

Nanotechnologies

Maîtriser les risques pour la santé et la sécurité

UN PREMIER GUIDE QUÉBÉCOIS DE BONNES PRATIQUES DE LA GESTION DES RISQUES LIÉS AUX NANOPARTICULES DE SYNTHÈSE EST MAINTENANT PUBLIÉ. PRÉPARÉ CONJOINTEMENT PAR L'IRSSST, LA CSST ET NANOQUÉBEC, IL PROPOSE UNE STRATÉGIE DE PRÉVENTION APPLICABLE AUX TRAVAILLEURS ET AUX CHERCHEURS QUI DÉVELOPPENT, FABRIQUENT OU UTILISENT DES NANOPARTICULES. REGARDS « SANTÉ ET SÉCURITÉ » SUR LA PLUS RÉCENTE RÉVOLUTION INDUSTRIELLE À CE JOUR.

CE N'EST PAS TOUS LES JOURS que le monde du travail doit s'adapter aux

Point de départ

Interpellés par la montée fulgurante des nanotechnologies, l'IRSSST et ses partenaires voient là une excellente occasion d'accompagner le développement de ce secteur d'activité en proposant un guide de bonnes pratiques relatives à la santé et à la sécurité.

Responsables

Claude Ostiguy¹ et Brigitte Roberge, de l'IRSSST; Luc Ménard, de la CSST; et Charles-Anica Endo, de Nano-Québec.



Résultats

Compte tenu des connaissances fragmentaires à ce jour sur les effets toxiques des nanoparticules, le mot d'ordre des auteurs est de réduire systématiquement l'exposition des travailleurs à ces éléments infiniment petits. Du même souffle, ils estiment que les connaissances actuelles, développées notamment pour la maîtrise de l'exposition aux particules ultrafines, peuvent permettre de gérer raisonnablement les risques qui en découlent.

Utilisateurs

Les chercheurs impliqués dans le développement des nanotechnologies, les travailleurs des PME mises sur pied grâce à ce savoir-faire, ainsi que toutes les entreprises qui produisent ou incorporent déjà des nanomatériaux dans leurs produits.

retombées d'une révolution industrielle. C'est toutefois le cas depuis quelques années avec l'émergence en force des nanotechnologies et de tous les matériaux nanométriques qui en découlent, des nanotubes aux fullerènes. Plusieurs produits incorporent déjà des nanoparticules dans leurs structures et sont commercialisés depuis un certain temps; c'est probablement le cas de la crème solaire que vous avez utilisée l'été dernier. Cependant, les chances que vous puissiez le vérifier sur l'étiquette du produit sont à toutes fins utiles inexistantes, car il n'y a pas d'obligation d'y indiquer leur présence.

À l'échelle internationale, on dénombre actuellement plus de 800 produits nanotechnologiques que commercialisent plus de 460 compagnies établies dans 21 pays, ce qui représente un marché mondial de l'ordre de 200 milliards de dollars.

« Au moins deux entreprises québécoises ont maintenant la capacité de fabriquer des nanoparticules (NP) à grande échelle », dit Claude Ostiguy, directeur du Service soutien à la recherche et à l'expertise de l'IRSSST, un des quatre auteurs du guide. La plupart des universités québécoises, au moins quatre cégeps (qui forment maintenant des nanotechnologues) et plusieurs centres de recherche sont aussi dans le coup. Bref, ce secteur est tout, sauf ralenti.

CRÈME SOLAIRE ET BILLE D'ARGENT

Par nanomatériaux et nanoparticules, on entend des éléments de taille

infinitésimale, qu'il est possible désormais de manipuler et d'assembler jusqu'à l'échelle de l'atome. On accède aujourd'hui à cet ordre de grandeur par les nouvelles « fenêtres » que les microscopes ultrapuissants – dont ceux qui ont un effet tunnel – ouvrent sur l'intimité de la matière.

L'immense intérêt que bon nombre de secteurs industriels expriment envers les nanotechnologies tient au fait qu'à cette taille, les matériaux démontrent des propriétés toutes nouvelles qui, en outre, leur sont exclusives. Ces caractéristiques uniques de certaines nanoparticules laissent entrevoir des applications dans tous les domaines de l'activité économique : des matériaux plus résistants, des ordinateurs plus puissants et moins énergivores, des cosmétiques révolutionnaires, des outils de diagnostic médical plus précis, des médicaments utilisés à faibles doses ciblant spécifiquement l'organe malade et sans effets secondaires...

Qu'est-ce qu'une propriété exclusive à un nanomatériau? À l'échelle « nano », un métal peut être plus facile à fondre, la réduction de sa taille ayant un effet à la baisse sur son point de fusion. Toujours à cette échelle, un matériau peut démontrer des propriétés optiques différentes. C'est ainsi que plusieurs « recettes » de crème solaire incorporent maintenant des particules de dioxyde de titane (TiO_2) de dimension nanométrique dans leurs composants de base. L'une des propriétés du TiO_2 est sa capacité de bloquer certains UV solaires dommageables pour la peau. Or, en étant « nanométrisée », cette poudre blanche normalement opaque au rayonnement visible devient transparente, et son efficacité à capter le rayonnement ultraviolet est améliorée. Il y a donc deux avantages importants à utiliser le dioxyde de titane à des dimensions nanométriques : la protection contre les UV est accrue et la crème est plus attrayante, passant de blanche à totalement invisible.

Claude Ostiguy y va d'un autre exemple : « Prenez une bille d'argent de



Plusieurs « recettes » de crème solaire incorporent maintenant à leurs composants de base des particules de dioxyde de titane, TiO_2 , de dimension nanométrique, qui peuvent bloquer certains UV solaires dommageables pour la peau. Or, « en nanométrisant » le TiO_2 , cette poudre blanche devient transparente mais son efficacité de captation du rayonnement ultraviolet est améliorée.

un centimètre de diamètre et réduisez-la à un micromètre (un millionième de mètre). De grise, sa couleur passera à... un gris bleuté. Réduisez-la encore, mais cette fois jusqu'à un diamètre bien contrôlé, allant de un à 10 nanomètres. À cette taille, le métal offrira des propriétés optiques et électroniques uniques, notamment la capacité d'absorber la lumière et de la réémettre à une longueur d'onde spécifique dans le visible et changeante, selon la variation, ne serait-ce que d'un nanomètre, de la particule. Cette nouvelle propriété de luminescence variable de l'argent, lorsque réduite en particules nanométriques, sera avantageusement utilisée, par exemple en imagerie médicale. »

Avec de tels résultats, pas étonnant que les entreprises et les gouvernements

soient attirés par les nanotechnologies. Cela dit, il faut bien avouer qu'il existe un important retard dans les connaissances touchant la santé et la sécurité des travailleurs qui sont en contact avec ces nouveaux matériaux. Force est de reconnaître que l'évaluation quantitative du risque est passablement difficile à établir actuellement. Cela peut expliquer en bonne partie que l'un des « messages-phare » des auteurs du guide soit pour l'instant libellé ainsi : prévention, prévention, voire... précaution !

RISQUE = TOXICITÉ X EXPOSITION

Certes, plusieurs effets toxiques des nanoparticules (NP) ont déjà été démontrés chez l'animal. Par exemple, on sait qu'à cause de leur taille infime, certaines d'entre elles peuvent aisément traverser les membranes pulmonaires ou gastro-intestinales pour se retrouver dans le sang et, de là, être « distribuées » dans les différents organes. D'autres peuvent même voyager le long des nerfs olfactifs et pénétrer directement dans le cerveau.

Les données toxicologiques spécifiques aux NP chez l'humain sont toutefois limitées. Ce que l'on sait de façon générale pour l'instant, c'est que :

- les NP sont normalement plus toxiques que les substances chimiques équivalentes de taille supérieure;
- elles se distribuent de façon différenciée dans l'organisme sans qu'il soit encore possible d'anticiper tous les effets de leur présence;
- compte tenu de leur grande surface spécifique, plusieurs des produits qui en contiennent présentent également des risques d'incendie ou d'explosion;

- les approches classiques d'évaluation de l'exposition professionnelle basées sur la masse du produit sont inadéquates en ce qui concerne les NP.

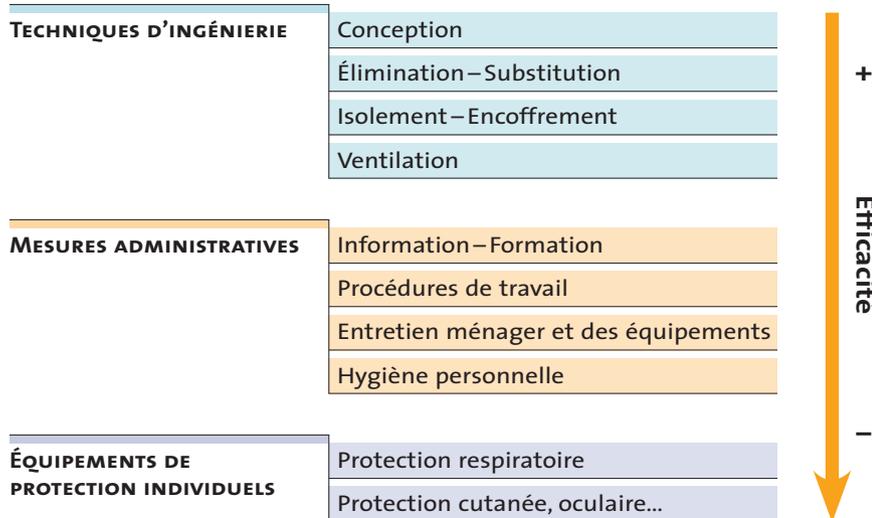
« Quoique de grandes tendances se dessinent et signalent divers effets toxiques, il ressort que chaque produit pourrait avoir une toxicité qui lui est propre, écrivent les auteurs. Dans un tel contexte d'incertitudes où il est presque impossible de disposer de l'ensemble des informations permettant l'évaluation de la toxicité du produit, l'instauration de procédures strictes de prévention demeure la meilleure façon de prévenir le développement de maladies professionnelles. »

**LES CONNAISSANCES
EN PRÉVENTION DONT ON DISPOSE
ACTUELLEMENT, COUPLÉES
À L'EXPERTISE DES INTERVENANTS
QUÉBÉCOIS DE PREMIÈRE LIGNE,
PEUVENT BEL ET BIEN PERMETTRE
DE CONCEVOIR ET D'IMPLANTER
DES PROGRAMMES DE PRÉVENTION
MINIMISANT L'EXPOSITION
DES TRAVAILLEURS.**

Mais alors, si l'évaluation du risque qu'encourent les travailleurs apparaît si problématique, la meilleure chose à faire ne serait-elle pas d'opter pour une autre technologie? « Les enjeux économiques sont énormes et le mouvement des nanotechnologies est déjà répandu à l'échelle planétaire, et ce, de façon irréversible », affirme Claude Ostiguy.



Photo: iStockphoto



Du même souffle, le scientifique estime que les connaissances en prévention dont on dispose actuellement – « prenez, par exemple, ce qui a été développé du côté des fumées de soudage ou des poussières ultrafines » –, couplées à l'expertise des intervenants québécois de première ligne, peuvent bel et bien permettre de concevoir et d'implanter des programmes de prévention minimisant l'exposition des travailleurs. « Et comme l'équation du risque ne repose pas uniquement sur la toxicité du produit (qu'on connaît peu ou pas), mais aussi, obligatoirement, sur l'exposition du travailleur aux éléments en question (d'où la formule suivante : **risque = toxicité x exposition**), jouons à fond sur le dernier élément de l'équation : l'exposition. » Dans les circonstances, l'une des nouvelles avenues de bonnes pratiques disponibles est celle qu'on qualifie de *control banding*, dit Claude Ostiguy.

LE CONTROL BANDING

Cet outil mis au point en Grande-Bretagne, qui s'ajoute à tous ceux dont disposent déjà les hygiénistes industriels, permet de tenir compte des informations disponibles (toxicité, niveau d'exposition) et d'élaborer des hypothèses logiques sur celles qui manquent. Dans le guide, les auteurs formulent les choses ainsi : « L'approche de *control banding* (...) permet de déterminer le niveau de maîtrise réaliste à mettre en place dans une situation donnée, et ce, même dans un contexte où toutes les informations souhaitables ne sont pas disponibles. » Plus spécifiquement, en

utilisant un nombre limité de facteurs, mais en se basant néanmoins sur de solides fondements de l'hygiène du travail, la méthode permet d'établir, pour chaque poste de travail, un indice de gravité du risque, qui peut se situer à quatre niveaux de contrôle, chacun étant lié à une stratégie différente (et hiérarchique) de protection-prévention : ventilation générale, hottes et système de ventilation à la source, circuit fermé, obligation de consulter un expert.

Mais comment s'assurer de protéger les travailleurs? « En appliquant les approches que l'on utilise collectivement au Québec depuis des décennies, explique Claude Ostiguy. En effet, s'assurer d'intégrer les préoccupations de santé et de sécurité du travail aux pratiques de gestion et les adapter aux conditions spécifiques du milieu de travail demeure la meilleure stratégie de maîtrise des risques. Mais, pour réussir, une telle approche doit être une composante de la culture d'une entreprise et les deux parties, employeurs et employés, doivent s'impliquer activement dans la démarche de prévention. Les connaissances sur les risques associés aux nanoparticules sont en pleine évolution; il est essentiel de revoir fréquemment les informations qui deviennent disponibles et d'améliorer continuellement le programme de prévention sur la base de ces nouvelles informations. »

« Si l'on veut éviter la survenue d'accidents ou le développement de maladies professionnelles reliés aux nanoparticules, préconisons pour l'instant une approche très préventive, voire légèrement excessive s'il le faut, conclut

Claude Ostiguy. Il sera toujours temps, lorsque l'on connaîtra plus précisément les risques réels, d'adapter, à la baisse au besoin, les niveaux de protection mis en place. »

La figure 1 illustre sommairement les différentes approches classiques de la maîtrise de l'exposition. Les techniques d'ingénierie devraient toujours constituer les premières mesures implantées, alors que les équipements de protection individuels ne devraient être utilisés qu'en dernier recours. **PT**

LUC DUPONT

Pour en savoir plus

OSTIGUY, Claude, Brigitte ROBERGE, Luc MÉNARD, Charles-Anica ENDO. *Guide de bonnes pratiques favorisant la gestion des risques reliés aux nanoparticules de synthèse*, Guide technique R-586, 73 pages.

Téléchargeable gratuitement : www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSSST/R-586.pdf

OSTIGUY, Claude, Brigitte SOUCY, Gilles LAPOINTE, Catherine WOODS, Luc MÉNARD, Mylène TROTTIER. *Les effets sur la santé reliés aux nanoparticules*, Seconde édition, Rapport R-558, 120 pages.

Téléchargeable gratuitement : www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSSST/R-558.pdf

OSTIGUY, Claude, Gilles LAPOINTE, Luc MÉNARD, Yves CLOUTIER, Mylène TROTTIER, Michel BOUTIN, Monty ANTOUN, Christian NORMAND. *Les nanoparticules : connaissances actuelles sur les risques et les mesures de prévention en santé et en sécurité du travail*, Rapport R-455, 90 pages.

Téléchargeable gratuitement : www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSSST/R-455.pdf

« Les effets des nanotechnologies sur la santé – L'IRSSST s'attaque à ce problème de taille », *Prévention au travail*, Automne 2006, p. 17-22.

Téléchargeable gratuitement : www.irsst.qc.ca/files/documents/fr/prev/v19_04/17-22.pdf

Site Web : www.ethique.gouv.qc.ca/Ethique-et-nanotechnologies-se.html#documents

Pour commentaires et suggestions : magazine-prevention@irsst.qc.ca