

# Commentaire au sujet du risque populationnel occasionné par l'exposition à la pentlandite par le biais de l'air ambiant

RÉPONSE RAPIDE

03-05- 2023

## MESSAGES CLEFS

- L'exposition à la pentlandite par l'entremise des particules inhalables (PM<sub>2,5</sub>) est incertaine. De plus, la spéciation du nickel présent en faible concentration dans les PM<sub>2,5</sub> dans les échantillons d'air mesurés à la station Vieux-Limoilou n'est pas documentée.
- Il n'est actuellement pas possible de se prononcer sur la toxicité spécifique de la pentlandite - et plus précisément, sur son potentiel cancérigène - faute de données probantes.
- La majorité des organismes compétents consultés considèrent davantage les mélanges de formes de nickel dans le choix des études clés pour l'élaboration des valeurs toxicologiques de références et l'évaluation des risques.
- En l'absence de données spécifiques additionnelles, le fait de considérer la pentlandite comme un analogue au sulfure de nickel, et donc également un cancérigène, peut être considéré comme une avenue de gestion prudente.

## MISE EN CONTEXTE

Ce bref document a été préparé par les membres concernés de l'Équipe scientifique de l'air (l'ÉSA) de l'INSPQ afin de répondre à une requête du Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS). Il s'agit d'un court avis sur le risque cancérigène encouru par la potentielle exposition à la pentlandite (un sulfure cristallin constitué de fer et de nickel) par le biais de l'air ambiant de la Ville de Québec. Cette demande a été formulée lors d'une rencontre avec les représentants concernés de la Direction générale de protection de la santé du MSSS de l'Unité Évaluation et soutien à la gestion des risques (UESGR).

Pour y répondre, les membres de l'ÉSA ont effectué un bref survol de la littérature scientifique et technique pertinente à partir des mots clés « nickel, nickel sulfure, nickel compound, pentlandite », les fiches toxicologiques sur le nickel des principaux organismes aviseurs reconnus, les documents déposés au comité sur l'élaboration de la norme nickel, les études sensibles au regards de la question, incluant les études épidémiologiques effectuées auprès des mineurs canadiens et dans les raffineries citées par les organismes aviseurs. Ils ont consulté les experts de l'Équipe scientifique d'analyse des risques toxicologiques et radiologiques afin

d'obtenir leurs commentaires au regard du présent document.

Au Canada, la pentlandite est la forme minérale brute la plus fréquemment exploitée dans les mines dédiées à l'extraction du nickel (Santé Canada, 1994). Les résultats d'une étude menée en 2013 sur le territoire de la ville de Québec ont d'ailleurs confirmé que l'espèce dominante de nickel retrouvée dans les particules en suspension totales (PST; Les aérosols ayant un diamètre aérodynamique inférieur à 100 µm environ) dans l'air ambiant de la ville étaient de la pentlandite (Walsh & Brière, 2013). Ces résultats ont soulevé des questions quant à la toxicité de cette forme ferro-sulfureuse par rapport à d'autres formes ou espèces de nickel.

## EXPOSITION ENVIRONNEMENTALE À LA PENTLANDITE

Dans l'environnement extérieur, il est généralement admis que la pentlandite se disperse sous forme de particule de diamètre compris entre 8 et 38  $\mu\text{m}$  (Ettler et al., 2022 ; Mulaba-Bafubiandi & Medupe, 2007). Or, la spéciation du nickel présent en faible concentration dans les PM<sub>2,5</sub> (particules inhalables) n'a pas encore documentée. Une variation concomitante des concentrations de nickel dans les PST (notamment attribuable à la pentlandite) et dans les PM<sub>2,5</sub> prélevées dans l'air ambiant de la ville de Québec (Walsh, 2022) ne permet toutefois pas d'exclure que la pentlandite se retrouve également dans ces dernières. À cet effet, il est possible que la pentlandite retrouvée sous forme de particules aéroportées soit assujettie à certains processus oxydatifs. Ces processus, affectant davantage les particules de petit diamètre, pourraient conduire à la formation de différents produits d'oxydation de la pentlandite (dont la violarite ; un sulfure de fer et de nickel de formule  $\text{Fe}^{2+}\text{Ni}_2^{3+}\text{S}_4$ , associée à l'altération primaire des sulfures de nickel; Xiong et al., 2018). Ainsi l'exposition à la pentlandite par l'entremise des particules inhalable est incertaine. En effet les espèces de nickel sulfurées présentes dans ces dernières s'avèrent inconnues de même que la teneur potentielle en pentlandite de cette dernière, le cas échéant.

## CONSIDÉRATIONS TOXICOLOGIQUES

De par sa nature (i.e. un sulfure de nickel), la pentlandite est considérée par la Direction de santé publique de la Capitale-Nationale comme un analogue d'autres composés de nickel sulfurés ; composés généralement reconnus comme des cancérigènes sans seuil par la majorité des organismes sanitaires reconnus (IARC, 2012 ; Santé Canada, 1994 ; Cameron et al., 2011 ; Doll, 1990). Par exemple, Santé Canada ne distingue pas les formes sulfurées et sulfatées dans leur évaluation de la cancérigénicité du nickel. Le ministère fédéral précise notamment que « ses composés sulfurés (y compris le disulfure de tri-nickel) et ses composés solubles (principalement le sulfate et le dichlorure de nickel) comptent parmi les substances "cancérigènes pour l'être humain » (Santé Canada, 1994). Selon l'avis de l'Agence internationale de recherche sur le cancer (IARC), il existerait suffisamment de preuves chez l'humain pour reconnaître la cancérigénicité de mélanges contenant des composés de nickel et du nickel métallique ; l'exposition à ces agents augmenterait d'ailleurs le risque de développer le cancer du poumon, des fosses nasales et des sinus paranasaux (IARC, 2012). Il est à noter qu'à notre connaissance, il n'y aurait qu'une seule étude, effectuée chez les hamsters, qui rapporterait des résultats au regard de la cancérigénicité spécifique de la pentlandite (Muhle et al., 1992).

Par ailleurs, en 1990, le Comité international sur la cancérigénicité du nickel chez l'homme stipulait que le minerai de nickel, majoritairement de la pentlandite, était probablement moins toxique que le nickel sulfuré issu des raffineries (Doll, 1990; Schaumlöffel, 2012). Leur jugement s'appuie sur le fait que les ratios de mortalité ajustés observés pour le cancer du poumon sont plus faibles chez les

mineurs que dans d'autres expositions professionnelles (ex. travailleur de raffinerie du nickel). Ainsi, dans les raffineries de nickel, les études observationnelles menées témoignent aussi d'un important excès de risque pour les cancers naso-pharyngés; affection dont l'excès ne semble pas présent chez les mineurs. Le caractère insoluble de la pentlandite dans l'organisme (qui diminuerait sa biodisponibilité, mais qui augmenterait la durée d'imprégnation) pourrait compter parmi les facteurs qui contribueraient à expliquer ces observations (Butcher et al., 1995; Genchi et al., 2020).

## CONCLUSION

À la lumière des données actuellement disponibles, il n'est pas possible de se prononcer sur la toxicité spécifique de la pentlandite — et plus précisément, sur son potentiel cancérigène — faute de données probantes en lien avec ce contaminant. La forme chimique de la pentlandite est bien entendu apparentée à d'autres composés sulfurés du nickel. Bien que des propriétés toxicologiques similaires à ces derniers puissent être anticipées, sa forme cristalline, la plus grande taille des particules impliquées dans sa dispersion dans l'environnement et son potentiel d'oxydation dans l'air ambiant suggèrent que les émissions de pentlandite auraient un plus faible potentiel de toxicité que d'autres sulfures de nickel. De même, des preuves indirectes issues des résultats d'études épidémiologiques réalisées auprès de mineurs laisseraient entendre que le comportement toxicocinétique de la pentlandite pourrait différer des composés sulfurés du nickel pour lesquels des données probantes sont disponibles (Doll, 1990). Pour toutes ces raisons et en l'absence de données spécifiques additionnelles, le fait de considérer la pentlandite comme un analogue au sulfure de nickel, et donc également cancérigène, peut être considéré comme une avenue de gestion prudente.

## RÉFÉRENCES

- Butcher, R. D., Goodman, B. A., & Deighton, N. (1995). Evaluation of the allergic/irritant potential of air pollutants: Detection of proteins modified by volatile organic compounds from oilseed rape (*Brassica napus* ssp. *Oleifera*) using electrospray ionization-mass spectrometry. *Clinical & Experimental Allergy*, 25(10), 985–992. eih. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.1995.tb00401.x>
- Cameron, K. S., Buchner, V., & Tchounwou, P. B. (2011). Exploring the Molecular Mechanisms of Nickel-Induced Genotoxicity and Carcinogenicity: A Literature Review. *Reviews on Environmental Health*, 26(2), 81–92.
- Doll, R. (Ed.). (1990). Report of the International Committee on Nickel Carcinogenesis in Man. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 16(1), 1–82. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1813>
- Ettler, V., Hladíková, K., Mihaljevič, M., Drahot, P., Culka, A., Jedlicka, R., Kříbek, B., Vaněk, A., Penížek, V., Sracek, O., & Bagai, Z. (2022). Contaminant Binding and Bioaccessibility in the Dust From the Ni-Cu Mining/Smelting District of Selebi-Phikwe (Botswana). *GeoHealth*, 6(11), e2022GH000683. <https://doi.org/10.1029/2022GH000683>
- Genchi, G., Carocci, A., Lauria, G., Sinicropi, M. S., & Catalano, A. (2020). Nickel: Human Health and Environmental Toxicology. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 679. <https://doi.org/10.3390/ijerph17030679>
- IARC, I. A. for R. on C. (2012). Arsenic, metals, fibres, and dusts. Volume 100 C. A review of human carcinogens. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer, Arsenic and Arsenic Compounds, 41–94.
- Muhle, H., Bellmann, B., Takanaka, S., Fusht, R., Mohr, U., & Pott, F. (1992). Chronic Effects of Intratracheally Instilled Nickel-Containing Particles in Hamsters. Roy F. Weston Inc.
- Mulaba-Bafubiandi, A. F., & Medupe, O. (2007). AN ASSESSMENT OF PENTLANDITE OCCURRENCE IN THE RUN OF MINE ORE FROM BCL MINE (BOTSWANA) AND ITS IMPACT ON THE FLOTATION YIELD. 57–76.
- Santé Canada, G. du C., Environnement Canada. (1994). Le nickel et ses composés—Liste des substances d'intérêt prioritaire. Ottawa; p. 101.
- Schaumlöffel, D. (2012). Nickel species: Analysis and toxic effects. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 26(1), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2012.01.002>
- Walsh, P. (2022). MEMS: Portrait des PST et de 9 métaux—Particules totales en suspension et métaux—Version préliminaire: 2022-05-30.
- Walsh, P., & Brière, J.-F. (2013). Origine des concentrations élevées de nickel dans l'air ambiant à Limoilou (p. 21). ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs.
- Xiong, X., Lu, X., Li, G., Cheng, H., Xu, Q., & Li, S. (2018). Energy dispersive spectrometry and first principles studies on the oxidation of pentlandite. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 20(18), 12791–12798. <https://doi.org/10.1039/C8CP00873F>

---

# Commentaire au sujet du risque populationnel occasionné par l'exposition à la pentlandite par le biais de l'air ambiant

---

## **AUTEURS**

Elham Ahmadpour

Patrick Poulin

Isabelle Goupil-Sormany

## **SOUS LA COORDINATION DE**

Jean-Bernard Gamache

Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie