

## Fiche technique de la norme de qualité de l'atmosphère relative au nickel

Normes de qualité de l'atmosphère	
Maximum 24 heures ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) :	0,070 (dans la fraction $\text{PM}_{10}$ ) (exprimé en Ni)
Maximum 1 an ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) :	0,020 (dans la fraction $\text{PM}_{10}$ ) (exprimé en Ni)

Critère provisoire de gestion	
Maximum 1 an ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) :	0,020 (dans la fraction $\text{PM}_{10}$ ) (exprimé en Ni)

Critères de qualité de l'atmosphère	
Maximum 24 heures ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) :	0,070 (dans la fraction $\text{PM}_{10}$ ) (exprimé en Ni)
Maximum 1 an ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) :	0,006 (dans la fraction $\text{PM}_{10}$ ) (exprimé en Ni)

N° CAS :	7440-02-0	Formule :	Ni	PM :	58,6934
Synonymes	<b>N. B.</b> Le n° CAS* en référence est celui du nickel métallique. Toutefois, les normes et critères sont appliqués à l'ensemble des composés du nickel.				

\*Chemical abstract number

Concentration sans effet nocif-inhalation (CSEN-i)	Références
<ul style="list-style-type: none"> <li>Effets critiques pour la CSEN-i 24 heures : hyperplasie alvéolaire et augmentation du poids des poumons</li> <li>Descripteur de toxicité aiguë : NOAEL = 0,03 mg Ni/m<sup>3</sup></li> </ul>	NTP, 1996
<ul style="list-style-type: none"> <li>Effet critique pour la CSEN-i 1 an : cancer du poumon</li> <li>Descripteur de toxicité chronique : Facteur de risque unitaire = <math>1,7 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}</math> pour la voie d'inhalation</li> </ul>	TCEQ, 2012
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cancérogénicité :               <ul style="list-style-type: none"> <li>Classification cancérogénicité U.S. EPA : A (cancérogène pour l'humain)</li> <li>Classification cancérogénicité CIRC :                   <ul style="list-style-type: none"> <li>Nickel métallique et alliages : 2B (peuvent être cancérogènes pour l'humain)</li> <li>Nickel et composés : 1 (cancérogène pour l'humain)</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>Concentration à un risque additionnel de cancer à <math>10^{-6}</math> = 0,006 <math>\mu\text{g}</math> Ni/m<sup>3</sup></li> </ul>	U.S. EPA, 2019 rev. 1987 CIRC, 2019 rev. 1990 CIRC, 2019 rev. 1990 TCEQ, 2012
CSEN-i 24 heures : <ul style="list-style-type: none"> <li>POD : 0,03 mg Ni/m<sup>3</sup></li> <li>POD adj : 0,0078 mg Ni/m<sup>3</sup></li> <li>PODhec : 0,0021 mg Ni/m<sup>3</sup></li> <li>FI : 30</li> <li>FCRS : 100 %</li> <li>CSEN-i : 0,070 <math>\mu\text{g}</math> Ni/m<sup>3</sup> (24 heures)</li> </ul>	
CSEN-i 1 an : <ul style="list-style-type: none"> <li>Risque <math>10^{-6}</math> : 0,006 <math>\mu\text{g}</math> Ni/ m<sup>3</sup></li> <li>FCRS : 100 %</li> <li>CSEN-i : 0,006 <math>\mu\text{g}</math> Ni/m<sup>3</sup> (moyenne annuelle)</li> </ul>	

Concentration sous les niveaux de nuisance (CSNN)	Références
Seuil d'odeur : nd	

Concentration initiale (CI)	
CI 1 an ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) :	0,002
CI 24 heures ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) :	0,005

## RÉSUMÉ

Le critère 24 heures de qualité de l'atmosphère du nickel est établi à partir de la CSEN-i pour des effets sur les voies respiratoires. La CSEN-i 24 heures a été calculée à partir d'un NOAEL (no observed adverse effect level) établi à partir d'une étude de 13 semaines du National Toxicology Program (NTP) (1996). Le critère annuel de qualité de l'atmosphère, quant à lui, est établi à partir de la CSEN-i 1 an basée sur la valeur suggérée par la Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ) (2012) pour un risque additionnel de cancer du poumon de un cas additionnel par million de personnes ( $1 \times 10^{-6}$ ). Un facteur de contribution relative des sources (FCRS) de 100 % a été appliqué aux deux CSEN-i, puisque les effets nocifs observés sont situés au niveau de la voie d'entrée et qu'ils ne sont pas susceptibles d'être induits par une autre voie d'exposition.

La norme de qualité de l'atmosphère 24 heures est établie à partir du critère de qualité de l'atmosphère sur 24 heures, alors que la norme annuelle a été déterminée sur la base d'un critère provisoire de gestion.

Le numéro CAS donné en référence est celui du nickel métallique. Toutefois, les normes et critères de qualité de l'atmosphère présentés ici s'appliquent à l'ensemble des composés du nickel.

## NOTES SUPPLÉMENTAIRES

### SPÉCIATION DU NICKEL

Selon Environnement Canada (1994), le nickel peut être présent dans l'environnement sous plusieurs formes, dont des composés oxygénés du nickel (monoxyde de nickel, oxyde de nickel et de cuivre, oxydes de nickel silicatés, oxydes complexes), des composés sulfurés (y compris le disulfure de trinickel) et des composés solubles (principalement les sulfate et dichlorure de trinickel).

Comme la plus grande partie du nickel dans l'air en milieu urbain provient de la combustion de combustibles fossiles (ATSDR, 2005), il est probable que les sulfates représentent en moyenne l'espèce la plus courante du nickel en milieu urbain (INERIS, 2006). Or, dans l'étude du NTP (1996), les animaux de laboratoire ont été exposés à du sulfate de nickel hexahydraté, qui est à la base du critère de qualité de l'air journalier.

Par ailleurs, l'analyse du nickel dans l'air au Québec est réalisée sur des échantillons de particules en suspension totales (PST) ou de particules de moins de 10 microns ( $\text{PM}_{10}$ ). Les filtres contenant les particules sont soumis à une digestion dans une solution d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique, et le nickel extrait est quantifié par ICP-MS (U.S. EPA, 1999). Cette procédure d'analyse ne permet pas de faire la distinction entre les différentes espèces chimiques du nickel.

### DÉTERMINATION DE LA CSEN-I

#### *CSEN-i 1 an :*

Les études de Goodman et collab. (2009 et 2011) suggèrent que pour pouvoir exercer un effet génotoxique, l'ion  $\text{Ni}^{2+}$  doit atteindre le noyau de la cellule, ce qui lui permet d'interagir avec l'ADN. Les composés sulfurés et les oxydes de nickel seraient donc plus susceptibles d'occasionner des effets génotoxiques, puisqu'ils auraient une plus grande biodisponibilité de l'ion  $\text{Ni}^{2+}$  au noyau. Chez les composés solubles, qui ont une plus faible biodisponibilité de l'ion  $\text{Ni}^{2+}$  au noyau, les mécanismes d'action seraient principalement

non génotoxiques. Un critère basé sur un risque additionnel de cancer linéaire devrait donc s'appliquer seulement aux composés sulfurés du nickel et aux oxydes, alors qu'une approche avec seuil devrait plutôt être considérée pour les composés solubles et le nickel métallique.

Actuellement, aucune donnée sur la spéciation du nickel dans l'air ambiant au Québec ou dans les émissions des sources n'est disponible. Cependant, pour établir leurs risques de cancer, l'United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS) ont considéré des études dont les pourcentages de sous-sulfure de nickel sont très élevés comparativement à ce qui pourrait être attendu dans l'air ambiant au Québec, même à proximité des sources émettant du nickel. Comme le sous-sulfure de nickel présente un potentiel génotoxique plus élevé que la majorité des formes de nickel retrouvées dans l'air ambiant, l'utilisation des risques unitaires de l'U.S. EPA et de l'OMS peut mener à une surestimation du risque. Le risque unitaire de la TCEQ a été retenu comme seuil pour établir un risque de cancer puisqu'une attention particulière a été portée afin de sélectionner les études ayant une plus faible proportion de sous-sulfure de nickel. Comme la proportion exacte de sous-sulfure de nickel dans l'air au Québec n'est pas connue et comme ce pourcentage pourrait varier à proximité de certaines sources éventuelles, aucune correction n'est faite sur cette valeur afin d'estimer un risque unitaire en fonction des concentrations de sous-sulfure de nickel dans l'air ambiant.

Le tableau 1 présente les évaluations du risque unitaire pour le cancer du poumon résultant de l'inhalation de nickel.

Tableau 1. Facteurs de risque unitaire pour le nickel

Organismes	Facteur de risque unitaire ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>-1</sup>	Conc. ( $10^{-6}$ ) <sup>*</sup> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
OMS (2000)	$3,8 \times 10^{-4}$	0,003
TCEQ (2012)	$1,7 \times 10^{-4}$	0,006
U.S. EPA (2019 rév. 1987)	$2,4 \times 10^{-4}$	0,004

\*Concentration correspondant à un risque additionnel de un cas sur un million pour une exposition moyenne la vie durant.

Pour les composés solubles et le nickel métallique, une CSEN-i 1 an a été calculée à partir de la BMDL<sub>05</sub> de 30,5  $\mu\text{g Ni}/\text{m}^3$  établie par l'Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA) (2012), basée sur l'étude du NTP (1996). Des changements pathologiques dans les poumons, les ganglions lymphatiques et l'épithélium nasal ont été mis en évidence dans cette étude. Des souris et des rats ont été exposés au sulfate de nickel hexahydraté par inhalation 6 heures par jour, 5 jours par semaine, durant 104 semaines dans le cadre de cette étude. Une correction pour une exposition 24 heures par jour et 7 jours par semaine a été réalisée.

$$\text{BMDL}_{\text{ADJ}} = \text{BMDL}_{05} \times 6\text{h}/24\text{h} \times 5\text{j}/7\text{j}$$

$$\text{BMDL}_{\text{ADJ}} = 30,5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 6\text{h}/24\text{h} \times 5\text{j}/7\text{j}$$

$$\text{BMDL}_{\text{ADJ}} = 5,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Un facteur d'ajustement dosimétrique (DAF) a été appliqué afin d'établir une concentration équivalente chez l'humain à partir de résultats chez l'animal. Le DAF calculé par l'OEHHA (2012) selon le modèle MPPD2 a été retenu.

$$\text{BMDL}_{\text{HEC}} = \text{BMDL}_{\text{ADJ}} \times \text{DAF}$$

$$\text{BMDL}_{\text{HEC}} = 5,45 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 0,264$$

$$\text{BMDL}_{\text{HEC}} = 1,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Un facteur d'incertitude de 30 a été appliqué. Ce facteur comporte :

- un facteur de  $10^{1/2}$  pour tenir compte des différences de sensibilité entre les espèces, et donc pour appliquer à l'humain les résultats d'une étude réalisée sur des rats, en considérant l'usage d'un DAF;
- un facteur de 10 pour prendre en compte la variation de sensibilité entre les individus et pour tenir compte des groupes sensibles.

Un FCRS de 100 % a été appliqué, car les effets observés dans les poumons.

La CSEN-i 1 an pour les composés solubles et le nickel métallique est donc de  $0,047 \mu\text{g}/\text{m}^3$  :

$$\text{CSEN-i} = (\text{BMDL}_{\text{HEC}} / \text{FI}) \times \text{FCRS}$$

$$\text{CSEN-i} = (1,42 \mu\text{g}/\text{m}^3 / 30) \times 100 \%$$

$$\text{CSEN-i} = 0,047 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Comme la méthode d'analyse lors de suivis de la qualité de l'air ne permet pas de faire la distinction entre les différents composés du nickel, la valeur établie pour le risque de cancer basée sur une approche linéaire pour les composés sulfurés et les oxydes a été retenue comme critère de qualité de l'atmosphère pour l'ensemble des composés afin de s'assurer de protéger l'humain contre l'ensemble des effets possibles du nickel.

#### *CSEN-i 24 heures*

La CSEN-i 24 heures est basée sur un NOAEL de  $30 \mu\text{g Ni}/\text{m}^3$ . Elle a été déterminée à partir de l'étude du NTP (1996) dans laquelle des rats étaient exposés durant 6,2 heures par jour à différentes concentrations de sulfate de nickel hexahydraté, pendant 13 semaines. Une hyperplasie alvéolaire et une augmentation du poids des poumons ont été mises en évidence chez le rat dans le cadre de cette étude à une concentration de  $0,06 \text{ mg Ni}/\text{m}^3$ . Bien qu'une hyperplasie alvéolaire ait été observée à la concentration de  $0,03 \text{ mg Ni}/\text{m}^3$ , cet effet seul n'a pas été considéré comme nocif. Selon l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2005), il s'agit d'une réponse physiologique normale à la suite de l'inhalation de particules et cet effet n'est pas considéré comme pouvant compromettre la capacité du poumon à éliminer les corps étrangers. Comme recommandé par l'U.S. EPA (2002) et l'Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2011), la relation de ten Berge (1986) a été utilisée pour ajuster le NOAEL observé à la suite d'une période d'exposition de 6,2 heures vers une période de 24 heures, en retenant la valeur par défaut de  $n = 1$  :

$$(C_{6,2 \text{ heures}})^1 \times 6,2 \text{ heures} = (C_{24 \text{ heures}})^1 \times 24 \text{ heures}$$

$$C_{24 \text{ heures}} = 30 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 6,2 \text{ heures} / 24 \text{ heures} = 7,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Un DAF a été appliqué afin d'établir une concentration équivalente chez l'humain à partir de résultats chez l'animal ( $C_{24 \text{ heures HEC}}$ ). Le DAF calculé par l'OEHHA (2012) selon le modèle MPPD2 a été retenu.

$$C_{24 \text{ heures HEC}} = C_{24 \text{ heures}} \times \text{DAF}$$

$$C_{24 \text{ heures HEC}} = 7,8 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 0,264$$

$$C_{24 \text{ heures HEC}} = 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Un facteur d'incertitude total de 30 a été appliqué. Ce facteur total comporte :

- un facteur de 10 pour prendre en compte la variation de sensibilité entre les individus et pour tenir compte des groupes sensibles;
- un facteur de  $10^{1/2}$  pour tenir compte des différences de sensibilité entre les espèces, et donc pour appliquer à l'humain les résultats d'une étude réalisée sur des rats, en considérant l'usage d'un DAF.

Un FCRS de 100 % a été appliqué, car les effets observés étaient dans les poumons.

La CSEN-i 24 heures est donc de 0,07 µg/m<sup>3</sup> :

$$\text{CSEN-i} = \frac{C_{24 \text{ heures}} \text{HEC}}{10 \times 3} \times \text{FCRS}$$
$$\text{CSEN-i} = \frac{2}{10 \times 3} \times 100\% = 0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Aucune correction pour une exposition 7 jours sur 7 n'a été réalisée. La valeur sur 24 heures vise à s'assurer qu'une exposition à un pic de concentration plus élevé ne produit pas à elle seule un effet. Cette valeur ne permet pas à elle seule d'assurer une absence de risque pour des individus plus sensibles si cette valeur est atteinte sur plusieurs jours consécutifs. Par conséquent, un calcul visant à prévenir des effets chroniques non cancérogènes à la suite d'une exposition continue a été réalisé à partir d'une étude chronique. Comme le calcul réalisé à partir de l'étude chronique prend en compte les risques associés à une exposition continue 7 jours sur 7, une personne exposée de façon répétée sera protégée par le respect conjoint de la norme annuelle et de la norme 24 heures.

De plus, considérant les variations des conditions météo et les variations des émissions des sources, il est peu probable que des résidents puissent être exposés plusieurs jours consécutifs à des concentrations journalières équivalentes ou près de la valeur de 70 ng/m<sup>3</sup>, si la norme 24 heures et la norme annuelle sont respectées.

## CONCENTRATION INITIALE

À l'exception du tétracarbonyle de nickel (13463-39-3), les composés du nickel sont présents sous forme de particules dans l'atmosphère (INERIS, 2006). Les composés de nickel particuliers ont un temps de séjour dans l'atmosphère entre cinq et huit jours. Ils peuvent être retirés par déposition sèche ou humide (Environnement Canada, 1994).

Le tableau 2 présente les concentrations de nickel dans l'air ambiant mesurées dans les particules de moins de 10 microns (PM<sub>10</sub>) à deux stations d'échantillonnage du Québec et issues de la base de données pancanadienne sur la qualité de l'air (BDPQA, 2014). La concentration initiale annuelle est fixée à partir de la moyenne annuelle de la station Molson, qui est de 0,002 µg/m<sup>3</sup>. La concentration initiale journalière est fixée à partir du 98<sup>e</sup> centile, soit 0,007 µg/m<sup>3</sup>.

Tableau 2. Concentrations de nickel dans l'air ambiant au Québec mesurées dans les PM<sub>10</sub> en 2014 (en µg/m<sup>3</sup>).

	Molson	Rivière-des-Prairies
n*	46	114
moyenne	0,0015	0,0014
98 <sup>e</sup> centile	0,0046	0,0052
maximum	0,0069	0,0075

\* n : nombre d'échantillons.

## CRITÈRE PROVISOIRE DE GESTION

Par souci de cohérence avec les autres valeurs de références utilisées dans le monde et afin de limiter la possibilité de nuire à la compétitivité entre les industries, un critère provisoire annuel de gestion a été déterminé à partir de la recommandation de l'Union européenne (CSTEE, 2001) qui a entre autres été utilisée pour établir la norme et les critères de l'Ontario. Cette recommandation a été établie à 0,02 µg/m<sup>3</sup>, soit à la concentration correspondant à un risque additionnel d'environ 3 x 10<sup>-6</sup> (3 cas additionnels par 1 000 000 d'individus), selon le facteur de risque unitaire de la TCEQ (2012). Le critère provisoire annuel de gestion retenu équivaut à une concentration à un niveau de risque qualifié d'« acceptable ».

## RÉFÉRENCES

- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR), 2005. *Toxicological profile for Nickel*, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Public Health Service, 351 p. [En ligne]. [<https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=245&tid=44>].
- BASE DE DONNÉES PANCANADIENNE SUR LA QUALITÉ DE L'AIR (BDPQA), 2014, [en ligne], [<http://maps-cartes.ec.gc.ca/rnspa-naps/data.aspx>].
- BERGE, W. F. TEN, A. ZWART et L. M. APPLMAN, 1986. "Concentration-time mortality response relationship of irritant and systemically acting vapors and gases". *Journal of Hazardous Materials* 13:301-309.
- CENTRE INTERNATIONAL DE RECHERCHE SUR LE CANCER (CIRC), 2019. *List of classifications*, [En ligne], [<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>].
- ENVIRONNEMENT CANADA, 1994. *Le nickel et ses composés*, Loi canadienne sur la protection de l'environnement, Liste des substances d'intérêt prioritaire, Rapport d'évaluation, 93 p.
- GOODMAN, J. E., R. L. Prueitt, D. G. Dodge et S. Thakali, 2009. "Carcinogenicity assessment of water-soluble nickel compounds". *Critical Reviews in Toxicology* 39 (5):365-417.
- GOODMAN, J. E., R. L. Prueitt, S. Thakali et A. R. Oller, 2011. "The nickel ion bioavailability model of the carcinogenic potential of nickel-containing substances in the lung". *Critical Reviews in Toxicology* 41 (2):142-74.
- INSTITUT NATIONAL DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET DES RISQUES (INERIS), 2006. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, *Nickel et ses dérivés*, [En ligne], [<https://substances.ineris.fr/fr/substance/getDocument/2812>].
- NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM (NTP), 1996. *Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies of Nickel Sulfate Hexahydrate in F344/N Rats and B6C3F1 Mice*. NTP TR 454, NIH Publication No. 96-3370. National Toxicology Program. U.S. Department of Health and Human Services. [[https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/lt\\_rpts/tr454.pdf](https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/lt_rpts/tr454.pdf)].
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD), 2011. *Guidance Document for the Derivation of an Acute Reference Concentration (ARfC)*, [En ligne], Organisation for Economic Co-operation and Development, Environment, Health and Safety Publications, [<https://www.oecd.org/chemicalsafety/testing/48542016.pdf>].
- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS), 2000. *Air quality Guidelines for Europe*, second edition, World Health Organization, WHO Regional Publications, European Series N°91, 273 p.
- OFFICE OF ENVIRONMENTAL HEALTH HAZARD ASSESSMENT (OEHHA), 2012. *Nickel Reference Exposure Levels*, California Environmental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazard Assessment. [En ligne], [<http://www.oehha.ca.gov/air/allrels.html>].
- SCIENTIFIC COMMITTEE FOR TOXICITY, ECOTOXICITY AND THE ENVIRONMENT (CSTEE), 2001. *Opinion on: Position Paper on Ambient Air Pollution by Nickel Compounds*. Final Version, October 2000, Opinion expressed at the 22nd CSTEE Plenary Meeting, Brussels, 6/7 March 2001. [[https://ec.europa.eu/health/node/42675\\_en](https://ec.europa.eu/health/node/42675_en)].
- TEXAS COMMISSION ON ENVIRONMENTAL QUALITY (TCEQ), 2012. *Nickel and Inorganic Nickel Compounds*, Toxicology divisions, [En ligne], [[https://www.tceq.texas.gov/assets/public/implementation/tox/dsd/final/june11/nickel\\_&\\_compounds.pdf](https://www.tceq.texas.gov/assets/public/implementation/tox/dsd/final/june11/nickel_&_compounds.pdf)].
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S. EPA), 2002. *A review of the Reference Dose and Reference Concentration Processes*, [En ligne], U.S. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum, [<https://www.epa.gov/risk/review-reference-dose-and-reference-concentration-processes-document>].

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S. EPA), 1999. *IO Compendium Method IO-3.1: Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air: Selection, Preparation and Extraction of Filter Material*. EPA/625/R-96/010a. Cincinnati, OH. [En ligne], [\[https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/epa-io-3.1.pdf\]](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/epa-io-3.1.pdf).

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S. EPA), 2019. *Integrated Risk Information System*, [En ligne], Environmental Protection Agency Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development, IRIS data bank, [\[https://www.epa.gov/iris\]](https://www.epa.gov/iris).