

Ecotoxicité des nanoparticules

Fiche d'information

Les nanoparticules, ces structures minuscules de moins de 100 nm, trouvent aujourd'hui une multitude d'applications grâce aux propriétés que leur confère leur grand rapport surface-volume : textile, traitements de surface, semi-conducteurs, domaine médical, leurs utilisations ne se comptent plus. Elles sont beaucoup plus réactives que les particules de plus grande taille et présentent des propriétés optiques particulières. Mais si leurs avantages technologiques sont connus, leur comportement dans l'environnement l'est beaucoup moins. Leur taille lilliputienne, qui fait leur atout, pourrait les rendre dangereuses pour les organismes biologiques en leur permettant d'interagir avec les biomolécules ou de franchir les membranes cellulaires.

Types de nanoparticules et domaines d'utilisation

Les types de nanoparticules les plus utilisés sont:

- Les oxydes métalliques comme ceux de titane, de silicium, d'aluminium, d'étain ou de fer. Ils interviennent dans les cosmétiques (filtres UV, stabilisateurs), les produits alimentaires (anti-agglomérants, liants), les vernis et peintures (traitements anti-corrosion, anti-rayures), les produits d'entretien (traitements de surface) ou encore les céramiques sanitaires (traitements déperlants).
- Les métaux comme l'or et l'argent. Le nano-argent est très employé pour ses propriétés antibactériennes et antimicrobiennes dans les vêtements de sport, les revêtements de façade, les brosses à dents et les produits d'hygiène corporelle. Les nanoparticules d'or ont un emploi principalement médical.
- Les nanoparticules carbonées sous la forme de noir de carbone ou de nanotubes de carbone. Celles de noir de carbone sont très utilisées pour la fabrication des pneus autos dont elles améliorent l'adhérence sur la route. Les nanotubes trouvent une application dans les articles de sport dont ils augmentent la stabilité.
- Les nanocristaux semi-conducteurs comme ceux de sélénure de cadmium ou d'arséniure de gallium. Ils sont notamment utilisés pour la fabrication des panneaux solaires.

Mobilité des nanoparticules dans l'environnement

Lorsqu'elles sont sous forme dispersée, les nanoparticules sont très mobiles. En milieu aqueux, elles ont plutôt tendance à s'agglutiner en amas plus ou moins stables (agrégats, agglomérats) qui limitent leur mobilité. Cette capacité à s'agglutiner dépend des propriétés de leur surface et en particulier de leur charge qui, dans le milieu naturel, peuvent être fortement influencées par leurs interactions avec les composés humiques. Mais les propriétés physicochimiques des nanoparticules peuvent également être modifiées par un traitement spécifique de leur surface: un enrobage a ainsi pour effet de les stabiliser et de réduire leur propension à se lier et donc d'accroître leur mobilité. Les particules peuvent d'autre part changer de propriétés après avoir été absorbées par les organismes.

Absorption par les organismes végétaux et animaux

Au contraire de nombreux autres polluants, les voies d'absorption des nanoparticules par les organismes sont encore assez mal connues. Les animaux aquatiques les absorbent généralement par les branchies, la peau et les parois intestinales, la voie branchiale jouant un rôle majeur chez les poissons. Les animaux terrestres et l'homme les absorbent principalement par voie cutanée, digestive et respiratoire. Cette dernière est la plus préoccupante car les nanoparticules peuvent pénétrer jusque dans les moindres recoins des poumons et atteindre la barrière alvéolocapillaire qui sépare l'air alvéolaire du réseau sanguin. Plusieurs études ont montré sur des cultures cellulaires et sur divers animaux que les nanoparticules d'oxydes métalliques pouvaient être absorbées par les cellules des poumons. Du côté végétal, les plantes supérieures, les algues et les champignons semblent bénéficier d'une certaine protection grâce aux parois cellulaires mais le paramètre décisif pour la pénétration dans une cellule quelle qu'elle soit reste la taille des particules. Dans les cellules animales, les nanoparticules se rencontrent principalement dans les lysosomes et ne semblent pas pénétrer dans le noyau.

Effets et toxicité des nanoparticules

Leur grande surface spécifique confère aux nanoparticules une forte réactivité qui peut les rendre plus nocives que les particules de taille normale. Cette réactivité leur permet ainsi d'interférer dans les processus d'oxydoréduction et de respiration des cellules et de générer des dérivés réactifs de l'oxygène (reactive oxygen species = ROS) susceptibles d'attaquer membranes et organites.

Une certaine toxicité peut également émaner des ions, souvent métalliques, qui sont encore contenus dans les nanoparticules et qui peuvent en être libérés dans certaines conditions. On ignore encore si, de manière générale, les nanoparticules métalliques sont plus nocives que les ions métalliques. Dans le cas de l'argent, des études ont cependant montré que les nanoparticules présentaient vis-à-vis des algues une toxicité plus élevée que ce qu'elle serait du fait des seuls ions libres qu'elles renferment. Ce phénomène pourrait s'expliquer par les interactions du nano-argent avec les algues qui induiraient une émission supplémentaire d'ions d'argent par les particules. Dans un autre cas, des chercheurs ont observé que les nanoparticules de carbure de tungstène/cobalt étaient absorbées par les cellules branchiales de truite arc-en-ciel même lors-

qu'elles se trouvaient sous une forme agglomérée. La toxicité des particules ne s'expliquait pas par les seuls ions cobalt qu'elles avaient libérés.

Les nanoparticules peuvent également avoir une action indirecte sur les organismes. Ainsi, les nanotubes de carbone ne sont pas directement toxiques pour les algues vertes unicellulaires mais ils provoquent leur agglutination et gênent ainsi leur développement. De même, les nanoparticules peuvent s'avérer nocives en favorisant l'entrée d'ions toxiques dans les cellules (cobalt, zinc, cuivre, etc.) alors que leur charge leur en interdirait l'accès: c'est ce que l'on appelle l'effet « cheval de Troie ». Enfin, de nouvelles études viennent de montrer que les nanoparticules pouvaient s'accumuler le long de la chaîne alimentaire.

Liens

InfoNano: Plateforme d'information de la Confédération sur les nanotechnologies
www.bag.admin.ch/nanotechnologie/index.html?lang=fr

Nanomatériaux synthétiques (Résumé). Appréciation et gestion des risques. Rapport de base relatif au plan d'action. (2007) Série Connaissance de l'environnement n° 0721. Office fédéral de l'environnement et Office fédéral de la santé publique, Berne. 10 p.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00058/index.html?lang=fr>

Opportunités et risques des nanomatériaux: Programme national de recherche PNR 64
www.nfp64.ch/F/Pages/home.aspx

Renseignements

Centre Ecotox Eawag/EPFL, 058 765 5562, info@centrecotox.ch

as; Mai 2012