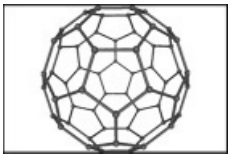


Nanotechnologies

Source :
CSRSEN (2006)

Résumé & Détails:
GreenFacts

Contexte - Les nanotechnologies désignent les technologies qui exploitent les propriétés uniques de minuscules particules dont la taille est de l'ordre du nanomètre (millionième de millimètre).

Les nanotechnologies représentent un marché en rapide expansion ; on les utilise déjà dans une variété de technologies et de produits de consommation. (Cliquer ici [voir http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/] pour obtenir une liste de tels produits)

Cependant, les matériaux contenant des nanoparticules peuvent être préoccupants pour la santé humaine et l'environnement, et il convient d'évaluer les risques induits par ces matériaux récemment développés.

Les méthodologies qui existent pour évaluer ces risques sont-elles appropriées ?

Une évaluation du Comité scientifique des risques sanitaires émergents et nouveaux (CSRSEN/SCENIHR) de la Commission européenne

1. Que sont les nanotechnologies ?.....3
2. Quel est l'état actuel de la nanoscience et des nanotechnologies ?.....3
3. Quelles sont les propriétés physiques et chimiques des nanoparticules ?.....4
4. Comment les nanoparticules sont-elles fabriquées ?.....4
5. Quels usages fait-on des nanoparticules dans les produits de consommation ?.....5
6. Quels sont les potentiels effets néfastes des nanoparticules ?.....5
7. Comment mesurer l'exposition aux nanoparticules ?.....6
8. Les méthodologies actuelles d'évaluation des risques des nanoparticules sont-elles adéquates ?.....6
9. Conclusion – Les méthodologies existantes sont-elles appropriées ?.....7

Les réponses à ces questions sont un résumé fidèle de l'avis scientifique formulé en 2006 par le Comité scientifique des risques sanitaires émergents et nouveaux (CSRSEN) : *"modified Opinion (after public consultation) on the appropriateness of existing methodologies to assess the potential risks associated with engineered and adventitious products of nanotechnologies"*

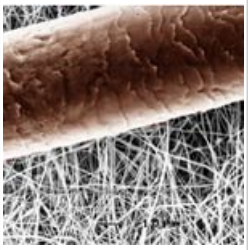
La publication complète est disponible sur : https://copublications.greenfacts.org/fr/nanotechnologies/
et sur : http://ec.europa.eu/health/opinions2/fr/nanotechnologies/

Ce document PDF contient le Niveau 1 d'une Co-publication de GreenFacts. Les Co-publications de GreenFacts sont disponibles en plusieurs langues sous forme de questions-réponses et présentées selon la structure originale et conviviale de GreenFacts à trois niveaux de détail croissant :

- Chaque question trouve une réponse courte au Niveau 1.
- Ces réponses sont développées en plus amples détails au Niveau 2.
- Le Niveau 3 n'est autre que le document source, l'avis scientifique reconnu internationalement et fidèlement résumé dans le Niveau 2 et plus encore dans le Niveau 1.

Toutes les Co-publications de GreenFacts en français sont disponibles sur : https://copublications.greenfacts.org/fr/ et sur : http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/policy/opinions_plain_language/index_fr.htm

1. Que sont les nanotechnologies ?


Un cheveu humain mesure environ 80 000 nm de large
Source: eSpin Technologies, Inc.

1.1 Les nanotechnologies désignent la science qui consiste à concevoir, produire et exploiter des structures et des appareils ayant une ou plusieurs composantes d'environ 100 millionièmes de millimètre (100 nanomètres) ou moins.

Les nanotechnologies ont le potentiel de changer la société de façon significative. Les secteurs de l'information et de la communication, par exemple, y ont déjà recours. Elles sont également utilisées dans les produits cosmétiques et les crèmes solaires, dans le textile, dans des revêtements, dans certaines technologies alimentaires et énergétiques, ainsi que dans certains produits médicaux et pharmaceutiques. De plus, les nanotechnologies pourraient également être utilisées pour réduire la pollution environnementale.

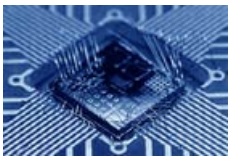
Cependant, les nanoparticules manufacturées peuvent avoir des propriétés et des effets très différents de ceux des mêmes matériaux à des tailles plus grandes, ce qui peut comporter de nouveaux risques pour la santé de l'homme et d'autres espèces. En effet, les mécanismes de défense humains habituels peuvent ne pas être capables de réagir adéquatement à ces particules manufacturées, lesquelles peuvent avoir des caractéristiques jamais rencontrées auparavant.

De plus, les nanoparticules peuvent également se disperser et persister dans l'environnement, et donc avoir un impact sur celui-ci.

2. Quel est l'état actuel de la nanoscience et des nanotechnologies ?

Les connaissances actuelles en nanoscience proviennent des avancées en chimie, physique, sciences de la vie, médecine et ingénierie. Les nanotechnologies font l'objet d'un développement actif ou, déjà, d'une utilisation pratique dans plusieurs domaines :

En **science des matériaux**, les nanoparticules permettent de fabriquer des produits ayant de nouvelles propriétés mécaniques, notamment en termes de rugosité de la surface, de résistance à l'usure et d'adhésion.


Les plus petites composantes d'une puce d'ordinateur sont à l'échelle du nanomètre
Source: NanoPrism Technologies, Inc.

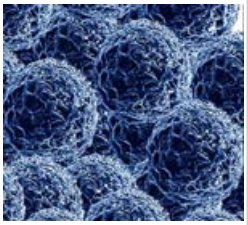
En **biologie** et **médecine**, les nanomatériaux sont utilisés pour améliorer la conception et le ciblage de médicaments. D'autres sont développés en vue d'être utilisés pour les analyses et les instruments.

Des **produits de consommation** tels que cosmétiques, écrans solaires, fibres, textiles, teintures et peintures contiennent déjà des nanoparticules.

En **ingénierie électronique**, les nanotechnologies sont par exemple utilisées pour élaborer des appareils de stockage de données plus petits, plus rapides et moins énergivores.

Des **appareils optiques** comme les microscopes ont également bénéficié des nanotechnologies.

3. Quelles sont les propriétés physiques et chimiques des nanoparticules ?


Les nanoparticules peuvent se grouper
Source: NanoPrism Technologies, Inc.

Les nanoparticules présentent souvent des propriétés physiques et chimiques qui sont très différentes de celles de ces mêmes matériaux à des échelles plus grandes.

Les propriétés des nanoparticules dépendent de leur forme, de leur taille, de leurs caractéristiques de surface et de leur structure interne. Elles peuvent changer en présence de certains produits chimiques.

La composition des nanoparticules et les processus chimiques qui ont lieu à leur surface peuvent être très complexes.

Les nanoparticules peuvent rester libres ou se regrouper, selon les forces d'interaction attractives ou répulsives entre elles.

4. Comment les nanoparticules sont-elles fabriquées ?

Les nanoparticules libres peuvent exister de manière naturelle, être émises involontairement par des activités industrielles ou domestiques comme la cuisine, la fabrication et le transport, ou être spécifiquement conçues pour des produits de consommation et des technologies de pointe.

4.1 Dans la **phase liquide**, les nanoparticules manufacturées sont principalement produites par des réactions chimiques contrôlées, alors que les nanoparticules présentes de façon naturelle sont générées par l'érosion et la dégradation chimique des plantes, de l'argile, etc.

Dans les zones urbaines, la plupart des nanoparticules proviennent des moteurs diesel ou des véhicules dont le convertisseur catalytique est froid ou défectueux

4.2 Dans la **phase gazeuse**, les nanoparticules tant naturelles que manufacturées sont généralement créées via des réactions chimiques au travers desquelles les gaz sont convertis en minuscules gouttelettes liquides qui se condensent ensuite et grandissent. Elles sont rarement issues de la décomposition de particules plus grandes.

4.3 Tant dans les zones rurales qu'urbaines, un litre d'air peut contenir des millions de nanoparticules. Dans les zones urbaines, la plupart des nanoparticules proviennent des moteurs diesel ou des véhicules dont le convertisseur catalytique est froid ou défectueux. Sur certains lieux de travail, l'exposition aux nanoparticules aériennes peut représenter un risque potentiel pour la santé.

5. Quels usages fait-on des nanoparticules dans les produits de consommation ?

Les nanoparticles peuvent augmenter l'adhésion des pneus à la route

Les nanoparticules peuvent permettre d'obtenir des **surfaces et des systèmes** plus solides, plus légers, plus propres et plus « intelligents ». On les utilise déjà pour produire des verres de lunettes résistants aux griffes, des peintures qui résistent aux craquelures, des revêtements anti-graffiti pour les murs, des écrans solaires transparents, etc.

On peut les utiliser pour améliorer la sécurité des **voitures**, par exemple en augmentant l'adhésion des pneus à la route, en améliorant la rigidité des châssis, ou en empêchant les éblouissements ou la formation de buée sur les écrans ou les vitres. Elles peuvent également améliorer la sécurité alimentaire et les emballages.

Elles peuvent également améliorer la **sécurité alimentaire** et les emballages.

En outre, on les utilise de nombreuses manières en **biologie** et en **médecine**, par exemple dans des médicaments qui ciblent des organes ou des cellules spécifiques.

6. Quels sont les potentiels effets néfastes des nanoparticules ?

6.1 Les nanoparticules peuvent avoir les mêmes dimensions que certaines molécules biologiques et peuvent interagir avec celles-ci. **Chez l'homme** et d'autres organismes vivants, elles peuvent se déplacer à l'intérieur du corps, gagner le sang et des organes comme le foie ou le cœur, et peuvent également traverser les membranes cellulaires. Les nanoparticules insolubles sont davantage préoccupantes pour la santé parce qu'elles peuvent rester dans le corps pendant de longues périodes.

6.2 Les paramètres des nanoparticules qui sont pertinents en matière d'effets sur la santé sont la taille (les particules plus petites peuvent être plus dangereuses), la composition chimique et les caractéristiques de la surface, ainsi que la forme.

6.3 Les nanoparticules inhalées peuvent se déposer dans les poumons et peuvent ensuite potentiellement migrer vers d'autres organes comme le cerveau, le foie et la rate. Chez les femmes enceintes, il est possible qu'elles atteignent le fœtus. Certains matériaux pourraient devenir toxiques s'ils sont inhalés sous la forme de nanoparticules. Les nanoparticules inhalées peuvent provoquer une inflammation des poumons ainsi que des problèmes cardiaques.

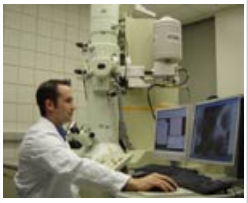
6.4 Le but des nanoparticules utilisées comme vecteurs de médicaments est de transmettre une plus grande part du médicament aux cellules cibles, de réduire les effets nocifs du médicament lui-même sur d'autres organes, ou les deux. Cependant, il est parfois difficile de distinguer la toxicité du médicament de celle de la nanoparticule.

6.5 A l'exception des particules dans l'air qui atteignent les poumons, les connaissances relatives au comportement des nanoparticules dans le corps sont encore minimales. L'évaluation des effets des nanoparticules sur la santé devrait prendre en compte le fait que l'âge, des problèmes au niveau du système respiratoire et la présence d'autres polluants peuvent modifier certains effets sur la santé.

6.6 L'information disponible concernant les effets des nanoparticules sur **l'environnement** est très limitée. Cependant, de nombreuses conclusions tirées d'études portant sur l'être

humain peuvent probablement être extrapolées à d'autres espèces, mais plus de recherches sont nécessaires.

7. Comment mesurer l'exposition aux nanoparticules ?


Scientifique manipulant un microscope électronique
Source: Thames-Rawlins Polymer Research

7.1 Détecter les nanoparticules est difficile, que ce soit dans des gaz ou des liquides. Les nanoparticules sont si petites qu'elles ne peuvent être détectées que par des microscopes électroniques. Des instruments capables de détecter et d'analyser des particules de quelques nanomètres n'ont été développés que récemment.

7.2 La plupart des gens sont exposés de façon régulière à des nanoparticules dans l'air ambiant, ces particules provenant principalement des gaz d'échappement des moteurs diesel. L'exposition aux nanoparticules dans l'air est faible en termes de masse mais significative en termes de nombre de particules. C'est le nombre de particules, leur taille et les caractéristiques de leur surface qui sont déterminants en ce qui concerne les interactions avec les systèmes vivants.

Il n'existe pas d'avis clair permettant de dire quelles mesures seraient les plus appropriées pour évaluer l'exposition. Il n'existe également aucun instrument portable adéquat pour mesurer l'exposition aux nanoparticules. De nouvelles techniques d'échantillonnage et de nouvelles stratégies permettant d'évaluer l'exposition sur le lieu de travail et dans l'environnement devraient être élaborées.

7.3 Actuellement, l'inhalation est, chez l'homme, la principale voie d'exposition aux nanoparticules, et les émissions des véhicules à moteur constituent la principale source de nanoparticules en zone urbaine. L'exposition aux nanoparticules dans l'air peut également se produire sur certains lieux de travail, mais les données sont rares. On sait très peu de choses concernant les autres voies d'exposition, à savoir l'exposition via la peau (qui concerne principalement les cosmétiques ou les préparations pharmaceutiques pour la peau utilisant des nanoparticules) et l'exposition par ingestion.

8. Les méthodologies actuelles d'évaluation des risques des nanoparticules sont-elles adéquates ?

Les produits chimiques sous leur forme nanoparticulaire ont des propriétés qui peuvent être très différentes de celles qu'ils ont sous leurs formes physiques plus grandes. Ils peuvent dès lors se répandre et interagir différemment dans les systèmes biologiques. Par conséquent, il est nécessaire d'évaluer les risques induits par les nanoparticules qui peuvent entrer en contact avec l'homme, d'autres espèces, ou l'environnement, et ce même si les effets nocifs du produit chimique qui constitue les nanoparticules sont bien connus.

8.1 Quelle que soit la méthodologie d'évaluation du risque, il est important qu'elle prenne en compte les différents aspects liés à l'exposition et aux effets sur la santé, telles que les différentes voies possibles d'exposition, la capacité des nanoparticules à se déplacer à l'intérieur du corps, leur potentiel de bioaccumulation, les problèmes possibles liés à la persistance des nanoparticules dans l'environnement, ou les personnes qui pourraient être particulièrement sensibles aux effets nocifs des nanoparticules.

8.2 Dans le but d'évaluer le risque des nanoparticules ou des produits qui en contiennent, il est important de spécifier clairement les propriétés physiques et chimiques de ces

nanoparticules ou produits, les usages prévus, la quantité qui sera produite, les scénarios d'exposition probables et le potentiel d'accumulation dans le corps et dans l'environnement.

8.3 Identifier les dangers de la forme nanoparticulaire d'un produit chimique bien connu requiert une méthode de test permettant de déterminer si cette forme nanoparticulaire provoquera des effets nocifs significativement différents de ceux causés par le même produit chimique à une échelle plus grande.

En ce qui concerne les risques, aucune conclusion générale applicable à tous les produits à base de nanoparticules n'est possible actuellement. Dès lors, chaque produit et processus impliquant des nanoparticules doit être considéré individuellement. Lorsqu'il n'existe pas d'information convenable à propos des risques , une attention particulière doit être portée aux nanoparticules susceptibles de persister dans le corps humain ou celui d'autres espèces.

8.4 Afin d'élaborer des recommandations détaillées sur l'évaluation du risque des nanoparticules, il convient de combler d'importantes lacunes au niveau des connaissances, par exemple en ce qui concerne le comportement des nanoparticules dans le corps et dans l'environnement et l'exposition à ces nanoparticules. Une coopération internationale est nécessaire pour identifier et combler les lacunes dans les connaissances, de même qu'une coopération avec l'industrie.

9. Conclusion – Les méthodologies existantes permettant d'évaluer les risques potentiels pour la santé humaine et l'environnement des produits issus des nanotechnologies sont-elles appropriées ?

En guise de conclusion, le CSRSEN (Comité scientifique des risques sanitaires émergents et nouveaux) de la Commission européenne a exprimé les avis suivants :

- Bien que les **méthodes** existantes soient appropriées pour évaluer bon nombre des risques associés aux produits et processus impliquant des nanoparticules, **il se peut qu'elles ne soient pas suffisantes** pour aborder tous les risques. Par ailleurs, les méthodes existantes utilisées pour l'évaluation de l'exposition environnementale ne sont pas nécessairement appropriées. Dès lors, les procédures actuelles d'évaluation du risque doivent être adaptées pour les nanoparticules.
- **Les méthodologies existantes doivent être adaptées ou de nouvelles développées** pour être capable de mieux déterminer les propriétés physiques et chimiques des nanoparticules, mesurer l'exposition à ces nanoparticules, évaluer leur danger potentiel et détecter leur déplacement à l'intérieur des systèmes vivants, que ce soit dans les tissus humains ou les écosystèmes.
- En général, et malgré le nombre sans cesse croissant de publications scientifiques qui traitent de la nanoscience et des nanotechnologies, **les données et les connaissances scientifiques** relatives aux caractéristiques des nanoparticules, leur détection et leur mesure, leur comportement au sein des systèmes vivants, et tous les aspects de leur nocivité potentielle pour l'homme et l'environnement, **sont insuffisantes** pour que des évaluations de risque satisfaisantes pour l'homme et les écosystèmes soient réalisées.

Les droits d'auteur de la Structure à Trois Niveaux utilisée pour communiquer cet avis du CSRSEN appartiennent à Cogeneris sprl [voir https://www.greenfacts.org].