par un tapis de dynamitage (pare-éclats) adapté; › Limitation de la surface dynamitée dans l'ordre du possible. 	<ul style="list-style-type: none"> › Mesure exigée si la mine à ciel ouvert est située à moins de 2 km du récepteur le plus près › Mesure acceptée si la mine à ciel ouvert est située à plus de 2 km du récepteur le plus près (limitation de la surface de dynamitage n'est toutefois pas exigée)
	Planification selon les prévisions météorologiques	<ul style="list-style-type: none"> › Dynamitage réalisé seulement lorsque les prévisions météorologiques indiquent que la vitesse de vent maximum prévue sera inférieure au seuil limite maximum alloué dans le Guide des meilleures pratiques préparé par l'exploitant et exigé par la norme. 	<ul style="list-style-type: none"> › Mesure acceptée seulement si la mine à ciel ouvert est située à plus de 2 km du récepteur le plus près
Forage	Suppression humide	<ul style="list-style-type: none"> › Introduction d'un jet d'eau pulvérisée dans le fond du puits absorbant les poussières directement dans le puits avant leur évacuation. 	<ul style="list-style-type: none"> › Mesure acceptée
	Dispositif de collecte et de dépoussiérage	<ul style="list-style-type: none"> › Installation d'une chambre semi-hermétique au-dessus de la foreuse afin de collecter l'air revenant à la surface; › L'air collecté est dirigé vers un système de dépoussiérage (filtre à manche ou cyclone / multi-cyclone). 	<ul style="list-style-type: none"> › Mesure acceptée
<p>a. Exigences de la norme ne tenant pas compte des différents délais alloués pour l'application de certains articles.</p>			

Tableau 23 Mesures d'atténuations – routage

Source	Mesure d'atténuation	Descriptif	Norme sectorielle de l'Ontario ^a
Routage	Signalisation adéquate	<ul style="list-style-type: none"> › Identification (et respect) de la vitesse maximale acceptée sur des panneaux; › Un numéro de téléphone vers le responsable de la mine en lien aux émissions de routes est requis. 	<ul style="list-style-type: none"> › Mesure exigée pour les tronçons de route à haut risque
	Asphaltage	<ul style="list-style-type: none"> › Revêtement de la route d'une couche d'asphalte ou de béton. 	<ul style="list-style-type: none"> › Mesure exigée seulement lors de la construction d'un nouveau tronçon de route à haut risque dont le récepteur le plus près est situé à moins de 1 km et qui ne sera pas utilisé souvent par des véhicules hors dimension
	Nettoyage des routes pavées	<ul style="list-style-type: none"> › Nettoyage de la route avec un camion aspirateur ou un camion laveur à une fréquence égale ou supérieure au minimum établi dans le Guide des meilleures pratiques de l'exploitant et exigé par la norme. 	<ul style="list-style-type: none"> › Mesure exigée pour les tronçons de route pavée à haut risque
	Gestion des routes non pavés	<ul style="list-style-type: none"> › Épandage d'eau ou d'un dépoussiérant chimique à une fréquence égale ou supérieure au minimum établi dans le Guide des meilleures pratiques de l'exploitant et exigé par la norme. › Compactage et nivelage d'un agrégat sur la route à une fréquence également établie par le Guide. 	<ul style="list-style-type: none"> › Mesure exigée pour les tronçons de route non pavée à haut risque
Véhicules	Vitesse de déplacement	<ul style="list-style-type: none"> › Les véhicules ne doivent pas se déplacer au-delà de la limite permise par la signalisation. 	<ul style="list-style-type: none"> › Mesure exigée pour les tronçons de route à haut risque
	Recouvrement du matériel transporté	<ul style="list-style-type: none"> › Le matériel transporté par le véhicule doit être couvert lors du transport (p.ex. bâche amovible). 	<ul style="list-style-type: none"> › Mesure exigée pour le transport du concentré de minerai seulement sur les tronçons de route à haut risque › Ne s'applique pas aux chargeurs frontaux
	Humectage	<ul style="list-style-type: none"> › Le matériel transporté doit être suffisamment humide pour prévenir les rejets de poussière. 	<ul style="list-style-type: none"> › Mesure exigée pour le transport du minerai broyé et tamisé ou du résidu minier seulement sur les tronçons de route à haut risque › Ne s'applique pas aux chargeurs frontaux
	Sous-remplissage	<ul style="list-style-type: none"> › Le matériel ne doit pas dépasser le niveau supérieur de la benne du véhicule. 	<ul style="list-style-type: none"> › Mesure exigée sur les tronçons de route à haut risque › Ne s'applique pas aux chargeurs frontaux
<p>a. Exigences de la norme ne tenant pas compte des différents délais alloués pour l'application de certains articles.</p>			

5.2 Manutention du vrac

Durant le chargement de matériel en vrac, de la poussière contenue dans le matériel peut être libérée dans l'air ambiant lorsque le matériel est transféré dans un contenant (camion, wagon, barge ou navire). L'air chargé de poussières expose les travailleurs aux poussières respirables et crée des problèmes de nuisances. Les facteurs influençant le niveau de libération de poussières sont les suivants :

- › Le type de matériel et sa granulométrie;
- › Le contenu en humidité du matériel;
- › Le taux et le volume de chargement;
- › La hauteur de chute du matériel;
- › Les facteurs environnementaux tels le vent et la pluie;
- › Les caractéristiques physiques du contenant recevant le matériel.

L'institut national pour la sécurité et la santé au travail américain a publié en 2012 un manuel pour le contrôle de la poussière dans le domaine de l'extraction et du traitement des minéraux industriels (NIOSH, 2012). Ce manuel mentionne trois technologies mises en œuvre par l'industrie pour le contrôle des poussières liées au chargement du vrac:

- › Trémie de suppression de poussière (Dust Suppression Hopper);
- › Becs de chargement rétractables (ou télescopiques);
- › Enceinte fermée reliée à un dépoussiéreur.

La trémie de suppression de poussière, une technologie à ce jour non utilisée au Québec et qui n'apparaît pas dans les MTD ontariennes ou européennes, est un moyen efficace et peu coûteux de réduire la projection de poussière associée à la manutention du vrac (Figure 22).

Cette technologie est utilisée partout dans le monde pour la manutention en vrac de divers produits poussiéreux tels les produits alimentaires (sel, sucre), les fertilisants (chaux, dolomie, phosphate, soufre, urée, potasse, etc.), le grain (orge, maïs, soya, riz, blé, etc.), les minéraux (kaolin, calcaire, sable, sel de déglacage, silice, magnésite, carbonate de sodium, etc.) et les granules de bois. L'utilisation de cette technologie pourrait s'avérer efficace pour l'industrie du nickel et potentiellement remplacer certaines des mesures d'atténuation prescrites par la norme sectorielle ontarienne.

Son fonctionnement se fait de la façon suivante. La trémie de suppression de poussière est installée au point de décharge du matériel et est conçue pour que le débit de matériel coule vers le contenant comme une colonne solide de matériel avec une surface d'exposition réduite, ce qui minimise l'entraînement de poussières dans l'air ambiant. La trémie est équipée d'un bouchon central dans sa partie inférieure qui empêche l'écoulement du matériel tant qu'une quantité prédéfinie de matériel contrôlée par un ressort ou un PLC (système de contrôle programmable) ne s'est pas accumulée dans la trémie. Le poids du matériel finit par forcer l'ouverture entre le bouchon et la trémie, ce qui permet l'écoulement du matériel. La charge exercée par le matériel dans la trémie fait en sorte que l'écoulement du matériel ressemble à une colonne solide plutôt qu'à un écoulement de matériel non consolidé en chute libre (Figure 22). Les hauteurs de chargement peuvent atteindre plus de 20 m sans entraînement notable de poussières.

Figure 22 Trémie de suppression de poussière



Source : <https://dshsystems.com/the-dsh-difference/>

5.3 Recouvrement cellulosique des piles de minerai

La compagnie hollandaise Den Bakker Dustcrusting Technology B.V. (dbd) a développé la technologie Dustcruster® pour éliminer les émissions de poussières des grandes piles de minerai de fer, charbon, coke, coke de pétrole et autres produits similaires. Le produit consiste en un mélange sélectif de plusieurs types de fibres cellulósiques pressées en granules et livrées en big bags de 800 kg. Les granules sont dissoutes sur place dans de l'eau (ratio 1 kg pour 4 l d'eau) dans un réservoir de mélange. Le liquide est ensuite pulvérisé sur les piles à un taux de 2 à 3 l/m² soit par des camions avec des lances de pulvérisation (Figure 23), soit par des systèmes d'arrosage automatique. Le produit pulvérisé forme une croûte blanche biodégradable facile à repérer, du moins par rapport aux endroits non pulvérisés. La croûte du recouvrement cellulosique est dure et ne casse pas sous l'effet du vent, et offre une grande résistance à la pluie et aux gicleurs d'eau. La durée du recouvrement est supérieure à un mois après son application.

Vale (Oman) utilise ce produit pour ses énormes piles de minerais de fer depuis 2017. La température ambiante atteint 50 °C en été au Sultanat d'Oman. Pour réduire l'érosion éolienne des piles par grand vent et la dispersion de poussières noires autour de son usine, Vale arrosait abondamment les piles avec de l'eau recyclée. L'efficacité de la mesure était faible, en raison de l'assèchement rapide des piles exposées à la chaleur. De plus, l'eau entraînait des particules vers les systèmes de traitement des eaux. Vale estime que les bénéfices de cette application sont appréciables en termes de contrôle et réduction des poussières et de réduction des charges de matières en suspension dirigées aux systèmes de traitement des eaux.

Figure 23 Recouvrement cellulosique de piles de minerais



Source : sites web de dbd ; Vale Sustainability report 2017 (Oman)

5.4 Meilleures techniques disponibles - métallurgie du nickel

L'extraction du nickel de la matière première sur le site d'un complexe métallurgique a le potentiel de générer des émissions de poussières de nickel. Plusieurs activités peuvent prendre place lors la transformation du minerai en matte, ferronickel, oxyde de nickel ou tout autre produit à base de nickel. Celles-ci peuvent être classifiées comme suit :

- › Activités de manutention, stockage et transfert;
- › Activités de prétraitement;
- › Procédés de transformation pyrométallurgique;
- › Procédés de transformation hydrométallurgique.

La Commission européenne (IPPC) a publié en 2017 la dernière version de son document relativement aux meilleures techniques applicables pour les industries de métaux non-ferreux dont le nickel fait partie.⁶ Ce document agit comme référence à la Décision d'exécution 2016/1032 de la Commission européenne (la Directive) établissant les conclusions sur les meilleures techniques disponibles (MTD) pour ces industries. Les MTD en matière de gestion énergétique et environnementale, qui incluent les mesures d'atténuation des émissions de poussières, y sont recommandées. Selon la Directive, les MTD doivent servir de référence pour l'établissement des conditions d'autorisation des installations concernées ainsi que des valeurs limites d'émission par les autorités compétentes.

En date de juin 2018, aucun complexe métallurgique primaire n'existe au Québec traitant et produisant des matériaux à base de nickel. Les MTD de la Directive et du document de référence de l'IPPC applicables aux rejets atmosphériques de poussières et de nickel pour l'industrie du nickel seulement sont donc présentées ci-dessous à titre indicatif. Celles-ci doivent normalement être considérées lors du développement et mise en œuvre du système de gestion environnementale de l'installation requis par la Directive (Tableau 23).

5.4.1 Activités de manutention, stockage et transfert

À l'instar des mines, les complexes métallurgiques devraient poursuivre l'application de pratiques et mesures d'atténuations similaires en matière de confinement et d'extraction des émissions de poussières diffuses lors du la manutention, du stockage ou du transfert des matières premières (ex. concentré de minerai), des produits intermédiaires (ex. mattes), et des résidus de procédés (ex. laitier de fourneau). Ainsi, une majorité des mesures d'atténuation identifiées pour la norme sectorielle ontarienne (sections 5.1.1 et 5.1.2) sont également recommandées comme MTD par la Directive et l'IPPC. L'applicabilité de ces MTD (Tableau 23) dépend toutefois des intrants, des extrants et des exigences des procédés en place.

5.4.2 Activités de prétraitement

Le concentré ou toute autre matière première de nickel nécessite normalement un prétraitement avant d'être transformé en produit intermédiaire à base de nickel. L'objectif du prétraitement est de modifier la matière première pour qu'elle ait une forme et/ou un contenu adapté au procédé métallurgique en place permettant d'optimiser le rendement, d'éviter certains problèmes opérationnels et de restreindre la génération de pollution. Selon le cas, le prétraitement peut

⁶ European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Best Available Techniques (BAT) Reference Documents for the Non-Ferrous Metals Industries, 2017.

impliquer l'ajout d'agents chimiques (réducteur, fondant ou autre) ainsi qu'une ou plusieurs activités de préparation et d'enrichissement du minerai incluant potentiellement :

- › le broyage (et tamisage si requis);
- › le séchage;
- › le mélangeage;
- › le briquetage ou bouletage;
- › la calcination ou frittage;
- › le récurage ou dégraissage;
- › l'incinération ou pyrolyse (pour les matières secondaires).

Les MTD notées dans la Directive se limitent principalement à l'installation d'un dispositif de confinement relié à un filtre à manche pour certaines activités de prétraitement lors de la production de ferroalliage (ferronickel; voir Tableau 23). Lorsqu'applicable et réalisable, le document de référence de l'IPPC évoque également de procéder au prétraitement en milieu humide pour les activités applicables (broyage, mélangeage) ou en imprégnant la matière avec un agent liant (mélangeage, bouletage, briquetage). Ces mesures d'atténuation ne sont toutefois pas considérées comme des MTD par la Commission européenne.

5.4.3 Procédés de transformation pyrométallurgique

Dans le cas présent, la pyrométallurgie est employée principalement pour la production de ferronickel ou de matte, un produit intermédiaire sulfuré. En exemple, la production de ferronickel implique tout d'abord l'utilisation d'un four rotatif électrique dans lequel le minerai est pré-réduit en ferronickel brut (nickel + oxydes de fer) en présence d'un combustible réducteur (charbon, coke ou autre). La réduction du ferronickel brut est complétée dans un four à arc immergé suivi, lorsque requis, d'une étape d'affinage dans un convertisseur ou un four à poche afin d'enlever les impuretés tels que le soufre, le silice et le phosphore.

La fusion du minerai et les procédés d'affinage génèrent des émissions de poussières fines et de nickel. La Directive (MTD 171) recommande ainsi d'installer un filtre à manches ou un électrofiltre associé à un filtre à manches traitant les fumées des activités pyrométallurgiques, incluant le chargement du four, la fusion, la conversion, l'affinage thermique et la production de poudre et de briquettes de nickel. Avec ces systèmes en place, des émissions de poussières d'au plus de 2–5 mg/Nm³ en moyenne sont attendues en lien à la transformation de minerais sulfurés. Les autres MTD de la Directive relativement aux systèmes de chargement des fours, de captation et traitement des fumées, de soutirage et coulée du métal sont listés au tableau 23.

5.4.4 Procédés de transformation hydrométallurgique

La transformation du minerai ou du matte en produit de nickel peut comporter, selon le type de minerai et la méthode adoptée, des procédés dits hydrométallurgiques qui peuvent ou non être utilisés en combinaison avec un procédé pyrométallurgique. Les procédés hydrométallurgiques déployés dans le domaine du nickel et pouvant être utilisés en combinaison un de l'autre, sont les suivants :

- › Lixiviation atmosphérique ou sous pression dans une solution à base de chlorures, de sulfates ou d'ammoniacale sous un couvert gazeux d'oxygène ou de chlore comme oxydant;
- › Extraction électrolytique du nickel dissous dans une solution à base de sulfates;
- › Extraction électrolytique du nickel dissous dans une solution à base de chlorures;

- › Affinage par extraction aux solvants;
- › Réduction à l'hydrogène d'une solution de nickel.

Malgré qu'ils soient exploités en milieu humide, ces procédés ont tout de même le potentiel de générer des émissions de nickel compte tenu de la formation de brouillard causé par le mélangeage, la mise en température des solutions et les réactions chimiques. Ainsi, les MTD de la Directive se concentrent soit à isoler la source d'émissions (cuve fermée, etc.), à utiliser des dispositifs limitant la génération de brouillards (mélangeur adapté, couvert de mousse, etc.) ou à installer un dispositif de captation et d'antipollution (Tableau 24).

Tableau 24 MTD de la Directive européenne relatives à l'atténuation des émissions de poussières et de nickel

Activité	Descriptif ^a
Gestion environnementale	<ul style="list-style-type: none"> › Mettre en place et appliquer un système de gestion environnemental (MTD 1); › Implanter un système de commande des procédés ainsi que des techniques garantissant le déroulement stable des procédés et permettant d'améliorer la performance environnementale globale (MTD 3); › Mettre en œuvre un système de gestion de la maintenance axé en particulier sur les performances des systèmes antipollution (MTD 4); › Dans l'ordre du possible, collecter les émissions diffuses de poussière au plus près de la source et à les traiter (MTD 5); › Établir et mettre en œuvre un plan d'action spécifique, prévoyant le recensement des principales sources d'émissions diffuses de poussières, et le déploiement de mesures et techniques appropriées pour éviter ou réduire les émissions diffuses sur une période déterminée (MTD 6); › Suivi en continu (ou 1 fois par année selon la source) des émissions de poussières et une fois par année pour les émissions de nickel pour certaines sources (MTD 10).
Manutention, stockage et transfert	<ul style="list-style-type: none"> › Arrosage du matériel suffisamment pour prévenir la formation de poussière; non applicable dans des conditions hivernales ou lorsque le matériel doit demeurer sec vs. les besoins du procédé (MTD 8); › Stockage de la matière pulvérulente dans des bâtiments ou en silos/trémies fermés incluant la collecte et le traitement des émissions au moyen d'un système antipollution (MTD 7); › Stockage à couvert de la matière non pulvérulente et des matières secondaires contenant des composés organiques hydrosolubles (MTD 7); › Stockage en travées couvertes des matières ayant été granulées ou agglomérées (MTD 7); › Si applicable à la matière stockée, utilisation de vaporisateurs d'eau et de brumisateurs avec ou sans additifs tels que le latex pour les matières pulvérulentes (MTD 7); › Gestion de l'aire de stockage afin que l'axe longitudinale des piles soit parallèle à la direction du vent dominant en cas de stockage en plein air (MTD 7); › Érection d'un brise-vent (talus, clôture, plantations) afin de diminuer la vitesse du vent en cas de stockage en plein air (MTD 7); › Limitation du nombre de piles afin de réduire le ratio surface érodable / volume de matériel (MTD 7); › Nettoyage régulier de la zone d'entreposage et humidification à l'eau si requis (MTD 7); › Utilisation de convoyeurs ou de systèmes pneumatiques fermés pour le transfert de la matière pulvérulente, combinés à des systèmes d'extraction et de filtration des émissions de poussières aux différents points de transfert et de décharge (MTD 8);

Activité	Descriptif ^a
Manutention, stockage et transfert	<ul style="list-style-type: none"> › Convoyeurs capotés pour la manutention des matières non pulvérulentes (MTD 8); › Limitation de la vitesse de déplacement des convoyeurs à bande ouverte (< 3.5 m/s) (MTD 8); › Transfert du matériel fin dans des conteneurs adaptés pour la manutention des matières agglomérées (MTD 8); › Optimisation / rationalisation des activités de transfert de matériel sur le site (réduction au minimum des distances de transport) afin de minimiser les rejets de poussières (MTD 8); › Réduction de la hauteur de chute des bandes transporteuses, des pelles et bennes mécaniques (MTD 8); › Réduction de la vitesse de descente ou de la hauteur de chute libre des matières (MTD 8); › Lavage des véhicules délivrant ou manipulant les matières pulvérulentes (MTD 8); › Campagne de balayage des routes et aires de manutention (MTD 8); › Mise en place de dispositifs d'extraction des poussières aux points de transfert et de déchargement des matières pulvérulentes (MTD 7).
Activités de prétraitement	<ul style="list-style-type: none"> › Utiliser un filtre à manche en lien aux procédés de broyage, briquetage, boulettage, frittage, dosage, brassage, mélangeage et dégraissage (MTD 154 et 155). Pour la plupart des cas, les poussières collectées sont recyclées; › Utiliser un filtre à manches ou un électrofiltre associé à un filtre à manches lors du séchage du minerai (MTD 171); › Utiliser un électrofiltre pour le traitement des émissions de séchage (IPPC); › Lorsque le procédé le permet, réaliser l'activité de prétraitement avec un matériel humide ou en milieu humide (IPPC); › Lorsque le procédé le permet, ajouter un agent liant ou de revêtement sur le matériel permettant de restreindre la projection de poussières. L'agent liant doit être adapté au matériel (p.ex. mélasse et chaux, ciment, brai de goudron) (IPPC).
Pyrométallurgie	<ul style="list-style-type: none"> › Effectuer un prétraitement thermique ou mécanique des matières premières secondaires afin de réduire la contamination organique de la charge enfournée (MTD9); › À moins de contraintes spécifiques, utiliser un four fermé doté d'un système de captage et de dépoussiérage approprié, pouvant également capter les poussières lors du transfert de matières pulvérulentes (MTD 9); › À moins de contraintes spécifiques, utiliser une hotte secondaire pour le chargement du four et la coulée (MTD 9); › Optimiser la conception et le fonctionnement des hottes et canalisations pour le captage des fumées dégagées au point de chargement du four ainsi que lors de la coulée du métal chaud, de matte ou de scories, et lors de leurs transferts en goulottes couvertes (MTD 9); › Optimiser le débit des effluents gazeux du four à l'aide d'études informatisées (MTD9); › Utiliser des systèmes de chargement permettant l'ajout des matières premières par petites quantités pour les fours semi-fermés (MTD 9); › Utiliser un système de hotte associé au soutirage et à la coulée d'un ferroalliage (MTD 153); › Utiliser un filtre à manche pour le traitement des fumées lors du soutirage, la coulée et le conditionnement (MTD 154) en lien à la production de ferroalliage; › Utiliser un filtre à manche pour le traitement des fumées des fours à arc immergés ouverts, semi-fermés et fermés (MTD 156/157) en lien à la production de ferroalliage; › Utiliser un épurateur humide avec électrofiltre pour le traitement des fumées des fours à arc immergés fermés si le filtre à manche n'est pas considéré (MTD 157); › Utiliser des convoyeurs fermés lors du chargement des fours (MTD 164); › Utiliser des goulottes couvertes et capotées reliées à un système antipollution lors de la fusion (MTD 165); › Réaliser les opérations en pression négative et utiliser des hottes d'aspiration reliées à un système antipollution pour les procédés de conversion (MTD 166).

Activité	Descriptif ^a
Hydrométallurgie	<ul style="list-style-type: none"> › Réaliser la lixiviation du minerai dans des réacteurs et décanteurs scellés ou fermés (ou autoclaves sous pression) en utilisant de l'oxygène ou du chlore au lieu de l'air (MTD 167); › Réaliser l'affinage par extraction aux solvants à l'aide d'un mélangeur à faible taux de cisaillement ou à taux de cisaillement élevé pour le mélange solvant / solution aqueuse; et/ou utiliser un dispositif de couverture pour le mélangeur et le séparateur; et/ou utiliser des réservoirs totalement étanches liés à un système antipollution (MTD168); › Lors de l'extraction électrolytique à base de sulfates, utiliser des agents moussants pour recouvrir les cuves d'électrolyse d'une couche stable de mousse permettant de minimiser les émissions de gaz anodique contenant du nickel et un brouillard acide (MTD 169); › Lors de l'extraction électrolytique à base de chlorures, utiliser des billes de polystyrène pour couvrir les cuves d'électrolyse afin de prévenir l'entraînement d'un brouillard acide contenant du nickel à partir des bulles se formant dans la solution électrolytique (MTD 169); › Utiliser un réacteur scellé ou fermé, un décanteur et un autoclave sous pression, un convoyeur de poudre et un silo à produit lors de la production de poudre de nickel ou de briquettes de nickel par un procédé de réduction à l'hydrogène (MTD 170); › Utiliser un épurateur par voie humide pour les émissions provenant d'un procédé de lixiviation à pression atmosphérique ou sous pression. Ce système devrait mener à des émissions de nickel inférieures à 1 mg/Nm3 (MTD 172); › Utilisation d'un filtre à manche pour le traitement des émissions de nickel découlant de l'affinage de la matte de nickel par un procédé au chlorure ferrique et de chlore. Ce système devrait mener à des émissions de nickel inférieures à 1 mg/Nm3 (MTD 173).
<p>a Le numéro de la MTD (meilleure technique disponible) dans la Directive européenne est identifié avec le descriptif le cas échéant. Sinon, la mesure d'atténuation identifiée provient du document de référence de l'IPPC.</p>	

6 Impacts du cadre réglementaire sur l'industrie du nickel

La revue des pratiques mises en œuvre ailleurs dans le monde nous aide à préciser les impacts du cadre réglementaire québécois sur l'industrie du nickel, dont voici nos constats :

- › La norme journalière de 14 ng/m³ dans les PM₁₀ du Québec est sans conteste la plus sévère au monde, en ce qui a trait à sa portée et sa force d'application.
- › Une norme d'air ambiant est plus sévère et contraignante qu'un critère ou une valeur toxique de référence. L'accumulation de dépassements d'une norme pourrait mener à la cessation des activités d'une installation de nickel.
- › Dans les pays occidentaux, nous avons constaté qu'un critère ou une norme nickel, ou encore l'évaluation des concentrations de nickel dans l'air ambiant, étaient rarement, sinon jamais utilisés pour l'évaluation et l'autorisation de nouveaux projets (*greenfield*).
- › Le seul nouveau projet où une quantification des concentrations ambiantes de nickel a été faite dans le cadre d'une étude d'impact et d'une autorisation était le projet de nouvelle mine de nickel à Wingellina, en Australie. Cette évaluation a été requise par le département de la santé dans un contexte particulier, soit la présence d'une communauté aborigène avec des problèmes de santé à proximité. Avant même que le projet ne se réalise, il est évident que le critère annuel retenu pour l'évaluation sera difficilement vérifiable (3 ng/m³) car il se situe près de la limite de quantification du nickel dans les PM₁₀, et que le secteur est particulièrement poussiéreux.
- › Les critères ou normes de nickel n'ont pas été récemment utilisés pour des projets d'agrandissement ou de modifications à des installations de nickel existantes en Australie.
- › Nous avons eu accès aux rapports sur les données d'air ambiant de Vale, à Sudbury (Ontario), où neuf stations d'air ambiant mesurent les concentrations de nickel dans les particules (9 dans les PST et 5 dans les PM₁₀), à proximité (<200 m) et à plus grande distance de la limite de propriété des installations. Il s'agit de l'endroit où il y a le plus de stations d'air ambiant (PST et PM₁₀, avec analyse de 14 substances, dont 13 métaux incluant le nickel) autour d'une installation de nickel dans le monde. La norme du Québec n'aurait pas été atteinte à Sudbury en 2017 (et de loin avec des concentrations 24-h moyennes allant de 27 à 82 ng/m³ de nickel dans les PM₁₀ selon la station), ni ailleurs dans le monde où sont mesurées les concentrations de nickel dans les PM₁₀ à proximité (< 200 m) de la propriété d'une installation de nickel, que ce soit pour un port, une mine, une raffinerie ou autre (UK, Norvège, Nouvelle-Calédonie). Dans la plupart des cas, les concentrations ambiantes de nickel ne sont pas mesurées autour des installations de nickel.
- › Les autres juridictions telles l'Ontario se préoccupent des effets sur la santé autant qu'on peut le faire au Québec. Le fait que la majeure partie de la ville de Sudbury, qui compte environ 160 000 habitants soit soumise à des dépassements fréquents de la norme de 14 ng/m³ dans les PM₁₀ retenue par le Québec pour se prémunir des effets aigus nous laissent dubitatifs sur la marge de 'sécurité' entre les effets réels et les effets anticipés. Les concentrations journalières de nickel dans les PM₁₀ ont tout de même dépassé la norme du Québec le tiers du temps sur une période de 18 mois (2015-2016) à la station du MOECC au centre-ville de Sudbury, bien que la situation se soit nettement améliorée au fil du temps depuis une décennie. En d'autres mots, une norme trop sévère ne protège pas nécessairement la population si les effets ne sont pas avérés et mènent inutilement à des inquiétudes pour les populations exposées.
- › Les états américains se sont tournés vers une approche de gestion de risque, au lieu de s'aligner sur des critères d'air ambiant. Toutefois, si les MTD applicables pour les substances

toxiques sont mises en œuvre par l'industrie, l'autorité se donne la possibilité de 'relaxer' ses critères si l'industrie ne rencontre pas les valeurs toxiques de référence.

- › Nous avons aussi constaté des dépassements de la norme québécoise résultant d'industries autres que les mines de nickel, soit les raffineries de pétrole (Montréal), les industries d'alliage (UK), les usines de production d'acier inoxydable (France), la pyrolyse des plastiques usés, etc. Autre cas: la combustion de mazout brut peut augmenter la concentration de nickel au-delà du bruit de fond tout en s'approchant de la norme québécoise (exemple : 11 ng/m³ à Long Beach).
- › Le cas des dépassements de la valeur cible annuelle de 20 ng/m³ à une station d'échantillonnage (sur 4) dans la communauté de Swansea (UK) a nécessité trois ans d'efforts soutenus et des moyens 'hors normes' pour identifier les sources fautives et réduire les émissions de nickel. Bien que la valeur cible annuelle ait été respectée en 2017, nous constatons des valeurs hebdomadaires dix fois plus élevées. L'industrie fautive est une usine de fabrication d'alliages, ce qui illustre le fait qu'une norme journalière peut affecter d'autres industries que celles du nickel. Dans ce cas, la source problématique est la fonderie, dont le système d'épuration n'est pas assez performant, et pour laquelle une source de contrôle éprouvée n'a pas été à ce jour identifiée.
- › Les connaissances évoluent. L'application des MTD par l'Ontario ou la Commission européenne laisse entrevoir des baisses éventuelles des concentrations de nickel dans l'air ambiant à proximité d'une installation de nickel. Toutefois, l'état actuel des connaissances ne permet pas de conclure que l'application de ces MTD permettrait le respect de la norme journalière québécoise à proximité d'une installation de nickel. Il est difficile par exemple d'établir avec confiance le niveau de performance d'une MTD et l'impact réel qu'elle aura sur les concentrations ambiantes, particulièrement lorsque le nickel provient d'une multitude de sources et de causes incluant les émissions diffuses qui sont typiquement difficiles à prédire.
- › Dans l'état actuel des connaissances, l'application d'une norme journalière basse (même à 60 ng/m³) à proximité d'une installation de nickel mènera potentiellement à des dépassements, que l'entreprise ait utilisé ou non les MTD pour réduire ses émissions de nickel.
- › Une modélisation de la dispersion atmosphérique des émissions d'une installation minière comporte son lot d'incertitudes quant aux facteurs d'émission et aux mesures de mitigation (efficacité de réduction) utilisés comme intrants à la modélisation. Les mesures peuvent différer largement des prédictions modélisées, comme nous l'avons constaté pour Vale. En fait, plus le nombre de sources diffuses augmente (particulièrement pour les mines à ciel ouvert), plus l'incertitude est grande quant au respect d'une norme journalière basse à proximité immédiate de l'installation minière pendant l'exploitation (même pour la mine Dumont pour laquelle des efforts de mitigation importants ont été prévus dans le cadre de l'autorisation).
- › La concentration initiale de 2 ng/m³ à considérer dans le cadre d'une modélisation, réduisant la marge de respect de la norme par 14% (2/14), est représentative des mesures de bruit de fond au Québec ainsi qu'ailleurs dans le monde en dehors des zones industrialisées ou des grandes agglomérations.

7 Stratégies à préconiser

Si le Québec tient à conserver son industrie du nickel, plusieurs avenues sont possibles :

- › Adopter une norme annuelle similaire aux autres juridictions (Europe, Ontario) de 20 ng/m³ dans les PM₁₀, qui est moins exigeante que la norme journalière du Québec mais qui demeure quand même contraignante (p.ex. les mesures aux stations de mesure du nickel dans les PM₁₀ à Sudbury dépassent cette valeur limite).
- › Si le Québec tient à une norme journalière, on doit tenir compte de la possibilité (ou il faut accepter) que les concentrations mesurées soient occasionnellement élevées dans l'année. Une avenue possible est de se diriger vers une norme similaire à la norme canadienne sur les particules fines applicable sur la moyenne triennale du 98^e centile annuel des concentrations journalières, ou à la norme pancanadienne sur le SO₂ applicable sur la moyenne triennale du 99^e centile annuel des concentrations quotidiennes maximales de SO₂ sur une heure.
- › Une avenue possible est de se coller aux valeurs limites de l'Ontario en appliquant une norme journalière de 100 ng/m³ dans les PM₁₀, cinq fois plus élevée que la critère annuel tel que le suggérerait l'industrie du nickel et l'association minière du Québec en juin 2017.
- › L'approche récente du Michigan (2017) a été de délaissier les critères de courte durée pour le nickel et d'appliquer un niveau limite de risque secondaire annuel correspondant à un risque d'un cas additionnel de cancer par 100 000 individus pour l'approbation de l'ensemble des sources d'une installation.
- › L'application des MTD est essentielle à la baisse des concentrations de nickel dans l'air ambiant. Tout ce qui est concentré ou minéral devrait être traité et manipulé à l'intérieur de bâtiments et de convoyeurs fermés. Le matériel extrait de la mine devient minéral une fois broyé.
- › L'approche retenue pour le nickel en Ontario et dans les pays européens n'est pas punitive. Le non-respect de la valeur cible ou du critère d'air ambiant ne mènera pas en principe à un avis d'infraction et possiblement une amende, ou à une cessation d'activités en cas de dépassements répétitifs.
- › L'approche ontarienne et européenne n'en demeure pas moins contraignante pour l'industrie. L'industrie 'fautive' est tenue de présenter un plan d'action visant à réduire l'impact de ses activités sur les niveaux de nickel dans l'air ambiant. Tant que l'industrie peut démontrer qu'elle entreprend des actions pour réduire ses impacts tout en prenant des mesures n'entraînant pas de coûts disproportionnés, le régulateur en sera satisfait, même si la valeur cible n'est pas atteinte.
- › Il faut souligner que les MTD ne constituent pas des mesures entraînant des coûts disproportionnés.
- › En Ontario, le principe même de normes d'air ambiant n'est plus applicable du moment que les entreprises (au moins deux) qui disent ne pas être capables techniquement de les respecter demandent au MOECC d'établir une norme sectorielle. Les entreprises s'engagent alors à respecter les MTD spécifiées dans la norme et à établir un plan d'action de la mise en œuvre des MTD. Le suivi des concentrations ambiantes de nickel se poursuit et le MOECC est confiant de constater une évolution future à la baisse des concentrations.

Références bibliographiques

- AMEC FOSTER WHEELER. Ambient Air Program Reports. City of Greater Sudbury Ontario. Rapports soumis à Vale Canada Limited Ontario Operations. Rapports trimestriels de 2016 et 2017. Rapport annuel de 2015. Hyperlien Vale Monitoring Qualité de l'air
- ANDERSEN, A. 1992. Recent follow-up of nickel refinery workers in Norway and respiratory cancer. In: Nieboer, E. & Nriagu, J.O., ed., Nickel and human health, New York, Wiley. pp. 621–628. Cité dans California OEHHA (2015).
- ANDERSEN, A. ET AL., 1996. Exposure to nickel compounds and smoking in relation to incidence of lung and nasal cancer among nickel refinery workers. Occupational and environmental medicine, 53: 708–713. Cité dans California OEHHA (2015).
- CALIFORNIA AIR POLLUTION CONTROL OFFICERS ASSOCIATION (CAPCOA). August 2016. Facility Prioritization Guidelines. CAPCOA Air Toxics 'Hot Spots' Program. 20 p. and annexes.
- CALIFORNIA OFFICE OF ENVIRONMENTAL HEALTH HAZARD ASSESSMENT (OEHHA), February 2015. Risk Assessment Guidelines. Guidance Manual for Preparation of Health Risk Assessments.
- CALIFORNIA OEHHA, February 2012. Nickel and Nickel Compounds Reference Exposure Levels (REL). Final report. 194 p.
- CLEAN AIR SUDBURY, June 2016. Report #3. Air Quality Trends in Greater Sudbury 2008-2014. 96 p.
- COMMISSION EUROPÉENNE, 13 juin 2016. Décision d'exécution (UE) 2016/1032 de la Commission du 13 juin 2016 établissant les conclusions sur les meilleures techniques disponibles (MTD), au titre de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil, dans l'industrie des métaux non ferreux. Publié dans le Journal officiel de l'Union européenne le 30 juin 2016. pp. L174/ 32 à 106.
- COMMISSION EUROPÉENNE, 26 janvier 2005. Directive no 2004/107/CE du 15 décembre 2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant.
- CUSANO GIANLUCA, M. R. Gonzalo, F. Farrell, R. Remus, S. Roudier, L. D.Sancho; Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the main Non-Ferrous Metals Industries, EUR 28648, Industrial Emissions Directive 2010/75/EU – Integrated Pollution Prevention and Control. 1178 p.
- DEPA, M. AND DR. K. WILLIAMS, October 13, 2014. Methods for Health Effects Screening of Big Bay metals Air Monitoring Data. Michigan Department of Environmental Quality, air Quality Division. 6 p.
- ESPERANCE PORTS SEA & LAND, 2011. Annual Report (period 2010-2011). 65 p.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2017. Air quality in Europe – 2017 report. EEA Report no 13/2017. 74 p.
- FOTH & VAN DYKE AND ASSOCIATES, INC. December 2005. Eagle Project. Michigan Air Use Permit – Permit to Install. Prepared for Kennecott Eagle Minerals Company. 30 p. and 9 appendices
- FOTH & VAN DYKE AND ASSOCIATES, INC. February 2006. Eagle Project. Mining Permit Application. Volume II. Environmental Impact Assessment. Prepared for Kennecott Eagle Minerals Company. 70 p. and 9 appendices.

- GLENCORE. 31 March 2017. Sudbury Integrated Nickel Operations. 2016 Annual Report on the Action Plans. Site Specific Standard Approvals : Nickel (annual) #501-15-rv0.
- GRAHAM JA, MILLER FJ, DANIELS MJ, PAYNE EA AND GARDNER DE, 1978. Influence of cadmium, nickel and chromium on primary immunity in mice. Environ Res 16:77-87.
- KWINANA INDUSTRIES COUNCIL. Air Quality Management in Kwinana. Fact sheet on heavy metals. 7 p.
- MDDELCC, 7 juin 2017. Historique de la révision de la norme de nickel. Par la Direction des avis et des expertises. 7 p.
- MDDELCC, Février 2017. Guide d'instructions - Préparation et réalisation d'une modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques - Projets miniers. 94 p.
- NILU (Norwegian Institute for Air Research), 23 novembre 2018. Communication par courriel sur les données historiques de nickel dans les PM₁₀.
- NORWEGIAN ENVIRONMENT AGENCY, May 2017. Russian-Norwegian ambient air monitoring in the border areas. Updated joint report 2010-2015. Report M-761-2017. 37 p.
- NSW EPA, January 2017. Approved Methods for the Modelling and Assessment of Air Pollutant in New South Wales. 52 p.
- NTP, 1994. Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies of Nickel Sub sulfide in F344/N Rats and B6C3F1 Mice. NTP TR 453, NIH Publication No. 94- 3369. National Toxicology Program (NTP). U.S. Department of Health and Human Services.
- ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT AND CLIMATE CHANGE (MOECC). 20 April 2018. Air Quality in Ontario – 2016 Report. 53 p. <https://www.ontario.ca/document/air-quality-ontario-2016-report>
- ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT AND CLIMATE CHANGE (MOECC). March 2018. Procedure for Preparing an Emission Summary and Dispersion Modelling Report. Guidance for Emission Summary and Dispersion Modelling Reports under Ontario Regulation 419/05 Air Pollution – Local Air Quality. Guideline A-10. Version 4.1. 116 p.
- ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT AND CLIMATE CHANGE (MOECC). February 2017. Air Dispersion Modelling Guideline in Ontario. Guidance for demonstrating compliance with the air dispersion requirements set out in Ontario Regulation 419/05 Air Pollution – Local Air Quality. Guideline A-11. Version 3.0. 158 p.
- ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT AND CLIMATE CHANGE (MOECC). February 2017. Guideline for the Implementation of Air Standards in Ontario. Guidance to Support the MOECC's Risk Framework for Air Standards, Site-Specific and Technical Standards and Upper Risk Thresholds under Ontario Regulation 419/05 Air Pollution – Local Air Quality (as amended). Guideline A-12. Version 3.0. 84 p.
- ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT AND CLIMATE CHANGE (MOECC). March 2018. Rationale report for the Development of an Ontario Technical Standard to Manage Air Pollution for the Mining Sites (Mining Sites- Industry Standard). Non paginé.
- ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT AND CLIMATE CHANGE (MOECC). 22 March 2018. Technical Standards to Manage Air Pollution. Version 6.0. 344 p.

- QUEENSLAND GOVERNMENT. 15 January 2009. Report evaluating the Environmental Impact Statement pursuant to Section 35 of the *State Development and Public Works Organization Act 1971 (Qld)*. Coordinator-General's report. Gladstone Nickel Project. 119 p.
- QUEENSLAND GOVERNMENT. 15 January 2009. Schedules of Conditions. Coordinator-General's report. Gladstone Nickel Project. Pages multiples.
- RAMBOLL, March 2017. Nickel West Mount Keith Satellite Operations – Particulate Assessment. Intended for BHP Billiton Nickel West Pty Ltd. 27 p. et figures.
- RWDI AIR INC. Vale Annual Ambient Air Quality Monitoring Report. Particulate and Metals Air Monitoring Program. Rapports annuels de 2011 à 2015.
- SANEXEN SERVICES ENVIRONNEMENTAUX INC. Mai 2014. Évaluation des risques toxicologiques pour la santé humaine posés par la dispersion des émissions atmosphériques de particules, gaz et métaux. Projet d'exploitation minière Dumont (Launay, Québec). Pour Royal Nickel Corporation. 84 p. et annexes.
- SCAL-AIR, mars 2015. Mesure des métaux lourds dans l'air ambiant à Nouméa 2012-2013. 96 p.
- SINCLAIR KNIGHT MERTZ, 19 December 2007. Historic Air Quality Monitoring Data Review and Proposed Air Monitoring Plan. Report for the Esperance Port Authority. Perth, Western Australia. 72 p.
- SINCLAIR KNIGHT MERTZ, Annual Ambient Air Quality Monitoring Report. For Esperance Ports Sea & Land. Rapports annuels de 2009 à 2017.
- TEXAS COMMISSION ON ENVIRONMENT QUALITY (TCEQ), 1 June 2011. Development Support Document. Nickel and Inorganic Nickel Compounds. Prepared by D.D. McGrant, J.T Haney Jr. and R.L. Grant, Toxicology Division. Revised 26 July 2017. 100 p.
- TODOROSKI AIR SCIENCES, 9 March 2017. Air Quality Impact Assessment. Waste Plastic to Fuel Facility, Hume Act. Prepared for Foy Group Limited. 36 p.
- UK DEPARTMENT OF ENVIRONMENT, FOOD & RURAL AFFAIRS, Nov. 2017. Report on measures for 2015 exceedance of the Target Value for Nickel in Swansea Urban agglomeration zone (UK0027). 43 p.
- UK DEPARTMENT OF ENVIRONMENT, FOOD & RURAL AFFAIRS, Sept. 2017. Air Pollution in the UK 2016. 121 p.
- URS AUSTRALIA PTY LTD, 2007. Gladstone Nickel Project. Environmental Impact Statement. Prepared for Gladstone Pacific Nickel Ltd.
- U. S. GEOLOGICAL SURVEY, 2018. Mineral Commodity Summaries 2018. 200 p.
- VALE. Sustainability Report 2017. p 149 of 179: Cellulose cover to minimize impacts particle emissions.
- VALE, 22 September 2017. Action plan Status Update: Copper Cliff Smelter. Site-Specific Standard Approvals for Nickel, # 501-11-rv0, 502-11-rv0. 6 p. Hyperlien: '[Vale Monitoring Qualité de l'air](#)'
- VALE, 29 March 2018. Action Plan Status Update: Copper Cliff Smelter. Site-Specific Standard Approvals for Nickel # 502-11-rv0. 6 p.

- VALE, 28 March 2017. 2016 Environment Management System & Community Engagement Report. 19 p.
- VICTORY NICKEL INC., 2010. Minago Project, Environment Act Proposal, Environmental Impact Statement (EIS). EIS Submitted to Manitoba Conservation, Approvals Branch, April 30, 2010.
- VICTORY NICKEL, 2013. Minago Project Manitoba. Environmental Impact Statement. Environment Act Proposal to Amend environmental act Licence No 2981 to include the proposed tailings and waste rock management facility. EIS Submitted to Manitoba Conservation, Approvals Branch, December 08, 2013.
- WESTERN AUSTRALIA (WA), 2018. Department of Environment and Conservation (DEC). Licence for Prescribed Premises – Licence # L5099/1974/12 initially issued to Southern Ports Authority on 6 January 2009. Amended on 23 February 2018. 26 p.
- WA DEC, 2018. Licence for Prescribed Premises – Licence # L5099/1974/12. Review of Existing Premises. Final Report dated 23 February 2018. 52 p. and attachments.
- WA ENVIRONMENTAL PROTECTION AUTHORITY, November 2018. Report and recommendations of the Environmental Protection Authority. Report 1625. 41 p.
- WA ENVIRONMENTAL PROTECTION AUTHORITY, June 2005. Guidance Statement No 3 – Separation distance between industrial and sensitive land uses.
- WORLD HEALTH ORGANISATION, 2000. Air Quality Guidelines for Europe. 2nd edition. WHO Regional Office for Europe. Copenhagen, Denmark. Section 6.10 – Nickel. 15 p.

Sites Webs consultés - Hyperliens

[Ville de Montréal - Environnement - Suivi de la qualité de l'air](#)

ONTARIO :

<https://www.ontario.ca/document/operations-manual-air-quality-monitoring-ontario-0>

<https://www.ontario.ca/page/rules-air-quality-and-pollution>

Registre environnemental MOECC :

Après 2016 : <https://ero.ontario.ca/fr>

Avant 2016 : [Ancien registre MOECC](#)

Règlement 050419 : <https://www.ontario.ca/laws/regulation/050419>

<https://www.ontario.ca/fr/page/regles-sur-la-qualite-et-la-pollution-de-lair>

Vale – rapports des données d'air ambiant :

[Vale Sudbury Air ambiant](#)

Localisation des raffineries et mines de nickel dans le monde :

<https://www.industryabout.com/world-nickel-mining-map>

Pays ayant ratifié UNECE – Métaux lourds : [UNECE Métaux lourds 1998](#)

Normes d'air ambiant dans le monde <http://airlex.web.ua.pt/>

Données d'air ambiant en Europe et dans le monde (stations background)

<http://ebas.nilu.no/Default.aspx>

Données d'air ambiant UK : <https://uk-air.defra.gov.uk/>

Rapports sur les dépassements de la valeur cible de nickel :

<https://www.gov.uk/government/publications>

Australie – Port Esperance, Clean Teq

[Port Esperance WA](#)

[Clean Teq NSW Planning & Environment](#)

Australie –Wingellina, Ravensthorpe, Nova Nickel et Mt Keith

<http://www.epa.wa.gov.au/>

Commission européenne – BAT – Métaux non ferreux (2016) :

[Décision CE 2016/1032 - MTD - Métaux non ferreux](#)

[IPPC BREF Métaux non ferreux](#)

Norvège – Critères de qualité de l'air

<https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/metaller/metaller---luftkvalitetskriterier/>

Manitoba : Mine de Victory Nickel :

<http://www.gov.mb.ca/sd/eal/registries/5463.1minago/index.html> - Mise à jour de 2013

<http://www.gov.mb.ca/sd/eal/registries/5463minago/index.html> - Étude d'impact initiale de 2010

Michigan – Eagle Mine : [Michigan - DEQ - NON-FERROUS METALLIC MINING](#)

<https://gis.lic.wisc.edu/wwwlicgf/glifwc/Kennecott/PermitAp2/>

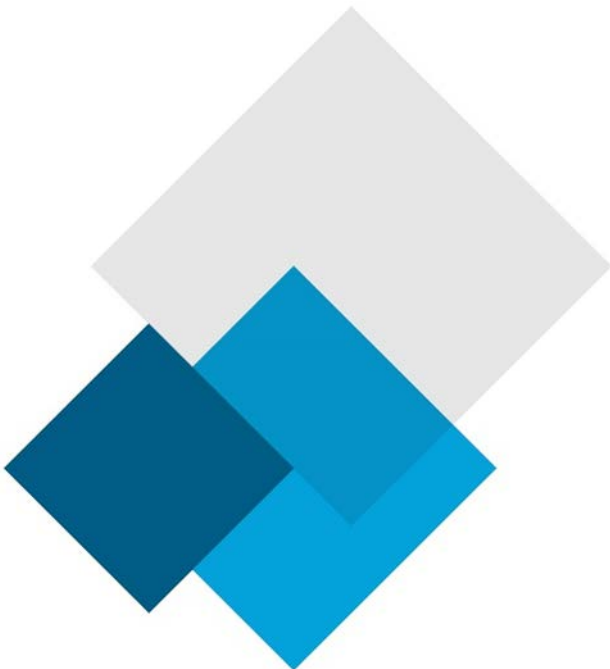
Rapports de monitoring de la mine Eagle <http://swpcemp.org/resources/>

Valeurs toxiques de référence du nickel : [DEQ IRSL - SRSL - Annuel](#)

Technologie Dustcruster ® : <https://www.denbakker.nl/nl/dbd-global/dustcruster-technology.html>

Annexe A

Ni dans les PST au Complexe Minier Expo
Canadian Royalties



Canadian Royalties – Ni dans les PST au Complexe Minier Expo

L'entreprise Nunavik Nickel (Canadian Royalties) effectue un suivi de la qualité de l'air sur les PST et certains métaux, dont le nickel, à proximité du complexe minier Expo. La station de qualité de l'air est située à environ 300 m de la route ceinturant le complexe et à 900 m à l'est de la fosse de la mine. Les données du nickel dans les PST du suivi de 2016 ont été analysées. Les prélèvements ont été effectués sur une base hebdomadaire, entre le 1er mai et le 6 novembre 2016, représentant au total 28 prélèvements. Le tableau 1 donne les statistiques pour les données de la station. Si on fait abstraction de la valeur maximale qui teinte fortement la moyenne, on peut se reporter à la valeur médiane du nickel dans les PST de 0,024 µg/m³, comme valeur plus représentative des concentrations moyennes réellement observées le reste de la période de mesures.

Tableau 25 Statistiques du nickel dans les PST – Station du complexe Expo – Nunavik Nickel

Année	# de valeurs	Moyenne µg/m ³	C50 µg/m ³	C75 µg/m ³	C90 µg/m ³	C95 µg/m ³	C98 µg/m ³	Maximum µg/m ³
2016	28	0,242	0,024	0,106	0,445	0,706	NA	4,121
2010/2011 ¹	27/45	0,096	0,013/0,022	0,045/0,063	0,167	0,29	-	1,67

¹ Données de 2010/2011 de la station du Vieux-Limoilou (MELCC). Une valeur représente la donnée la plus élevée de 2010-2011.

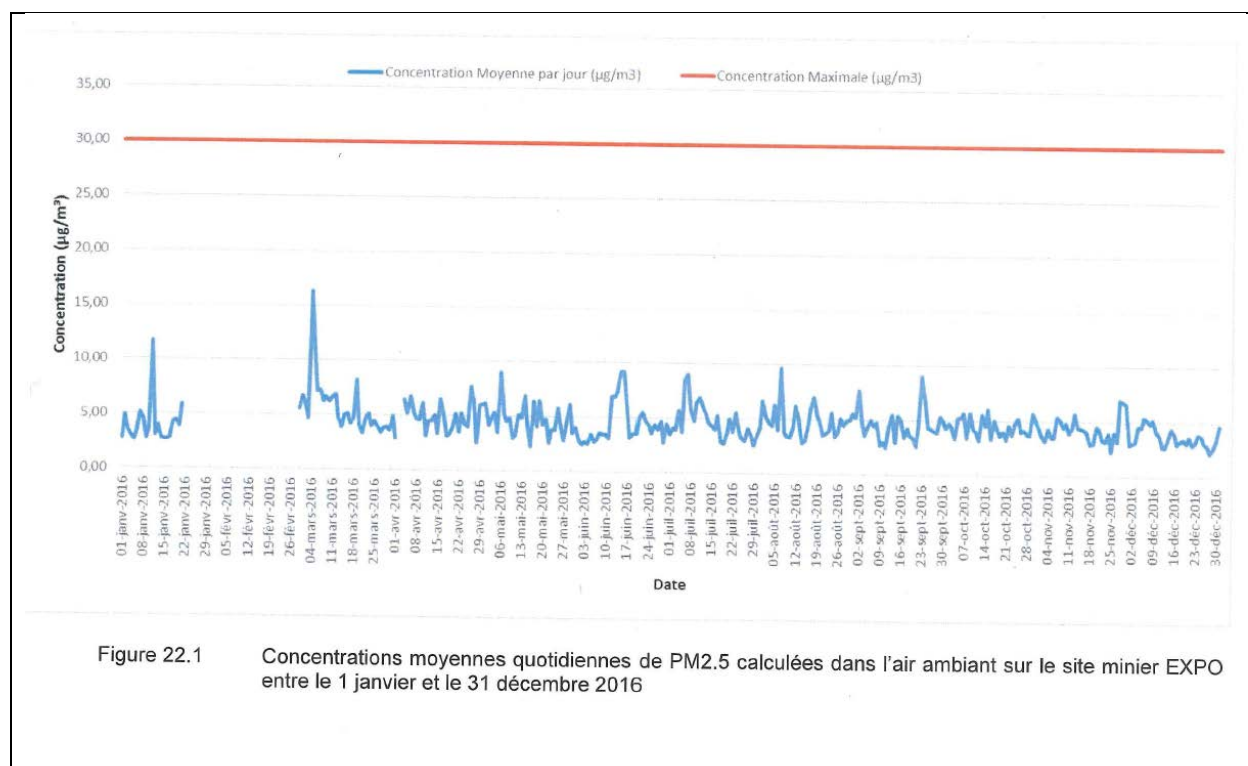
La comparaison des valeurs du complexe minier avec les données de nickel dans les PST des stations actives du MDDELCC (Tableau 2, rapport principal) montre que celles-ci sont environ le double des concentrations observées en 2010 ou 2011 à la station du Vieux-Limoilou, que ce soit pour la moyenne, la médiane, les centiles et le maximum. Les années 2010 et 2011 représentent les valeurs les plus élevées de l'historique des données analysées de nickel dans les PST de l'ensemble des stations du MDDELCC. L'entreprise attribue la cause la plus probable des concentrations de nickel à la circulation des camions de minerai. L'entreprise mentionne aussi que de façon générale, de la poussière est générée lors de la manipulation du minerai à partir de la halde vers le concasseur, ce qui est également selon l'expérience en Ontario, une source de nickel dans les concentrations ambiantes de PM₁₀ autour des complexes de nickel.

Si on fait l'hypothèse que les données de nickel dans les PM₁₀ et les PST du complexe minier Expo se comportent comme celles recueillies autour du complexe minier de Vale à Sudbury, on peut s'attendre à ce que les concentrations de nickel dans les PM₁₀ soient en moyenne environ 60% des concentrations de nickel dans les PST. Si cette proportion est juste, alors la norme québécoise de 0,014 µg/m³ serait dépassée environ 50% du temps à l'emplacement de la station près du complexe minier d'Expo. C'est d'ailleurs l'ordre de grandeur des dépassements de la norme québécoise observés à quatre des cinq stations de Vale en 2017 (Tableau 13 du rapport principal). La médiane des valeurs du complexe Expo est également similaire aux médianes les plus élevées des stations de Vale. Notons que les valeurs des centiles 75%, 90% et 95%, de même que le maximum à la station Expo sont plus élevées qu'aux stations de Vale, mais les valeurs des centiles sont possiblement biaisées par le nombre plus faible de données (50% d'une année normale) et par l'absence de mesures en hiver, qui pourraient être plus faibles.

Au cours de la période de mesure, deux dépassements de la norme de PM totaux ont été observés les 29 mai et 26 juin 2016, qui pourraient s'expliquer par une réorganisation de la halde à minerai impliquant des activités ponctuelles de manipulation et de déplacement de matériel de différentes piles de minerai, effectuées entre le 25 mai et le 26 juin.

Les concentrations de particules fines ($PM_{2.5}$) mesurées à la station de l'entreprise sont très faibles, avec un maximum observé de $16,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en mars 2016 (Figure 22.1 du rapport de suivi, reproduite ci-après). Au cours de l'été 2016, les moyennes quotidiennes ont varié entre $2,3$ et $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le faible effet de la manipulation des piles de minerai en juin 2016 sur les niveaux de concentrations de particules fines est observable, avec un plateau de concentrations au-delà de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ d'une durée inférieure à une semaine et un maximum quotidien observé de $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La valeur du 98^e centile (7^e valeur la plus élevée sur l'historique de 2016) est de $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nettement sous la valeur des moyennes des 98^e centiles des années 2014 à 2016 mesurées à la station du MOECC ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de Sudbury (Figure 12, rapport principal), ce qui démontre qu'il y a moins de particules fines dans l'air ambiant dans le grand nord, près du complexe minier, que dans la plupart des centres urbains de l'Ontario. La moyenne semble être de visu autour de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, similaire à la moyenne sur 3 ans mesurée à Sudbury de $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figure 13, rapport principal).



Malgré la conclusion du rapport de suivi d'Expo relative aux dépassements des valeurs limites, le MDDELCC a informé l'entreprise de l'assouplissement relatif à la section 4.3 du Guide d'instructions pour la modélisation des projets miniers, à l'effet que les résultats de la modélisation de la dispersion atmosphérique doivent être analysés aux récepteurs sensibles au-delà de 300m des installations. Ainsi, en concordance avec cette orientation du guide, le respect des normes et critères de qualité de l'atmosphère ne s'applique pas à la localisation de la station d'air ambiant du complexe minier Expo.

En somme, les valeurs de nickel dans les PST mesurées à proximité du complexe de nickel Expo sont similaires à celles mesurées à proximité du complexe de Vale à Sudbury, si le ratio moyen de 60% entre $Ni PM_{10} / Ni PST$ s'avère le même que Vale. Il faut s'attendre à des dépassements de la norme québécoise ($0,014 \mu\text{g}/\text{m}^3$) environ 50% du temps à proximité d'un complexe de nickel.



SNC • LAVALIN

360, Saint-Jacques, 16^e étage
Montréal (Québec) H2Y 1P5
514-393-1000 - 514392-4758
www.snclavalin.com

