
**Nanotechnologies — Gestion du
risque professionnel appliquée aux
nanomatériaux manufacturés —**

**Partie 1:
Principes et approches**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
*Nanotechnologies — Occupational risk management applied to
engineered nanomaterials —
Part 1: Principles and approaches*

ISO/TS 12901-1:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b90784df-88a9-4c77-9337-8088bdfaede1/iso-ts-12901-1-2012>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TS 12901-1:2012
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b90784df-88a9-4c77-9337-8088bdfae1/iso-ts-12901-1-2012>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Version française parue en 2014

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Termes et définitions	1
3 Symboles et abréviations	3
4 Types et caractéristiques des nanomatériaux	5
4.1 Généralités.....	5
4.2 Fullerènes.....	5
4.3 Nanotubes de carbone.....	5
4.4 Nanofils.....	5
4.5 Points quantiques.....	5
4.6 Métaux et oxydes de métaux, céramiques.....	6
4.7 Noir de carbone.....	6
4.8 Dendrimères.....	6
4.9 Nanoargiles.....	6
5 Dangers, expositions et risques liés aux nanomatériaux	6
5.1 Généralités.....	6
5.2 Considérations sur les risques potentiels pour la santé liés à l'inhalation de NOAA.....	7
5.3 Considérations sur les risques potentiels pour la santé liés à l'exposition cutanée ou à l'ingestion.....	8
5.4 Les NOAA comme matériaux dangereux.....	8
5.5 Risque d'incendie et d'explosion lié aux NOAA.....	9
6 Approche générale de la gestion des risques liés aux NOAA	9
7 Identification et compétences de la personne réalisant l'évaluation des risques	11
8 Collecte d'information	12
9 Évaluation des risques pour la santé	13
9.1 Généralités.....	13
9.2 Évaluation du danger.....	13
9.3 Évaluation de l'exposition.....	13
9.4 Évaluation et hiérarchisation des risques pour la santé.....	14
9.5 Documentation et révision pour mise à jour.....	14
10 Contrôle du risque	15
10.1 Hiérarchie du contrôle.....	15
10.2 Contrôle de l'exposition.....	15
10.3 Sélection des contrôles.....	17
10.4 Évaluation de l'efficacité du contrôle.....	18
10.5 Information, instruction et formation.....	19
11 Les méthodes de mesure pour évaluer les contrôles	19
11.1 Nécessité des mesures.....	19
11.2 Sélection des instruments.....	20
11.3 Stratégie de prélèvement.....	22
11.4 Limites.....	23
12 Surveillance de la santé	24
13 Déversements et rejets accidentels	24
14 Procédures d'élimination	25
14.1 Planification du stockage et de l'élimination de nanomatériaux.....	25
14.2 Stockage des déchets de nanomatériaux avant leur élimination.....	26
14.3 Élimination de déchets de nanomatériaux.....	26

15	Prévention d'incendies et d'explosions	26
	Annexe A (informative) Approches des contrôles	28
	Bibliographie	37

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TS 12901-1:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b90784df-88a9-4c77-9337-8088bdfae1/iso-ts-12901-1-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b90784df-88a9-4c77-9337-8088bdfae1/iso-ts-12901-1-2012>

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

Dans d'autres circonstances, en particulier lorsqu'il existe une demande urgente du marché, un comité technique peut décider de publier d'autres types de documents normatifs:

- une Spécification publiquement disponible ISO (ISO/PAS) représente un accord entre les experts dans un groupe de travail ISO et est acceptée pour publication si elle est approuvée par plus de 50 % des membres votants du comité dont relève le groupe de travail;
- une Spécification technique ISO (ISO/TS) représente un accord entre les membres d'un comité technique et est acceptée pour publication si elle est approuvée par 2/3 des membres votants du comité.

Une ISO/PAS ou ISO/TS fait l'objet d'un examen après trois ans afin de décider si elle est confirmée pour trois nouvelles années, révisée pour devenir une Norme internationale, ou annulée. Lorsqu'une ISO/PAS ou ISO/TS a été confirmée, elle fait l'objet d'un nouvel examen après trois ans qui décidera soit de sa transformation en Norme internationale soit de son annulation.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO/TS 12901-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 229, *Nanotechnologies*.

L'ISO/TS 12901 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Nanotechnologies — Gestion du risque professionnel relatif aux nanomatériaux manufacturés*:

- *Partie 1: Principes et approches*

Introduction

Le domaine des nanotechnologies continue à connaître des avancements rapides en raison du développement de nouveaux matériaux, produits et applications. En parallèle, de nombreuses questions ont été soulevées liées aux risques potentiels pour la santé humaine et pour l'environnement de certains de ces nouveaux nanomatériaux. Au niveau international, un vaste programme de recherche est en cours dans le but de mieux comprendre et quantifier ces risques. Bien que certains travaux de recherche aient été publiés, cet effort devra se poursuivre pendant un certain temps. Cependant, ceux qui travaillent actuellement dans les domaines de développement et d'utilisation des nanomatériaux ont néanmoins besoin d'évaluer les risques et de mettre en place des stratégies de management du risque efficaces basées sur les preuves disponibles. Il convient que la normalisation internationale sur les nanotechnologies contribue à réaliser le potentiel de cette technologie en ce qui concerne l'amélioration et la durabilité de notre monde à travers le développement économique, en améliorant la qualité de vie, ainsi que le potentiel d'amélioration et de protection de la santé publique et de l'environnement.

La présente partie de l'ISO/TS 12901 vient à l'appui de ces objectifs en décrivant les principes d'un cadre pour le management du risque professionnel et donne des conseils pratiques pour sa mise en œuvre sur la base des meilleures preuves émergentes concernant les risques potentiels liés aux nanomatériaux. L'ISO/TS 12901-2, qui est en cours d'élaboration, décrit une approche spécifique basée sur la gestion graduée des risques afin de faciliter encore plus la mise en œuvre des meilleures pratiques dans ce domaine.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TS 12901-1:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b90784df-88a9-4c77-9337-8088bdfae1/iso-ts-12901-1-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b90784df-88a9-4c77-9337-8088bdfae1/iso-ts-12901-1-2012>

Nanotechnologies — Gestion du risque professionnel appliquée aux nanomatériaux manufacturés —

Partie 1: Principes et approches

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO/TS 12901 fournit des lignes directrices sur les mesures de santé et de sécurité professionnelles relatives aux nanomatériaux manufacturés, y compris l'utilisation de contrôles d'ingénierie et d'équipements de protection individuelle appropriés, des lignes directrices sur la gestion de déversements et de rejets accidentels, ainsi que des lignes directrices sur la manipulation appropriée de ces matériaux lors de leur élimination.

La présente partie de l'ISO/TS 12901 est destinée à être utilisée par des personnes compétentes, telles que des responsables de la santé et de la sécurité, des responsables de production, des responsables environnementaux, des hygiénistes du travail/de l'industrie et les autres personnes en charge du fonctionnement sans danger des installations de production, de manutention, de traitement et de mise au rebut des nanomatériaux manufacturés.

La présente partie de l'ISO/TS 12901 s'applique aux matériaux manufacturés constitués de nano-objets tels que les nanoparticules, les nanofibres, les nanotubes, les nanofils, ainsi que les agglomérats et agrégats de ces matériaux (NOAA).

Le terme «NOAA», tel qu'il est utilisé dans la présente partie de l'ISO/TS 12901, s'applique à de tels composants, soit sous leur forme originale, soit incorporés à des matériaux ou préparations à partir desquels ils pourraient être rejetés, dans une certaine mesure, au cours de leur cycle de vie — y compris, par conséquent, les activités en aval telles que la mise au rebut.

2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

2.1

agglomérat

ensemble de particules faiblement liées, d'agrégats ou mélange des deux dont l'aire de la surface externe résultante est similaire à la somme des aires de surface de chacun des composants

[SOURCE: ISO/TS 27687:2008, définition 3.2]

Note 1 à l'article: Les forces assurant la cohésion d'un agglomérat sont des forces faibles, par exemple forces de Van der Waals ou un simple enchevêtrement physique.

Note 2 à l'article: Les agglomérats sont également appelés particules secondaires et les particules sources initiales sont appelées particules primaires.

2.2

agrégat

ensemble de particules comprenant des particules fortement liées ou fusionnées dont l'aire de la surface externe résultante peut être significativement plus petite que la somme des aires de surface calculées de chacun des composants

[SOURCE: ISO/TS 27687:2008, définition 3.3]

Note 1 à l'article: Les forces assurant la cohésion d'un agrégat sont des forces intenses, par exemple liaisons covalentes ou forces résultant d'un frittage ou d'un enchevêtrement physique complexe.

Note 2 à l'article: Les agrégats sont également appelés particules secondaires et les particules sources initiales sont appelées particules primaires.

2.3

nanomatériau manufacturé

nanomatériau conçu pour un but ou une fonction spécifique

[SOURCE: ISO/TS 80004-1:2010, définition 2.8]

2.4

exposition

contact avec un agent chimique, physique ou biologique par ingestion, inhalation, ou contact avec la peau ou les yeux

Note 1 à l'article: L'exposition peut être de courte durée (exposition aiguë), de durée intermédiaire, ou de longue durée (exposition chronique).

2.5

danger

facteur ou élément biologique, chimique ou physique produisant un effet indésirable sur un individu, l'environnement, un procédé ou un produit

[SOURCE: ISO 14698-2:2003, définition 3.10]

2.6

danger pour la santé

source potentielle d'atteinte à la santé

[SOURCE: ISO 10993-17:2002, définition 3.7]

2.7

nanofibre

nano-objet dont deux dimensions externes similaires sont à la nano-échelle et dont la troisième dimension est significativement plus grande

[SOURCE: ISO/TS 27687:2008, définition 4.3]

Note 1 à l'article: Une nanofibre peut être flexible ou rigide.

Note 2 à l'article: On considère que les deux dimensions externes similaires ont une différence de taille plus petite qu'un facteur trois et on considère que la dimension externe significativement plus grande diffère des deux autres d'un facteur supérieur à trois.

Note 3 à l'article: La dimension externe la plus grande n'est pas nécessairement à la nano-échelle.

2.8

nano-objet

matériau dont une, deux ou les trois dimensions externes sont à la nano-échelle

[SOURCE: ISO/TS 27687:2008, définition 2.2]

Note 1 à l'article: Terme générique pour tous les objets discrets à la nano-échelle.

2.9**nanoparticule**

nano-objet dont les trois dimensions externes sont à la nano-échelle

Note 1 à l'article: Si les valeurs de la plus longue dimension et de la plus courte dimension du nano-objet diffèrent de façon significative (généralement d'un facteur plus grand que trois), on utilise les termes nanotige ou nanofeuillet à la place du terme nanoparticule.

Note 2 à l'article: Adaptée de l'ISO/TS 27687

2.10**nanofeuillet**

nano-objet dont une dimension externe est à la nano-échelle et dont les deux autres sont significativement plus grandes

[SOURCE: ISO/TS 27687:2008, définition 4.2]

Note 1 à l'article: La dimension externe la plus petite est l'épaisseur du nanofeuillet.

Note 2 à l'article: On considère que les deux dimensions significativement les plus grandes diffèrent de la dimension à la nano-échelle d'un facteur supérieur à trois.

Note 3 à l'article: Les dimensions externes les plus grandes ne sont pas nécessairement à la nano-échelle.

2.11**échelle nanométrique**

gamme de dimensions s'étendant approximativement de 1 nm à 100 nm

[SOURCE: ISO/TS 27687:2008, définition 2.1]

Note 1 à l'article: Les propriétés qui ne constituent pas des extrapolations par rapport à des dimensions plus grandes seront présentées typiquement, mais pas exclusivement, dans cette gamme de dimensions. Pour ces propriétés, on considère que les limites dimensionnelles sont approximatives.

Note 2 à l'article: Dans cette définition, on indique une limite inférieure (approximativement 1 nm) pour éviter à des atomes isolés et à de petits groupes d'atomes d'être désignés en tant que nano-objets ou éléments de nanostructures, ce qui pourrait être le cas en l'absence de limite inférieure.

2.12**particule**

élément minuscule de matière avec un périmètre physique défini

[SOURCE: ISO/TS 27687:2008, définition 3.1]

Note 1 à l'article: Une limite physique peut également être décrite sous la forme d'une interface.

Note 2 à l'article: Une particule peut se déplacer sous la forme d'une unité.

Note 3 à l'article: Cette définition générale de «particule» s'applique aux nano-objets.

2.13**risque**

combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité

[SOURCE: Guide ISO/CEI 51:1999, définition 3.2]

3 Symboles et abréviations

ADME adsorption, distribution, métabolisme, et élimination

ACGIH American Conference of Governmental Industrial Hygienists

ISO/TS 12901-1:2012(F)

DR	dose de référence
DRI	limite de confiance inférieure de la dose de référence
GGR	gestion graduée des risques
CNT	nanotube de carbone
CSDS	contrôle des substances dangereuses pour la santé (en anglais COSHH - Control of Substances Hazardous to Health Regulations)
CNC	compteur de noyaux de condensation
DMPS	Differential Mobility Particle Sizer (sélecteur de particules par mobilité différentielle)
EDX	analyse par rayons X à dispersion d'énergie
ELPI	Electrostatic Low Pressure Impactor (impacteur électrostatique basse pression)
NE	norme d'exposition
SGH	Système général harmonisé (en anglais GHS)
HEPA	filtre à particules à haute efficacité
LCI	limite de confiance inférieure
EFL	évacuation de fumées locale
DMENO	dose minimale avec effet nocif observé (en anglais LOAEL)
MWCNT	nanotube de carbone multi-parois
NEAT	Nanoparticles Exposure Assessment Technique (technique d'évaluation de l'exposition aux nanoparticules)
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NOAA	nano-objets, et leurs agrégats et agglomérats supérieurs à 100 nm
CSENO	concentration maximale sans effet nocif observée (en anglais NOAEL)
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economique
VLEP	valeur limite d'exposition professionnelle (en anglais OEL)
COP	compteur optique de particules
LCE-BP	limite de contrôle de l'exposition basée sur la performance
EPI	équipements de protection individuelle
EPVR	équipement de protection des voies respiratoires
MEB	Microscopie électronique à balayage
SWCNT	nanotube de carbone simple paroi
MET	microscopie électronique à transmission
MET EDX	microscopie électronique à transmission avec analyse par rayons X à dispersion d'énergie
TEOM	Tapered Element Oscillating Microbalance (microbalance oscillante à élément «effilé»)

VLS	valeur limite de seuil
VLEP	limite d'exposition au poste de travail

4 Types et caractéristiques des nanomatériaux

4.1 Généralités

Le présent article décrit quelques un des nanomatériaux manufacturés les plus courants auxquels le présent guide pourrait s'appliquer. Il n'a pas pour but de fournir un guide complet ou des définitions détaillées de ces types de nanomatériaux.

4.2 Fullerènes

Les fullerènes sont une des quatre formes de carbone d'origine naturelle, et ont été découverts pendant les années 1980.^[6] Leurs molécules sont composées entièrement de carbone et elles ont la forme d'une sphère creuse. La structure des fullerènes est semblable à celle du graphite, constitué de feuillets de cycles de carbone de forme hexagonale, mais ils peuvent également comporter des cycles pentagonaux ou heptagonaux, ce qui permet la formation de structures à trois dimensions. Un des fullerènes les plus souvent décrits est le C60, connu sous le nom de Buckminster fullerène ou buckyball. Les fullerènes sont des matériaux chimiquement stables et insolubles dans les solutions aqueuses. Ils peuvent potentiellement être utilisés dans la vectorisation de médicaments, les revêtements et le stockage d'hydrogène.^[7]

4.3 Nanotubes de carbone

Les nanotubes de carbone^[8] sont des formes allotropiques du carbone ayant une structure cylindrique, un rapport longueur/largeur élevé, différents diamètres et différentes longueurs de tube, ainsi que des structures de tube *principalement* constituées d'un ou plusieurs feuillets de graphène enroulés en tubes.^[9] Les types principaux sont généralement regroupés en CNT SW (simple paroi), DW (double paroi) et MW (parois multiples). Les diamètres peuvent varier d'environ 1 nm pour les SWCNT à plus de 100 nm pour les MWCNT. Leurs longueurs peuvent dépasser plusieurs centaines de μm . Les CNT du commerce peuvent souvent contenir une quantité importante d'autres formes allotropiques du carbone, ainsi que des nanoparticules inorganiques de catalyseurs.

4.4 Nanofils

Les nanofils sont de petites nanofibres conductrices ou semi-conductrices ayant une structure cristalline unique, un diamètre type de quelques dizaines de nm et un rapport longueur/largeur élevé. Divers métaux ont été utilisés pour fabriquer des nanofils, dont le cobalt, l'or et le cuivre. Des nanofils de silicium ont également été produits. Ils peuvent potentiellement être utilisés comme interconnecteurs dans des appareils nanoélectroniques, les dispositifs photovoltaïques et les capteurs.

4.5 Points quantiques

Les points quantiques sont des assemblages de matériaux semi-conducteurs de petite dimension (2 nm à 10 nm) présentant de nouvelles propriétés électroniques, optiques, magnétiques et catalytiques. Contenant en général 1 000 à 100 000 atomes, les points quantiques sont considérés comme un intermédiaire entre une structure solide étendue et une entité à une seule molécule. Les points quantiques semi-conducteurs présentent des propriétés photo-électroniques distinctes directement liées à leur taille. Par exemple, en modifiant la taille de la particule, la lumière émise par la particule excitée peut être réglée sur une longueur d'onde cible spécifique. Ils peuvent être utilisés dans la catalyse, l'imagerie médicale, les appareils optiques et les capteurs.

4.6 Métaux et oxydes de métaux, céramiques

Cette catégorie comprend une grande variété de formes compactes de nanoparticules, y compris le dioxyde de titane ultrafin et la fumée de silice. De telles nanoparticules peuvent être formées à partir de plusieurs matériaux, y compris les métaux, les oxydes et les céramiques. Bien que les particules principales aient une forme compacte, ces matériaux sont souvent disponibles seulement sous forme d'agglomérats ou d'agrégats. Ils peuvent être des matériaux composites ayant, par exemple, un noyau métallique avec une coque d'oxyde, ou des alliages composés de mélanges de métaux. Ce groupe de nanoparticules est en général moins bien défini en termes de taille et de forme, et est plus susceptible d'être produit en grandes quantités massives que d'autres formes de nanoparticules. Ils peuvent être utilisés dans les revêtements et les pigments, la catalyse, les produits d'hygiène personnelle, les cosmétiques et les composites.

4.7 Noir de carbone

Le noir de carbone est du carbone élémentaire quasiment pur sous forme de particules produites par une combustion incomplète ou une décomposition thermique d'hydrocarbures à l'état gazeux ou liquide dans des conditions contrôlées. Il se présente sous forme de poudre noire et finement divisée ou de pastille. Son utilisation dans les pneumatiques, le caoutchouc et les produits plastiques, les encres d'impression et les revêtements, est liée aux propriétés de la surface, de la taille et de la structure des particules, de la conductivité et de la couleur spécifiques. La taille des particules de noir de carbone est le plus souvent inférieure à 100 nm, mais dans le commerce, le noir de carbone est le plus souvent trouvé sous forme d'agrégat ayant en général des dimensions supérieures à 100 nm. Le noir de carbone est parmi les 50 premiers produits chimiques fabriqués dans le monde, sur la base du tonnage annuel.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

4.8 Dendrimères

Les dendrimères sont des particules de polymère dans lesquelles les atomes sont disposés avec une structure en fourche, normalement symétrique autour d'un noyau. Les dendrimères sont en général monodispersés et ont un grand nombre de groupes périphériques utilisables. Leur aptitude à servir de véhicules de vectorisation de médicaments est en cours d'évaluation.

4.9 Nanoargiles

Les nanoargiles sont des nanoparticules céramiques formées de couches de minéraux silicatés. Les nanoargiles peuvent être d'origine naturelle ou manufacturées afin d'obtenir des propriétés spécifiques. Les formes d'origine naturelle comprennent plusieurs classes, dont: la montmorillonite, la bentonite, la kaolinite, l'hectorite, et l'halloysite. Les argiles organophiles font également partie des nanoargiles; ce sont des argiles qui ont fait l'objet d'échange de cations, typiquement avec des molécules organiques de grande dimension, ce qui délamine en partie ou en totalité les feuillets principaux.

5 Dangers, expositions et risques liés aux nanomatériaux

5.1 Généralités

Il a été établi depuis de nombreuses années que l'exposition par inhalation à de nombreux types de particules, y compris les nanoparticules, peut mettre en danger la santé des personnes ou des populations exposées. Ces données proviennent d'études sur les travailleurs, les animaux et la population générale exposés à la pollution de l'air par les particules. Les effets sur les poumons dépendent de la dose de particules, de leurs propriétés physico-chimiques et de la sensibilité des individus. Les études sur les animaux ont montré que les nanoparticules peuvent avoir un effet plus fort sur l'incidence à grande échelle d'effets indésirables pour les poumons que les particules inhalables de plus grande dimension à cause de leur plus grande surface par unité de masse.^[10] Il existe beaucoup de cas d'effets indésirables sur les poumons liés à l'exposition par l'activité industrielle et la pollution de l'environnement. Par exemple, dans un contexte professionnel, l'exposition à la poussière de charbon est clairement liée à l'apparition de maladies pulmonaires, telles que la pneumoconiose et la broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO), et l'exposition à l'amiante est clairement liée à l'asbestose, au mésothéliome et au

cancer du poumon. Dans un contexte environnemental, des études ont relevé des associations entre la pollution de l'air par les particules et une augmentation de la morbidité et de la mortalité dues à des effets respiratoires et cardiovasculaires, principalement chez les populations sensibles telles que les personnes âgées ou les personnes ayant des affections préexistantes.^[11]

Cependant, plusieurs millions de personnes sont exposées aux particules contenues dans la pollution de l'environnement tous les jours sans souffrir d'effets nocifs apparents. Pour tout matériau, le risque ou la probabilité qu'une maladie survienne augmente avec la dose. Le terme «dose» désigne de manière générale «la quantité» qui pénètre dans un organe et «combien de temps» elle y reste. La toxicité spécifique aux particules relativement insolubles semble être liée à la surface totale des particules. Il existe cependant d'autres facteurs physico-chimiques pouvant avoir un impact sur la toxicité des nanomatériaux, tels que la toxicité similaire à celle des fibres de certains nanotubes de carbone.^[12]

5.2 Considérations sur les risques potentiels pour la santé liés à l'inhalation de NOAA

Plus de 30 revues et exposés de position majeurs ont abordé les risques potentiels pour la santé et l'environnement liés à l'exposition aux NOAA.^[13] Les risques potentiels pour la santé liés à l'inhalation de NOAA, en particulier les NOAA biopersistants¹⁾, peuvent être résumés de la manière suivante:

- a) Suite à leur petite taille, les nano-objets peuvent parvenir jusque dans des parties de systèmes biologiques normalement inaccessibles aux particules de plus grande dimension. Elles ont de plus une capacité accrue à traverser les parois cellulaires ou à passer des poumons au sang et ainsi de suite, pour atteindre tous les organes du corps. A la suite d'un dépôt dans le nez, ces particules peuvent même passer directement dans le cerveau. Ce processus est appelé translocation et, en règle générale, les nano-objets ont une capacité à la translocation beaucoup plus grande que les structures de plus grande dimension.
- b) Les NOAA ont une surface beaucoup plus grande qu'une même masse de particules de plus grande dimension. Dans la mesure où la surface est un vecteur de toxicité, ceci implique clairement un potentiel accru d'effets toxiques. [ISO/TS 12901-1:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b90784df-88a9-4c77-9337-39011e1c1000)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b90784df-88a9-4c77-9337-39011e1c1000>
- c) Une justification importante pour le développement de nanomatériaux est que ces matériaux présenteront des propriétés nouvelles, améliorées ou augmentées par rapport aux particules de plus grande dimension du même matériau. Avec des propriétés chimiques et/ou physiques modifiées, on pourrait s'attendre à des propriétés biologiques également modifiées, certaines desquelles pourraient suggérer une toxicité accrue.
- d) Une problématique spécifique est liée aux comparaisons entre des NOAA biopersistants présentant des rapports longueur/diamètre élevés (par exemple certaines formes de nanotubes de carbone ou de nanofils) et l'amiante. Certaines particules fibreuses biopersistantes peuvent conduire à des maladies car elles peuvent être inhalées et pénétrer dans la région alvéolaire des poumons et sont difficiles à éliminer car (i) leurs dimensions physiques signifient qu'elles ne peuvent pas être éliminées par les mécanismes d'élimination des poumons, et (ii) elles sont très résistantes et ne se dissolvent pas dans les fluides du revêtement alvéolaire. Par conséquent, elles restent dans les poumons pendant très longtemps, entraînant l'inflammation et, à terme, la maladie. L'amiante est un exemple d'une telle fibre biopersistante. Les NOAA ayant un rapport longueur/diamètre élevé, une morphologie (forme et rigidité) et une résistance similaires, sont donc susceptibles de rester dans les poumons s'ils sont inhalés.
- e) De plus, pour certains NOAA, il a été démontré que la réduction de la taille est accompagnée d'une solubilité accrue. Cet effet peut conduire à une biodisponibilité accrue des matériaux considérés comme insolubles ou difficilement solubles lorsque leurs particules sont de plus grande dimension.²⁾

Par-delà les volumes de production croissants, la diminution des coûts et l'augmentation générale de la présence des nanomatériaux dans l'industrie et le commerce, ces problématiques indiquent que les

1) Si les particules sont facilement solubles, elles seront assimilées par le corps de la même manière que d'autres produits chimiques et il s'ensuivra une toxicité classique, qui résultera d'une toxicité due aux particules.

2) Si les particules sont entièrement dissoutes et que la substance n'agit que par le biais de ses molécules ou de ses ions, c'est la toxicologie classique qui entre en jeu et les effets particuliers ne sont plus pertinents.