

Nanoparticules - maîtrise de l'exposition : concepts et réalisations

Période : septembre 2013 à novembre 2013

Maximilien DEBIA et Charles BEAUDRY | maximilien.debia@umontreal.ca

Université de Montréal – Département de santé environnementale et santé au travail – Montréal, Qc – Canada

Mots clés : Exposition, Mesures, Nanoparticules, Temps réel

Il y a toujours absence de consensus sur les types de mesures (massiques et autres) à retenir pour décrire adéquatement l'exposition des personnes aux nanoparticules mais il faut dès maintenant pouvoir évaluer l'efficacité des moyens de maîtrise de l'exposition. Qu'il s'agisse de proposer une méthodologie générale pour l'évaluation de cette efficacité ou de mesurer l'efficacité spécifique d'équipements commerciaux protecteurs, tout apport permet de restreindre l'incertitude associée à l'évaluation du risque d'être exposé à des nanoparticules.

Critères pour guider la maîtrise des pics d'émission et l'exposition aux nanoparticules manufacturées aéroportées

McGarry P, Morawska L, Knibbs LD, Morris H. Excursion guidance criteria to guide control of peak emission and exposure to airborne engineered particles. *J Occup Environ Hyg* 2013;10(11):640-51.

Résumé

Partant du constat qu'il n'existe pas de méthode reconnue pour la mesure des différentes caractéristiques des nanoparticules, les auteurs ont réalisé différentes mesures dans des milieux de travail afin de proposer des critères pour combler certaines lacunes de l'évaluation de l'exposition en milieu professionnel. Les auteurs ont notamment voulu répondre à trois questions : 1) en l'absence de VLE⁽¹⁾ quantitatives pour la majorité des nanoparticules, la mesure de courte durée des concentrations de particules présentes dans l'air avant la mise en œuvre d'un procédé de nanotechnologie (bruit de fond) peut-elle servir de valeur de référence pour évaluer l'émission et l'exposition aux nanoparticules ? ; 2) quels types de mesure devraient être utilisés en environnement professionnel pour évaluer les émissions d'un procédé de nanotechnologie ? et 3) l'ampleur des pics de concentration peut-elle être utilisée comme critère pour décider ou non du besoin d'un contrôle supplémentaire des moyens de maîtrise.

Les auteurs ont mesuré toutes les cinq secondes pendant environ une heure les émissions de six procédés de nanotechnologie comme un procédé d'extrusion et de broyage à jet, localisés dans des lieux de travail différents. Les mesures ont été faites simultanément avec un CPC⁽²⁾ (TSI P-Trak 8525), un OPC⁽³⁾ (TSI Aerotrak 9036) pour les concentrations en nombre et un photomètre (TSI DustTrak 8520) équipé d'un impacteur (2,5 µm) pour la concentration massique. Les mesures ont été effectuées près des sources d'émissions et près de la zone respiratoire lorsque possible.

Concernant le bruit de fond, les auteurs montrent une variation de deux ordres de grandeur entre les six procédés (en l'absence

de toute manipulation) en termes de nombre de particules et ce pour les trois plages de diamètres de particules (20-1 000 nm, 300-3 000 nm et 3 000-10 000 nm) alors qu'il variait d'un facteur 25 en terme massique. Ils indiquent aussi le besoin de s'assurer de l'absence de procédés polluants à proximité, liés à une opération de soudure, d'un employé de maintenance lors des mesures. Le rapport du bruit de fond d'une journée à l'autre pour le même lieu peut varier d'un ordre de grandeur. Le rapport concentration en nombre procédé / bruit de fond pouvait atteindre également deux ordres de grandeur autant pour les pics de concentration que pour les moyennes sur 30 minutes. Le rapport pics de concentration massique procédé / bruit de fond a même atteint quatre ordres de grandeur.

Suite aux mesures et à leurs observations, les auteurs recommandent de faire une revue des installations si les moyennes sur 30 minutes de concentration en nombre ou massique dépassent 3 fois le bruit de fond pour une période de plus de trente minutes dans une journée ou si un pic de concentration dépasse 5 fois le bruit de fond, proposition qui s'apparente à celle de l'ACGIH pour les contaminants chimiques qui non pas de VLE⁽¹⁾ de courte durée (STEL - 15 minutes) ou de valeur plafond (Ceiling) (1). D'autres recommandations sont proposées selon le type de lieu de travail (chambre blanche) ou selon la toxicité des matériaux.

Commentaire

L'intérêt de cet article est double. D'abord, en l'absence de VLE⁽¹⁾ quantitatives, il propose une méthode simple et universelle pour évaluer l'efficacité des moyens de maîtrise en place lors de la manipulation de nanoparticules. Ensuite, afin que leurs recherches soient facilement transférables en milieu professionnel, les auteurs ont travaillé avec des instruments parmi les plus portatifs, relativement simples d'utilisation et parmi les moins chers sur le marché actuellement.

Cependant, les auteurs observent que le bruit de fond peut varier d'un ordre de grandeur (facteur 10) d'une journée à l'autre dans le même lieu. Cette variation pourrait donc être suffisante pour masquer les dépassements liés aux procédés de nanotechnologie si elle n'est pas prise en compte dans la méthodologie.

Exposition potentielle par inhalation et efficacité du confinement quand on utilise des enceintes de sécurité pour la manutention des nanoparticules

Tsai CS-J. Potential inhalation exposure and containment efficiency when using hoods for handling nanoparticles. *J Nanopart Res* 2013;15(9):1880.

Résumé

Différentes études ont démontré le potentiel d'exposition aux nanoparticules par voie d'inhalation lors de la manipulation de nanomatériaux en vrac (1) et plus spécifiquement lors de la manipulation de nanoparticules dans des hottes de laboratoire conventionnelles (3). Cette étude visait à évaluer l'efficacité du confinement des nanoparticules lors de leur manipulation dans le cas de deux enceintes de sécurité biologique et de deux boîtiers et ce, dans deux cas couramment utilisés en laboratoire. La particularité des enceintes de sécurité biologique est leur fente d'aspiration située à la base de l'enceinte au niveau de la fenêtre coulissante qui induit un mouvement de l'air vers le bas en plus de l'aspiration conventionnelle vers le fond de l'enceinte.

La mesure d'efficacité (mesure de concentration en nanoparticules) a été faite lors du transfert de 100 g de nanoparticules d'alumine (27 à 56 nm partiellement agglomérée avec des agglomérats de 200 nm) d'un bécher à un autre avec une spatule ou en versant le contenu d'un bécher dans l'autre directement, dans des enceintes de laboratoires de chimie. Les mesures de concentration en nombre en temps réel étaient faites simultanément avec un FMPS⁽⁴⁾ (TSI 3091 - particules de 5,6 à 560 nm) et un APS⁽⁵⁾ (TSI 3321 - particules de 500 nm à 20 µm). Ces mesures ont été faites dans différentes zones incluant la zone respiratoire à l'extérieur de l'enceinte et comparées à la concentration de nanoparticules avant l'opération (bruit de fond). Les photos présentes dans l'article identifient bien les points de prélèvement et le fonctionnement des systèmes de confinement.

Le profil du bruit de fond montre des concentrations variant de 0 à 7 500 particules par cm³, les valeurs les plus élevées étant pour les particules de 10 à 20 nm (5 000 à 7 500 p/cm³) et celles aux environs de 100 nm (4 500 à 5 000 p/cm³). Ce profil est typique de celui observé dans des laboratoires de chimie. L'augmentation maximale de concentration (par rapport à la concentration en bruit de fond) observée lors de la manipulation de nanoparticules était inférieure à 1 400 particules par cm³ (particules plus petites que 560 nm) pour un des deux boîtiers alors qu'elle était de zéro pour une des deux enceintes de sécurité biologique. Ce niveau d'exposition est environ dix fois inférieur à celui observé par la même auteure avec des hottes de laboratoire conventionnelles (3) montrant l'efficacité accrue de ce type de confinement.

Commentaire

La méthode d'évaluation de l'exposition décrite et les résultats obtenus par l'auteure ne laisse planer aucun doute sur l'efficacité du confinement des équipements testés. Les photographies montrant l'exercice de manutention permettent de bien comprendre le procédé et de bien identifier les points de mesure. Les photographies montrant le parcours des aérosols à l'intérieur de l'enceinte lors de la manutention mettent en évidence le niveau de perturbation de l'écoulement de l'air créé par le mouvement des mains dans l'enceinte et l'apport à l'efficacité de la fente d'aspiration des enceintes de sécurité biologique. Bien que l'information soit disponible sur les sites web des deux fabricants d'enceintes de sécurité biologique, un croquis de ces équipements aurait facilité la compréhension de leur fonctionnement.

CONCLUSION GÉNÉRALE

De nombreux nanomatériaux sont déjà en usage commercial et l'incertitude quant à leurs propriétés toxiques demeure. Des outils méthodologiques permettant d'évaluer l'efficacité des moyens de maîtrise de l'exposition aux nanoparticules, sans attendre la mise en place de VLE⁽⁶⁾ pour ces contaminants, est donc nécessaire.

Les auteurs de la première publication proposent une méthode qui permet de tenir compte de la grande variabilité: 1) des concentrations d'aérosols en bruit de fond de plusieurs procédés différents, 2) d'un même procédé à des périodes différentes, 3) liée aux plages de diamètres de nanoparticules et, finalement, 4) entre les concentrations en nombre et les concentrations massiques.

En appliquant les critères proposés par McGarry *et coll.* (4) aux résultats obtenus par Tsai C. S.-J. (5) quant à la moyenne des concentrations en nombre, le rapport au bruit de fond est d'environ 1,2 ce qui est inférieur à la valeur de trois, proposée par McGarry *et coll.* (4) pour justifier le besoin de d'accentuer l'analyse des moyens de maîtrise. Ce critère proposé par McGarry *et coll.* (4) semble s'accorder avec la remarque de Tsai C S-J. (5) qui juge exceptionnelle l'efficacité des quatre moyens de maîtrise analysés dans son étude. Cependant, il faut rester prudent avec ce critère compte tenu de la variabilité du bruit de fond (un ordre de grandeur) d'un même environnement d'une journée à l'autre observée par McGarry *et coll.* (4). Le processus proposé par McGarry *et coll.* (4) aurait sans doute besoin de raffinement mais la démarche proposée a l'avantage d'être simple et ne nécessite que des instruments de base pour la mesure des nanoparticules.

GENERAL CONCLUSION

There is a need to officialise the techniques used to evaluate the performance of control measures associated with nanoparticle technologies notwithstanding the present lack of TLVs for these contaminants. This is made clear by the two papers of this note. Numerous nanomaterials are already in commercial use and the uncertainty about their toxic effects is still present.

Both papers show the great variability of background aerosols concentrations between various nanoparticle technologies, the day-to-day variability of a single process, the concentration variability between different particle size ranges and the one between mass and number concentrations.

Applying McGarry et al. (4) criteria to the results obtained by Tsai C S-J (5) for the average of the different number concentrations (over different particle sizes) the ratio to the background is approximately 1.2 which is smaller than three. This "pass grade" of McGarry et al. (4) seems to match Tsai C S-J (5) comment that finds exceptional the efficiency of the four hoods tested in her study. However, it would seem preferable to be cautious with this "pass grade" given the background day-to-day concentration variability (one order of magnitude) in a single environment observed by McGarry et al. (4). These last authors (4) process may need more tuning but it has the advantage of being simple and requires only basic nanoparticles measuring instruments.

- (5) Tsai C S-J. Potential inhalation exposure and containment efficiency when using hoods for handling nanoparticles. *J Nanopart Res* 2013;**15**(9):1880.

Autres publications identifiées

Nowack B, Brouwer C, Geertsma R E, et al. Analysis of the occupational, consumer and environmental exposure to engineered nanomaterials used in 10 technology sectors. *Nanotoxicology* 2013;**7**(6):1152-6

Évaluation de l'exposition

Engeman CD, Baumgartner L, Carr BM, et al. The hierarchy of environmental health and safety practices in the US Nanotechnology workplace. *J Occup Environ Hyg* 2013;**10**(9):487-95

Moyens de maîtrise de l'exposition

Nowack B, David R M, Fissan H, et al. Potential release scenarios for carbon nanotubes used in composites. *Environ Int* 2013;**59**:1-11

Identification des mécanismes d'émission de nanoparticules

Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent :

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

Lexique

- (1) VLE : Valeur limite d'exposition
- (2) CPC : Compteur de noyaux de condensation
- (3) OPC : Compteur optique de particules
- (4) FMPS : Spectromètre de mobilité électrique rapide
- (5) APS° : Spectromètre de diamètre aérodynamique
- (6) TLV : Threshold Limit Value (Valeur limite d'exposition)

Publications de référence

- (1) **ACGIH 2010 TLVs and BEIs.** Cincinnati, Ohio: ACGIH, 2010
- (2) **Dahm M, Evans D, Schubaur-Berigan M, et al.** Occupational exposure assessment in carbon nanotube and nanofiber primary and secondary manufacturers. *Ann Occup Hyg* 2012;**56**(5):542-56
- (3) **Tsai SJ, Ada E, Isaacs J, et al.** Airborne nanoparticle exposures associated with the manual handling of nanoalumina and nanosilver in fume hoods. *J Nanopart Res* 2009;**11**(1):147-61
- (4) **McGarry P, Morawska L, Knibbs LD, et al.** Excursion guidance criteria to guide control of peak emission and exposure to airborne engineered particles. *J Occup Environ Hyg* 2013;**10**(11):640-51.