

Exposition aux nanoparticules en milieu industriel : difficulté de la prévention

Période : septembre 2013 à novembre 2013

Ludwig VINCHES* et Stéphane HALLÉ** | Ludwig.vinches@mail.mcgill.ca

* Université McGill – Département de Génie Chimique – Montréal – Canada

** École de Technologie Supérieure – Département de Génie Chimique – Montréal – Canada

Mots clés : Conditions de travail, Évaluation des risques, Exposition professionnelle, Métrologie, Nanoparticules, Processus de soudage

Conséquence directe de leurs propriétés physico-chimiques et mécaniques particulières, les nanoparticules (NP) sont introduites dans la fabrication d'une multitude de produits de consommation tels que les cosmétiques, les consommables électroniques, les médicaments ou encore certains aliments.

En 2020, le domaine des nanotechnologies représentera plus de 2,5 milliards de dollars (1) et plus de 6 millions de travailleurs seront en contact avec des nano-objets, dans leur environnement professionnel (2). Alors que l'utilisation des NP⁽ⁱ⁾ croît de façon exponentielle, de nombreuses études ont montré, leurs effets nocifs sur la santé (3-6). Dans la chaîne de conception d'un produit, les NP⁽ⁱ⁾ peuvent être délibérément produites et/ou introduites, mais elles peuvent aussi être émises involontairement au cours de certaines étapes du processus de fabrication comme par exemple le soudage (7,8).

Le premier article rapporte de récents travaux sur les NP⁽ⁱ⁾ émises involontairement en milieu de travail. Il décrit, par une approche métrologique, les NP⁽ⁱ⁾ produites lors du processus de soudage à l'arc. La deuxième publication démontre très clairement, la difficulté d'évaluer les risques d'exposition professionnelle aux NP⁽ⁱ⁾ produites intentionnellement, à partir de données issues des fournisseurs. Ces deux publications mettent en parallèle l'exposition aux NP⁽ⁱ⁾ produites intentionnellement ou involontairement. Elles soulignent particulièrement deux points problèmes rencontrés en milieu de travail : le manque d'informations relié à l'utilisation des NP⁽ⁱ⁾ et les moyens à mettre en œuvre pour s'en protéger.

Exposition professionnelle aux nanoparticules issues du processus de soudage à l'arc sous flux gazeux

Zhang M, Jian L, Bin P, Xing M, Lou J, Cong L, Zou H. Workplace exposure to nanoparticles from gas metal arc welding process. *J Nanopart Res* 2013;15:2016

Résumé

Dans cette étude, des mesures *in situ* sont menées sur l'émission de nanoparticules (NP⁽ⁱ⁾) lors du processus de soudage à l'arc sous flux gazeux, dans une manufacture d'automobiles chinoise. La caractérisation des NP⁽ⁱ⁾ aéroportées est réalisée en utilisant une combinaison de différentes métriques telles que la concentration en nombre⁽³⁾, la concentration surfacique⁽⁴⁾ ou la concentration en masse⁽⁵⁾, ainsi que les diamètres aérodynamiques⁽⁶⁾ et de mobilité⁽⁷⁾. L'ensemble des données recueillies est obtenu en utilisant un panel important d'appareils de mesure (compteurs de particules, microscope électronique et analyseur de la composition chimique). Toutes les mesures sont comparées systématiquement aux valeurs mesurées dans le bruit de fond (sans processus de soudage). Différents paramètres complémentaires tels que la distance d'échantillonnage avec la source d'émission, le flux d'air ou encore la concentration particulaire dans le bruit de fond sont étudiés.

Les auteurs ont tout d'abord noté des différences significatives (distribution en taille, morphologie et composition chimique) entre les particules du bruit de fond et les particules issues du processus de soudage. Les clichés MEB⁽²⁾ ainsi que les analyses par compteur de particules font apparaître la présence majoritaire (55,6 %) d'agglomérats. De plus, les auteurs concluent que la concentration en nombre et la concentration surfaciques sont les mesures les mieux adaptées pour l'évaluation à l'exposition des NP⁽ⁱ⁾.

Commentaire

Cette étude vise à définir une stratégie de caractérisation des NP⁽ⁱ⁾ aéroportées, en particulier celles émises lors du processus de soudage à l'arc. Les résultats présentés par les auteurs représentent une nouvelle approche méthodologique afin de définir la métrologie de ces NP⁽ⁱ⁾. Cette approche se base, en fait, sur une combinaison de plusieurs paramètres de caractérisation comme la concentration en nombre ou la concentration surfacique.

Ces travaux font apparaître que le système de ventilation local permet de diminuer le niveau de concentration de NP⁽ⁱ⁾ générées par le procédé de soudage.

Cependant, des paramètres importants n'ont pas été pris en compte dans cette étude comme par exemple la vitesse de l'air, le

taux d'humidité et la température lors des différentes analyses. Une faible variation de ces deux derniers paramètres peut avoir une influence significative sur l'état d'agglomération des NP⁽¹⁾. De plus, les mesures ont été réalisées en poste fixe ce qui limite la portée de l'étude.

Afin de servir de base à de possibles futures études épidémiologiques sur les maladies dues à une exposition aux nanoparticules de soudage, il aurait été souhaitable, comme le suggère d'ailleurs les auteurs, de faire quelques mesures complémentaires sur l'évolution en taille et en composition chimique des NP⁽¹⁾ aéroportées.

Nano-objet manufacturés : une enquête professionnelle dans cinq industries en France

Honnert B and Grzebyk M. Manufactured nano-objects: An occupational survey in five industries in France. *Ann Occup Hyg* 2014; **58**:121-35

Résumé

Cette étude évalue par sondage, les risques liés à la production et à l'utilisation des nano-objets manufacturés dans cinq secteurs industriels français (producteurs et utilisateurs de colorants et de pigments pour les peintures, les encres et les matières premières pour les plastiques).

Les auteurs ont soumis un questionnaire à chacun des 993 établissements français concernés par les différents secteurs. Le questionnaire a été complété par des personnes occupant différentes fonctions (agent de santé et sécurité, technicien, contremaître, ingénieur ou manager) et les données ont été collectées sur une période de 6 mois. Parmi les 464 établissements ayant répondu (taux de participation de 47 %), 87 ont indiqué qu'ils produisaient ou utilisaient des nano-objets, 17 ont mentionné leur ignorance quant à leur utilisation et 14 ont déclaré qu'ils avaient un projet de R & D utilisant des nano-objets. Les nano-objets majoritaires sont le noir de carbone, le dioxyde de titane, la silice amorphe et le carbonate de calcium. Ils sont produits en grande quantité par un petit nombre d'établissements, mais sont utilisés en faibles quantités par la majeure partie des établissements. La population de travailleurs potentiellement exposés est estimée à 3 742 répartis de la manière suivante : 723 travailleurs exposés dans des unités de production et 3 019 travailleurs exposés dans des industries utilisant des nanomatériaux. Cependant, le questionnaire ne permettait pas de définir le nombre exact de travailleurs exposés à chaque type de nano-objet.

Suite à cette enquête, les auteurs ont découvert que les mesures de protection, mises en œuvre dans les établissements produisant ou utilisant des nano-objets, diffèrent selon l'échelle de production et/ou de l'utilisation et sont parfois insuffisantes, compte-tenu de la nature des risques potentiels. Ils proposent donc d'informer les utilisateurs de la présence de nano-objets dans les matières premières (par l'étiquetage et les fiches MSDS) et de faire des recommandations quant aux mesures de protection collectives qui devraient être mises en œuvre.

Commentaire

Cette publication démontre bien la difficulté de conduire efficacement ce genre de projet. L'un des principaux challenges est de réussir à collecter suffisamment d'informations. En effet, la sensibilité du sujet au niveau social et commercial a contraint fortement les auteurs puisqu'une majorité des entreprises contactées n'a pas répondu au questionnaire (53 %). De ce fait, il est difficile de faire un portrait général des cinq secteurs industriels ciblés. En outre, certaines informations importantes manquent. Par exemple, le nombre de travailleurs potentiellement exposés et les mesures de protection employées ne sont pas spécifiés pour chaque nano-objet. De même, le type de protection utilisé par les travailleurs n'est pas mis en relation avec le processus et la durée de l'activité, tant et si bien que, les mesures de protection ne sont pas évaluées d'une manière générale.

Cependant, cette étude apporte une première description détaillée des activités professionnelles liées aux nano-objets et permet de mieux connaître les pratiques mises en place par les entreprises pour protéger leurs travailleurs exposés. Il est ainsi aisé de constater que le manque d'information, quant à la présence et l'utilisation de ces particules induit un problème de méconnaissance du risque.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ces articles mettent l'emphase sur deux types de NP⁽¹⁾ qui peuvent être utilisées ou produites en milieu de travail. Au vu de ces deux publications, il apparaît urgent d'améliorer à la fois nos connaissances sur les NP⁽¹⁾ aéroportées produites involontairement lors de différents processus d'usinage mais aussi de bien évaluer les risques d'exposition des travailleurs qui manipulent des NP⁽¹⁾ fabriquées intentionnellement. De plus, il apparaît un manque crucial d'information sur la présence de NP⁽¹⁾ dans les entreprises et surtout un problème de méconnaissance du risque qu'entraîne leur utilisation.

Il est indispensable de parfaire nos connaissances afin de mettre en place des études épidémiologiques sur l'évaluation des risques dus à l'exposition aux NP⁽¹⁾. Le résultat de ces études guidera les industries et les laboratoires de recherche, dans l'amélioration des pratiques mises en place pour protéger les travailleurs exposés (9, 10).

GENERAL CONCLUSION

These articles emphasize on two types of nanoparticles that can be used or produced in workplace. In view of these two publications, it appears urgent to improve both our knowledge of airborne nanoparticles produced unintentionally during various machining processes, but also to evaluate the risk of exposure of workers handling nanoparticles intentionally manufactured. In addition, it appears a crucial lack of information on the presence of nanoparticles in the industries and especially a safe negligence in use.

It is essential to improve our knowledge to develop epidemiological studies on risk assessment from exposure to NP⁽⁶⁾. The results of these studies will guide industry and laboratories in improving practices to protect exposed workers (9, 10).

Lexique

- (1) NP: Nanoparticule
- (2) MEB: Microscope électronique à balayage
- (3) Concentration en nombre: Elle est définie comme le nombre de particules par unité de volume (nombre/cm³)
- (4) Concentration surfacique: Elle est définie comme la surface disponible des particules (µm²/cm³). Elle est appelée aussi surface active.
- (5) Concentration en masse: Elle est définie comme la masse de particules par unité de volume (g/cm³)
- (6) Diamètre aérodynamique: Il est défini comme le diamètre d'une particule sphérique de densité normalisée de 1 g/cm³ ayant la même vitesse de chute que la particule considérée.
- (7) Diamètre de mobilité: Il est défini comme le diamètre d'une particule sphérique ayant la même mobilité électrique que la particule considérée.

Publications de référence

- (1) **Maynard AD et Aitken RJ.** Assessing exposure to airborne nanomaterials: Current abilities and future requirements. *Nanotoxicology* 2007;1(1):26-41
- (2) **Roco, MC, Mirkin CA et Hersam MC.** Nanotechnology Research Directions for Societal Needs in 2020 - Retrospective and Outlook. *Berlin and Boston: WTEC Study on Nanotechnology Research Directions* 2010; 610 p.
- (3) **Fryzek JP, Chadda B, Marano D, et al.** A cohort mortality study among titanium dioxide manufacturing workers in the United States. *J Occup Environ Med* 2003;45(4):400-9.
- (4) **Grieger KD, Hansen SF et Baun A.** The known unknowns of nanomaterials: Describing and characterizing uncertainty within environmental, health and safety risks. *Nanotoxicology* 2009;3(3):222-33.

- (7) **Lee MH, McClellan WJ, Candela J, et al.** Reduction of nanoparticles exposure to welding aerosols by modification of the ventilation system in a workplace. *J Nanopart Res* 2007;9:127-36
- (8) **Gomes JF, Albuquerque PC, Miranda RM, et al.** Determination of airborne nanoparticles from welding operations. *J Toxicol Environ Health*. 2012;75(13-15):747-55

Revue de la littérature

- (5) **Oberdorster G, Stone V et Donaldson K.** Toxicology of nanoparticles: A historical perspective. *Nanotoxicology* 2007;1(1):2-25.
- (6) **Singh N, Manshian B, Jenkins G, et al.** NanoGenotoxicology: The DNA damaging potential of engineered nanomaterials. *Biomaterials* 2009;30(23-24):3891-914.
- (9) **Ostiguy C, Roberge B, Woods C, et al.** Engineered Nanoparticles – Current knowledge about OHS risks and prevention measures, second edition, 2010, IRSST report R-656, Montréal, Québec, 143 pages.
- (10) **Ostiguy C, Roberge B, Ménard L, et al.** Guide de bonnes pratiques favorisant la gestion des risques reliés aux nanoparticules de synthèse 2008. R-586. Montréal: Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail, 73 p.

Autres publications identifiées

Nilsson P, Isaxon C, Eriksson A, et al. Nano-objects emitted during maintenance of common particle generators: direct chemical characterization with aerosol mass spectrometry and implications for risk assessments. *J Nanopart Res* 2013;15(11):2052
Cet article détaille une nouvelle méthode de mesure (LV-AMS pour Laser Vaporization Aerosol Mass Spectroscopy) des nanoparticules aéroportées. Cette technique permet de séparer et de quantifier les types de NP^a à identifier même en présence d'autres particules. Cette méthode est à lecture directe. Les mesures réalisées, dans le cadre de cette étude, portent sur des nanoparticules produites de façon involontaire lors de la maintenance de deux types de générateurs de particules (générateur à décharge d'étincelles et un four à haute température).

Kreider ML, Burns AM, DeRose GH, et al. Protecting Workers from Risks Associated with Nanomaterials: Part I, Exposure Assessment. *Occupational Health and Safety*. Juillet 2013; Site Internet consulté le 10 décembre 2013: <http://ohsonline.com/Articles/2013/07/01/Protecting-Workers-Nanomaterials-Part-I.aspx>

Cette publication met en évidence l'évaluation de l'exposition des travailleurs aux nanoparticules manufacturées. Elle recommande l'utilisation de plusieurs métriques pour caractériser les nanoparticules aéroportées (le nombre, la masse, la surface spécifique). Les auteurs proposent différentes techniques d'échantillonnage complémentaires.

Kreider ML, Burns AM, DeRose GH, et al. Protecting Workers from Risks Associated with Nanomaterials: Part II, Best Practices in Risk Management. *Occupational Health and Safety*. Septembre 2013; Site Internet consulté le 10 décembre 2013 : <http://ohsonline.com/articles/2013/09/01/protecting-workers-from-risks-associated-with-nanomaterials.aspx>

Dans cette note, les auteurs proposent des moyens disponibles pour protéger les travailleurs en contact avec des nanoparticules. Ces moyens peuvent être de contrôle (filtres) ou, en dernier recours, l'utilisation d'équipements de protection individuelle comme les gants, les vêtements de protection et les masques.

Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent :

- n'avoir aucun conflit d'intérêts;
- avoir un ou plusieurs conflits d'intérêts.