

Réponse à une question du commissaire dans le cadre de l'audience publique sur le projet d'optimisation et d'ajout d'un procédé thermique de traitement de sols et d'autres matières contaminées à Saint-Ambroise

Séance du 12 décembre 2023

DÉCEMBRE 2023

AVANT-PROPOS

L'Institut national de santé publique du Québec est le centre d'expertise et de référence en matière de santé publique au Québec. Sa mission est de soutenir le ministre de la Santé et des Services sociaux du Québec, les autorités régionales de santé publique, ainsi que les établissements locaux, régionaux et nationaux dans l'exercice de leurs fonctions et responsabilités.

Le présent document vise à fournir une réponse rapide (moins de 24 heures) à la question posée par le commissaire énoncée ainsi : « Est-ce qu'il serait nécessaire d'intensifier le suivi et l'évaluation des nanoparticules au Québec? ».

Ce document s'adresse à la direction de santé publique.

CONTEXTE

Le ministre de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), monsieur Benoît Charrette, a confié au Bureau d'audiences publiques sur l'environnement le mandat de tenir une audience publique portant sur le projet d'optimisation et d'ajout d'un procédé thermique de traitement de sols et d'autres matières contaminées sur le territoire de la municipalité de Saint-Ambroise par RSI Environnement.

Lors de la séance du 12 décembre, le commissaire a adressé une question sur « la nécessité d'intensifier le suivi et l'évaluation des nanoparticules au Québec » au porte-parole du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS), M. David Simard, et celle-ci a été prise en délibéré considérant qu'elle dépasse le cadre du projet examiné à l'échelle régionale. Afin de répondre à la question du commissaire, le MSSS a sollicité le soutien scientifique de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ).

MÉTHODOLOGIE

Afin de répondre à la question dans la période allouée (environ 24 heures), un survol très rapide de la littérature scientifique et de la littérature grise a été réalisé afin d'en extraire les principales informations accessibles dans les délais alloués. Les principales organisations nationales étatsuniennes et françaises (EPA, ANSES), ainsi que l'OMS ont été sondées en plus de certains articles pertinents (p. ex. revues systématiques). Cette réponse n'est donc pas basée sur une démarche de recherche documentaire systématique et se veut une exploration non exhaustive de la question des nanoparticules dans l'air extérieur.

PRINCIPAUX CONSTATS ISSUS DE LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Nature du contaminant et définitions

Les nanoparticules ou particules ultrafines (PUFs) sont des aérosols liquides ou solides ayant un diamètre aérodynamique égal ou inférieur à 100 nanomètres (nm) (Laberge et al., 2023). Les PUFs présentes dans l'air ambiant sont principalement associées à des particules formées dans l'atmosphère à partir des gaz, tels que les sulfates, les nitrates et le carbone organique. Les PUFs sont, entre autres, émises lors des processus de combustion d'origine naturelle ou anthropique et sont largement associées au secteur du transport en milieu urbanisé. Bien qu'elles ne soient pas un contributeur majeur des concentrations ambiantes en termes de masse (en comparaison aux $PM_{2,5}$ et PM_{10}), elles contribuent très largement à la concentration en nombre total de particules (ANSES, 2023).

Leur taille nanométrique leur permet de rester en suspension dans l'air plus longtemps que les particules de taille supérieure et d'être transportées sur de longues distances (Anastasio & Martin, 2001). De plus, leur grand ratio surface-volume leur permet d'adsorber certaines molécules (dont des polluants toxiques) et de favoriser la dispersion et l'accumulation de ces derniers en occasionnant des impacts sur la santé des populations exposées (Liu et al., 2018; Lu et al., 2015).

Effets sur la santé

L'exposition PUFs constitue une préoccupation de santé publique relativement récente. À l'heure actuelle, il n'existe pas de consensus au sujet de leurs effets sanitaires (en tant que source d'exposition unique ou combinée à d'autres polluants), ni de valeur guide fondée sur des données sanitaires qui permettraient d'extrapoler des critères pour la qualité de l'air extérieur.

Alors que la principale voie d'exposition aux PUFs est l'inhalation, leur faible diamètre leur permet de pénétrer profondément dans l'arbre pulmonaire et de se déposer dans les organes via la circulation sanguine pour ainsi engendrer des effets au niveau de plusieurs systèmes (Aslam & Roeffaers, 2022; Mühlfeld et al., 2008; Terzano et al., 2010). En dépit des biais et limites qui doivent être pris en compte

dans l'appréciation des données probantes issues des études disponibles¹, c'est en raison de ces caractéristiques physiques que la toxicité des PUFs pourrait être importante.

D'un point de vue toxicologique, les PUFs peuvent engendrer des effets délétères auprès des individus et populations exposés par l'entremise d'une variété de mécanismes physiopathologiques tels que la production d'espèces réactives de l'oxygène (radicaux libres) et le déclenchement de processus inflammatoire (Gupta & Xie, 2018; Sonwani et al., 2021). Bien que le Centre de recherche International sur le Cancer (CIRC) n'ait pas statué sur la cancérogénicité des PUFs, la combustion de carburants fossiles, comme le diesel, engendre la production d'importants volumes de PUFs (et autres produits issus de l'oxydation thermique des hydrocarbures) qui sont considérés des précurseurs du cancer du poumon, et possiblement de la vessie (CIRC, 2014).

Les évidences épidémiologiques ne sont pas concluantes quant aux effets délétères des PUFs sur la santé humaine. Toutefois, les auteurs de différentes études ont relevé des pistes de recherche d'intérêt. Différentes méta-analyses ont été effectuées sur l'exposition à court terme aux PUFs et la morbidité respiratoire. Li et al. (2019) ont rapporté des associations positives entre l'exposition aux PUFs et l'exacerbation de l'asthme et les visites aux urgences liées à l'asthme. Ohlwein et al., (2019) ont effectué une revue systématique des évidences épidémiologiques sur les effets sanitaires de l'exposition aux PUFs. Les résultats rapportés suggèrent une association entre l'exposition à court terme et l'inflammation, et la pression artérielle. Les études soutenant l'association entre l'exposition à long terme et la mortalité ou la morbidité étaient considérées comme insuffisantes ou incohérentes. Redaelli et al., (2019) ont produit une revue de la littérature incluant 92 études afin d'évaluer les effets sanitaires de l'exposition aux PUFs. Les auteurs ont qualifié les évidences suggérant une association entre l'exposition à court terme et la santé cardiovasculaire comme étant modérées et les évidences suggérant une association entre l'exposition à long terme et la mortalité périnatale ou neurologique comme faibles. Le rapport de l'U.S. EPA, (2019) suggère une association positive entre l'exposition à court terme aux PUFs et des effets de santé respiratoire et cardiovasculaire, mais les preuves sont néanmoins insuffisantes pour établir un lien de causalité. Une des principales raisons appuyant ce constat relève du fait que les auteurs des études recensées n'ont pas été en mesure d'estimer adéquatement l'exposition aux PUFs (qui est affectée par une grande variabilité spatiale et temporelle). Les preuves sont considérées comme étant inadéquates pour déterminer le lien de causalité entre l'exposition à long terme et une multitude d'effets de santé par ce même rapport. Plusieurs études ont été effectuées au Canada sur les PUFs et la santé (Bai et al., 2018; Resua Rojas et al., 2022; Weichenthal et al., 2017), mais considérant leur caractère ponctuel et étant donné que leurs résultats n'ont pas été

¹ L'Anses précise que « L'inhalation, la pénétration, le dépôt, la translocation, la clairance et la rétention des particules dans les voies aériennes supérieures et inférieures sont influencés par les caractéristiques des particules telles que la taille et l'hygroscopie, et par certaines caractéristiques des individus exposés telles que le sexe, l'âge et l'état de santé. Au sein de l'espèce humaine, ces aspects cinétiques sont variables. Entre espèces, les différences peuvent être majeures. L'extrapolation quantitative à l'Homme des résultats observés dans les études d'expérimentation chez l'animal sur des aérosols reste complexe et incertaine compte tenu des différences physiologiques et anatomiques entre les rongeurs et les primates, bien que ces différences puissent être partiellement comblées par des modèles dosimétriques. Ces derniers restent cependant encore peu appliqués à l'étude des particules de l'air ambiant et n'intègrent pas les aspects toxicodynamiques » (ANSES, 2023)

mis en relief avec l'ensemble de la littérature, celles-ci ne sont pas présentées de façon détaillée dans le présent document.

Selon les organismes compétents consultés et en dépit de certaines incertitudes, les populations sensibles aux PUFs seraient essentiellement les mêmes que celles déjà reconnues sensibles aux expositions à la pollution atmosphérique. Il est ainsi généralement postulé que les nouveau-nés, les enfants, les personnes âgées et toute personne atteinte de pathologie ou facteurs de risques cardiovasculaires ou respiratoires (diabète, hypertension, antécédents d'infarctus du myocarde, asthme, etc.) sont les populations les plus à risque, tout comme les populations les plus exposées de par la localisation de leur lieu d'habitation (par exemple : près d'un axe routier) ou par leur activité (par exemple : les travailleurs) (Afsset, 2009 ; OMS, 2021).

Suivi et encadrement des émissions

En raison de leur poids de loin inférieur aux particules de plus grande taille, les PUFs ne représentent qu'une infime portion de la masse de l'ensemble des particules se retrouvant dans l'air, mais elles représentent toutefois plus de 85-90 % du nombre total de particules en suspension dans l'air. Malgré cela, il n'existe pas de norme officielle pour mesurer ou réglementer les PUFs en suspension dans l'air.

Bien que l'OMS ait publié des lignes directrices actualisées et plus strictes sur la qualité de l'air (AQG) en 2021, aucune recommandation n'a été formulée au regard des PUFs.

Le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (MELCCFP, 2022) ne prescrit également pas de norme de qualité de l'atmosphère au regard des particules ultrafines. La seule valeur toxicologique de référence (VTR) identifiée pour les particules de l'air ambiant est une VTR à seuil élaborée par l'US EPA en 2003 pour l'inhalation d'émissions d'échappement diesel, comprenant des gaz et des particules de toutes tailles (U.S. EPA, 2003).

Le diamètre nanométrique des PUFs leur confère un comportement distinct des particules fines, avec un déplacement dans l'air selon des schémas aléatoires plus semblables aux gaz qu'aux autres particules faisant généralement l'objet de suivi. Ceci rend les travaux et suivis de caractérisation environnementale difficiles avec les systèmes actuels de surveillance de la qualité de l'air et nécessite des technologies de nouvelles générations. En France, par exemple, trois types d'appareils sont utilisés par les opérateurs de la surveillance de la qualité de l'air ambiant pour évaluer la présence de ce type de polluant : le compteur CPC (*Condensation Particle Counter*), le spectromètre MPSS (*Mobility Particle Size Spectrometer*) et le granulomètre UFP 3031 (ANSES, 2023).

Le réseau français de surveillance de la qualité de l'air *AirParif* a mis en place en 2019 une station permanente en Île-de-France pour assurer une surveillance pérenne des PUFs afin de mieux documenter leur présence, mais également leur source (Airparif, 2021). Différentes campagnes de mesures ponctuelles sont en cours pour évaluer les concentrations de PUFs dans différents milieux (en contexte de caractérisation du bruit de fond, à proximité des plateformes aéroportuaires et des axes routiers) (Airparif, 2022).

Au Québec, il n'existe actuellement pas de suivi systématique des PUFs. En 2018, une première station de mesure du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec (RSQAQ) a été équipée d'un appareil pour effectuer un suivi des concentrations de PUFs dans le secteur de l'autoroute Henry IV à Québec (Québec-Henri IV) (Foucreault & Laberge, 2022). Une seconde station de mesure a été ajoutée en 2019 dans la région de la Capitale-Nationale (Collèges St-Charles-Garnier) (Foucreault & Laberge, 2023). L'analyse sommaire de ces données n'a permis de distinguer aucune tendance significative compte tenu de la courte période de suivi effectuée (Laberge et al., 2023). De nouveaux équipements de mesures des PUFs auraient également été installés en octobre 2020 à Montréal (RSQA, 2021).

Conclusion

À la lumière des informations présentées, il s'avérerait intéressant et pertinent de documenter l'exposition des populations aux PUFs à l'instar des suivis qui sont déjà effectués pour d'autres classes de particules telles les PM_{10} et $PM_{2,5}$, tant dans une perspective de développement de connaissances que de suivi de l'évolution de ce polluant au Québec.

RÉFÉRENCES

- Afsset. (2009). *Pollution par les particules dans l'air ambiant—Synthèse des éléments sanitaires en vue d'un appui à l'élaboration de seuils d'information et d'alerte du public pour les particules dans l'air ambiant*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2007et0006Ra.pdf>
- Airparif. (2021). *Particules ultrafines*. <https://www.airparif.asso.fr/particules-ultrafines>
- Airparif. (2022). *Les particules ultrafines dans le viseur d'Airparif*. <https://www.airparif.asso.fr/actualite/2022/les-particules-ultrafines-dans-le-viseur-dairparif>
- Anastasio, C., & Martin, S. T. (2001). Atmospheric Nanoparticles. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 44(1), 293-349. <https://doi.org/10.2138/rmg.2001.44.08>
- ANSES. (2023). *Les particules de l'air ambiant extérieur*. <https://www.anses.fr/fr/system/files/VSR2019SA0198Ra.pdf>
- Aslam, I., & Roeffaers, M. B. J. (2022). Carbonaceous Nanoparticle Air Pollution: Toxicity and Detection in Biological Samples. *Nanomaterials*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/nano12223948>
- Bai, L., Chen, H., Hatzopoulou, M., Jerrett, M., Kwong, J. C., Burnett, R. T., van Donkelaar, A., Copes, R., Martin, R. V., Van Ryswyk, K., Lu, H., Kopp, A., & Weichenthal, S. (2018). Exposure to Ambient Ultrafine Particles and Nitrogen Dioxide and Incident Hypertension and Diabetes. *Epidemiology*, 29(3). https://journals.lww.com/epidem/fulltext/2018/05000/exposure_to_ambient_ultrafine_particles_and.2.aspx
- CIRC. (2014). *Diesel and gasoline engine exhausts and some nitroarenes* (105). <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono105.pdf>
- Foucreault, M.-A., & Laberge, A. (2022). *Bilan de la qualité de l'air au Québec—2018*. Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (Direction de la qualité de l'air et du climat). <https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/bilan/qualite-air-quebec-2018.pdf>
- Foucreault, M.-A., & Laberge, A. (2023). *Bilan de la qualité de l'air au Québec—2019*. Québec, ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/bilan/qualite-air-quebec-2019.pdf>
- Gupta, R., & Xie, H. (2018). Nanoparticles in Daily Life: Applications, Toxicity and Regulations. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology*, 37. <https://doi.org/10.1615/JEnvironPatholToxicolOncol.2018026009>
- Laberge, A., Busque, D., Foucreault, M.-A., Godefroy, F., Lamarre, S., Melançon, S., Savard, C., & Therrien, M. (2023). *Bilan de la qualité de l'air au Québec—2020*. Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/bilan/qualite-air-quebec-2020.pdf>
- Li, Q., Yi, Q., Tang, L., Luo, S., Tang, Y., Zhang, G., & Luo, Z. (2019). Influence of Ultrafine Particles Exposure on Asthma Exacerbation in Children: A Meta-Analysis. *Current Drug Targets*, 19. <https://doi.org/10.2174/1389450119666180829114252>

- Liu, Y., Nie, Y., Wang, J., Wang, J., Wang, X., Chen, S., Zhao, G., Wu, L., & Xu, A. (2018). Mechanisms involved in the impact of engineered nanomaterials on the joint toxicity with environmental pollutants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 162, 92-102. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.06.079>
- Lu, C.-F., Yuan, X.-Y., Li, L.-Z., Zhou, W., Zhao, J., Wang, Y.-M., & Peng, S.-Q. (2015). Combined exposure to nano-silica and lead induced potentiation of oxidative stress and DNA damage in human lung epithelial cells. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 122, 537-544. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.09.030>
- MELCCFP. (2022). *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère: Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques*. <https://environnement.gouv.qc.ca/air/atmosphere/raa.htm>
- Mühlfeld, C., Gehr, P., & Rothen-Rutishauser, B. (2008). Translocation and cellular entering mechanisms of nanoparticles in the respiratory tract. *Swiss Medical Weekly*, 138(2728), 387-391. <https://doi.org/10.4414/smw.2008.12153>
- Ohlwein, S., Kappeler, R., Kutlar Joss, M., Künzli, N., & Hoffmann, B. (2019). Health effects of ultrafine particles: A systematic literature review update of epidemiological evidence. *International Journal of Public Health*, 64(4), 547-559. <https://doi.org/10.1007/s00038-019-01202-7>
- OMS. (2021). *WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf>
- Redaelli, M., Sanchez, M., Fuertes, E., Blanchard, M., Mullot, J., Baeza-Squiban, A., Garçon, G., Léger, C., & Jacquemin, B. (2019). Health effects of ambient black carbon and ultrafine particles: Review and integration of the epidemiological evidence. *Environmental Epidemiology*, 3. https://journals.lww.com/environepidem/fulltext/2019/10001/health_effects_of_ambient_black_carbon_and.1061.aspx
- Resua Rojas, M., Vachon, J., Buteau, S., Laouan-Sidib Elhadji, A., Hatzopoulouc, M., Weichenthal, S., & Smargiassi, A. (2022). Association between long-term exposure to ultrafine particles and ischemic heart disease mortality in Montreal, Canada: An open cohort study. *ISEE Conference Abstracts*, 2022(1). <https://doi.org/10.1289/isee.2022.P-0186>
- RSQA. (2021). *Bilan environnemental 2021 de la qualité de l'air à Montréal*. <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/vmtl-rsqa-bilans-annuels-qualite-air/resource/dcb9e1b3-3bc2-4261-ad59-392e27e15b63>
- Sonwani, S., Madaan, S., Arora, J., Suryanarayan, S., Rangra, D., Mongia, N., Vats, T., & Saxena, P. (2021). Inhalation Exposure to Atmospheric Nanoparticles and Its Associated Impacts on Human Health: A Review. *Frontiers in Sustainable Cities*, 3. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsc.2021.690444>
- Terzano, C., Stefano, F., Conti, V., Graziani, E., & Petroianni, A. (2010). Air pollution ultrafine particles: Toxicity beyond the lung. *European review for medical and pharmacological sciences*, 14, 809-821.
- U.S. EPA. (2003). *Integrated Risk Information System (IRIS) summary for Diesel Engine Exhaust*. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0642_summary.pdf#name%20ddest=rfc,%201-36

U.S. EPA. (2019). *Integrated Science Assessment (ISA) for Particulate Matter* (EPA/600/R-19/188). U.S. Environmental Protection Agency. <https://cfpub.epa.gov/ncea/isa/recordisplay.cfm?deid=347534>

Weichenthal, S., Bai, L., Hatzopoulou, M., Van Ryswyk, K., Kwong, J. C., Jerrett, M., van Donkelaar, A., Martin, R. V., Burnett, R. T., Lu, H., & Chen, H. (2017). Long-term exposure to ambient ultrafine particles and respiratory disease incidence in in Toronto, Canada: A cohort study. *Environmental Health*, 16(1), 64. <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0276-7>

Réponse à une question du commissaire dans le cadre de l'audience publique sur le projet d'optimisation et d'ajout d'un procédé thermique de traitement de sols et d'autres matières contaminées à Saint-Ambroise

- Séance du 12 décembre 2023

AUTEURS

Patrick Poulin, conseiller scientifique spécialisé
Martin Resua Rojas, conseiller scientifique
Margaux Sadoine, conseillère scientifique
Stéphane Perron, médecin-conseil
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

Ce document est pour une diffusion restreinte et ne peut être retransmis à quiconque en dehors des personnes pour qui il a été produit.

COLLABORATEUR

Ciprian Mihai-Cirtiu, chimiste
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

SOUS LA COORDINATION DE

Marie-Eve Levasseur, cheffe de secteur
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie