Les nanomatériaux manufacturés : un nouvel enjeu pour la santé et la sécurité au travail ?

Myriam RICAUD
Département Expertise et Conseil Technique
Pôle Risques Chimiques

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même p

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction

Le nanomètre, l'infiniment petit

Nanomètre (nm)

grec νανος / *nanos* = nain

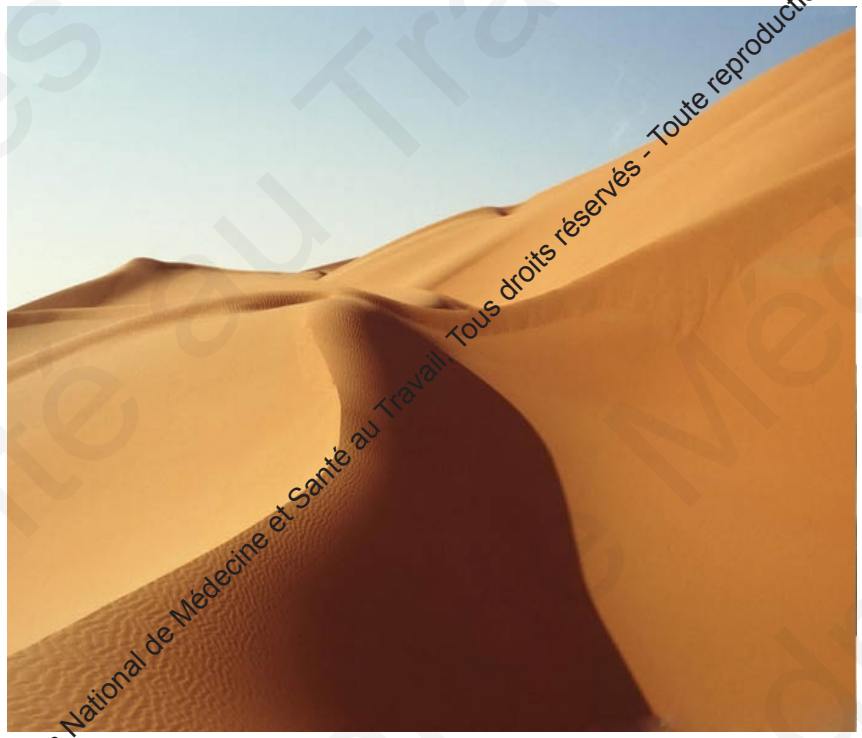
1 nm = 10^{-9} m = 0,000 000 001 m

1 nm 1 m

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

L'origine des matériaux nanométriques

Les particules de taille nanométrique non intentionnellement générées par l'Homme existent depuis toujours dans notre environnement



2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même par

L'origine des matériaux nanométriques

ORIGINE

NATURELLE

- **Fumées issues des feux de forêt, des éruptions volcaniques**
- **Virus**
- **Embruns marins…**

ANTHROPOGÉNIQUE

Non intentionnelle

= accidentelle

« Particules ultra-fines »

- **Émissions de moteurs**
- **Fumées de soudage et coupage de métaux**
- **Fumées de bitumage et d'asphaltage…**

Intentionnelle

= manufacturée

« Nanomatériaux manufacturés »

- **Nanoparticules :** dioxyde de titane, argent, silice amorphe…
- **Nanotubes / nanofibres :** carbone, cellulose, bore…
- **Nanofeuillets :** graphène, argile…
- **Nanocomposites**

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

A la découverte du nanomonde

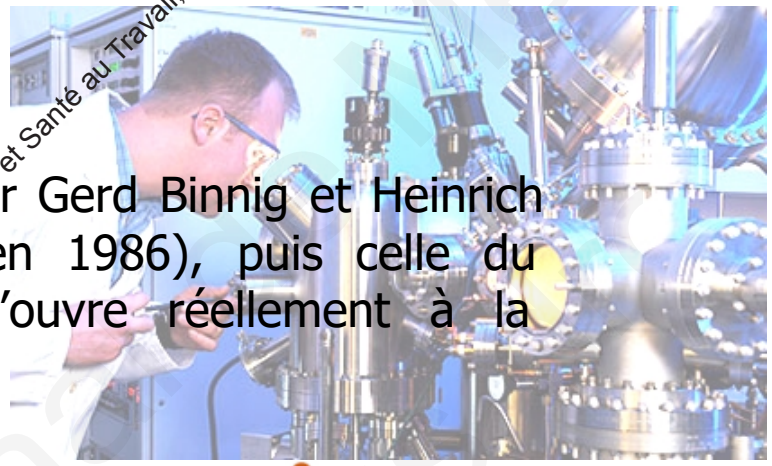
1959 : Intervention de Richard Feynman lors de la conférence annuelle de l'American Physical Society : **« There's plenty of room at the bottom ».**

Les principes de la physique permettent la manipulation et le positionnement contrôlés des atomes à la manière de briques de Lego®.

Ce physicien est considéré comme le fondateur des nanotechnologies (prix Nobel de physique en 1965).

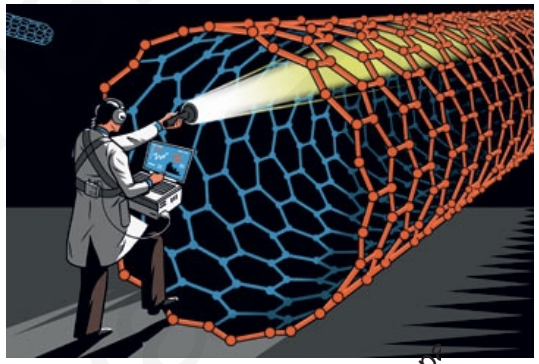
1974 : Le terme « nanotechnologie » est utilisé pour la première fois par Norio Tanigushi, de l'Université des sciences de Tokyo.

1981 : Avec la découverte du microscope à effet tunnel par Gerd Binnig et Heinrich Rohrer, chercheurs chez IBM (Prix Nobel de physique en 1986), puis celle du microscope à force atomique (1986), le nanomonde s'ouvre réellement à la communauté scientifique.



2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

Les nanotechnologies



Nanotechnologies :

Ensemble des techniques qui permettent de fabriquer, de manipuler et de caractériser la matière à l'échelle nanométrique

Nanosciences :

Sciences qui visent à étudier et à comprendre les phénomènes et les propriétés de la matière à l'échelle nanométrique

Échelle nanométrique :

Tailles généralement comprises entre approximativement **1 à 100 nanomètres**

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même p

Les nanomatériaux

Commission Européenne
JO CE du 20 octobre 2011
L 275/38

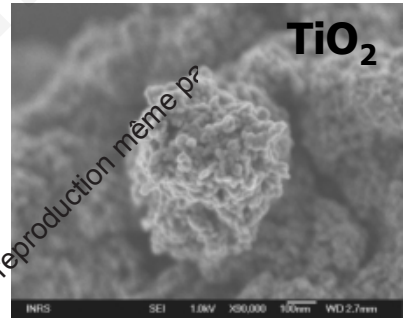
RECOMMANDATIONS

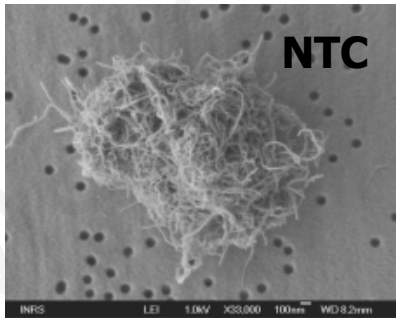
RECOMMANDATION DE LA COMMISSION
du 18 octobre 2011
relative à la définition des nanomatériaux

Nanomatériau :

- Un matériau naturel, formé accidentellement ou manufacturé,
- Contenant des particules libres, sous forme d'agrégat ou sous forme d'agglomérat,
- Dont au moins 50 % des particules*, dans la répartition numérique par taille, présentent une ou plusieurs dimensions externes se situant entre **1 nm et 100 nm.**

Tout matériau est à considérer comme relevant de la définition établie ci-dessus dès lors qu'il présente une surface spécifique en volume supérieure à **60 m^2/cm^3**.





De nombreuses autres définitions existent : ISO, OCDE, ASTM, etc.

✓ Dans des cas spécifiques, lorsque cela se justifie pour des raisons tenant à la protection de l'environnement, à la santé publique, à la sécurité ou à la compétitivité, le seuil de 50% fixé pour la répartition numérique par taille peut être remplacé par un seuil compris entre 1 % et 50 %.

✓ Par dérogation, les fullerènes, les flocons de graphène et les nanotubes de carbone à paroi simple présentant une ou plusieurs dimensions externes inférieures à 1 nm sont à considérer comme des nanomatériaux.

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même p

Les nanomatériaux

Article R. 523-12 du Code de l'environnement
Décret 2012-232 (2012)
« Déclaration annuelle des substances à l'état nanoparticulaire »

Substance à l'état nanoparticulaire ≈ nanomatériau JO CE 20 octobre 2011

Substance telle que définie à l'article 3 du règlement CE n° 1907/2006, fabriquée intentionnellement à l'échelle nanométrique, contenant des particules, non liées ou sous forme d'agrégat ou sous forme d'agglomérat, dont une proportion minimale des particules*, dans la distribution des tailles en nombre, présentent une ou plusieurs dimensions externes se situant entre **1 nm et 100 nm**.

- ✓ **La proportion minimale, mentionnée à l'article R. 523-12 du Code de l'environnement, des particules présentant une ou plusieurs dimensions externes se situant entre 1 nm et 100 nm est fixée à 50 % de la distribution des tailles en nombre (arrêté du 6 août 2012).**

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même p

Un effet lié à la taille…

Lorsque la taille des objets décroît ➔ on parvient à une frontière caractérisée par **l'apparition de propriétés ou de comportements nouveaux**

Taille (nm)	1	2	3	4
Atomes en surface (%)	92	76	63	52

!!!! une surface spécifique (≈ réactivité) considérable

Plus la taille décroît :

- plus le rapport surface / volume croît,
- plus les propriétés de surface deviennent prépondérantes → lieu des interactions physiques, chimiques et biologiques.

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

Des propriétés inédites

✓**Propriétés électriques**

alumine + quelques % NTC ➔ conductivité électrique x 10^{12}

✓**Propriétés mécaniques**

nanomatériau de cuivre ➔ élongation x 50

nanomatériau de zircone ➔ superplasticité : déformation sans concentration de contraintes

✓**Propriétés optiques**

nanocristaux semi-conducteurs sous UV ➔ émission fluorescente

✓**Propriétés catalytiques**

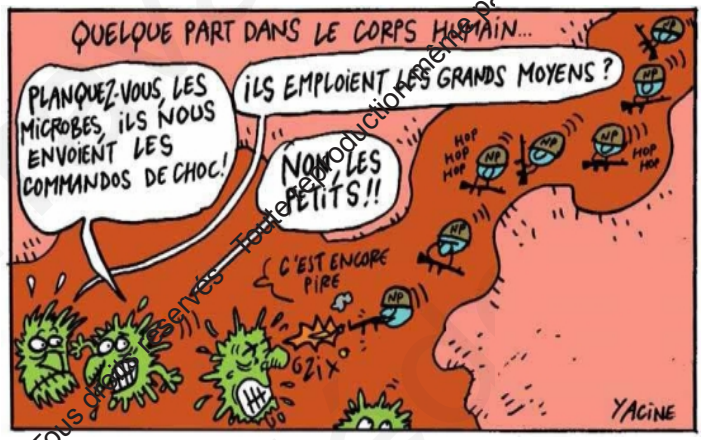
nanoparticules d'or ➔ catalyseur pour l'oxydation du monoxyde de carbone

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même par

Des propriétés inédites

Les nanomatériaux manufacturés sont une famille d'agents chimiques qui possèdent des propriétés physiques, chimiques et mécaniques nouvelles

Risques nouveaux ou accrus ?



- **Technologiques** : explosion, incendie
- **Toxicologiques** : génotoxique, tumorigène…

Les nanomatériaux présentent-ils un comportement biologique différent ?

Les nanomatériaux sont-ils plus toxiques que les matériaux micrométriques de même nature chimique ?

- **Environnementaux** : contamination des sols, de la faune, de la flore

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

Des enjeux multiples

➡ Des enjeux scientifiques et techniques

Observer, comprendre, caractériser, fabriquer et utiliser les nanomatériaux

➡ Des enjeux économiques

Les nanomatériaux constituent un levier d'innovation majeur dans de nombreux secteurs industriels : chimie, plasturgie, automobile, cosmétique, agroalimentaire, pharmacie, textile, BTP, électronique, énergie, défense, aéronautique…

Les **nanotechnologies font partie des six technologies clés génériques considérées comme étant les plus prometteuses** dans le cadre du programme européen de recherche et d'innovation *Horizon 2020*.

➡ Des enjeux sociétaux

Les nanomatériaux suscitent des espoirs, des inquiétudes, des promesses, etc.

Le Monde
ENVIRONNEMENT & SCIENCES
L'ouverture du pôle Minatec cristallise la critique des nanotechnologies

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

Les expositions en milieu professionnel

- Bien que les **nanomatériaux manufacturés** concernent l'ensemble de la population, **les premières et les plus fortes expositions se déroulent en milieu professionnel** (les quantités produites ou utilisées sont plus importantes et les nanomatériaux se présentent sous de multiples formes).

- Les nanomatériaux manufacturés sont fabriqués ou utilisés dans de très nombreux secteurs d'activité et pour une multitude d'applications, impliquant que **les situations d'exposition sont (et seront) nombreuses et variées**.

- Pour des raisons essentiellement concurrentielles, **les entreprises concernées sont généralement discrètes et peu enclines à communiquer sur le sujet.**

!!!!! Les études publiées relatives aux expositions des salariés aux nanomatériaux manufacturés **en milieu industriel demeurent rares**.

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

Les expositions en milieu professionnel

❶ **Nanomatériaux sous forme de poudre :** poudre sèche de nanomatériaux

→ **transfert, pesée, échantillonnage, broyage, récupération, etc. (formation d'aérosols)**

❷ **Nanomatériaux sous forme de suspension :** dispersion de nanomatériaux dans un liquide (eau, solvant, etc.)

→ **agitation, mélange, échantillonnage, séchage, etc. (formation de gouttelettes)**

❸ **Nanomatériaux incorporés dans une matrice ou sur une surface :** nanocomposites

→ **découpe, polissage, perçage, ponçage, etc. (formation d'aérosols)**

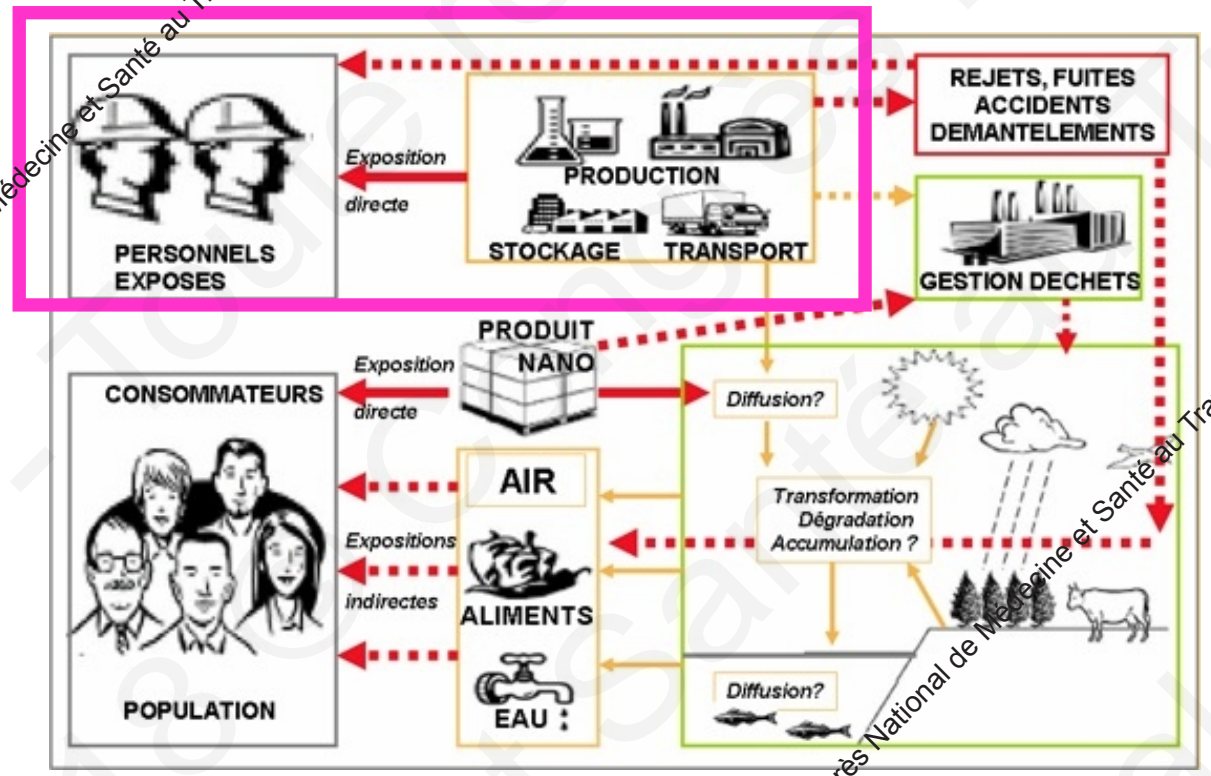
2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

Les expositions en milieu professionnel

Les salariés peuvent être exposés aux nanomatériaux manufacturés <u>tout au long de leur cycle de vie</u>

Les principaux paramètres qui influent sur le degré d'exposition des salariés :
- la forme physique *,
- les procédés mis en oeuvre,
- les quantités manipulées,
- la durée et la fréquence des travaux,
- la capacité des produits à se retrouver dans l'air ou sur les surfaces de travail (à former des aérosols ou des gouttelettes),
- les moyens de protection mis en place.

*Poudre, suspension liquide, gel ou intégrés dans une matrice.



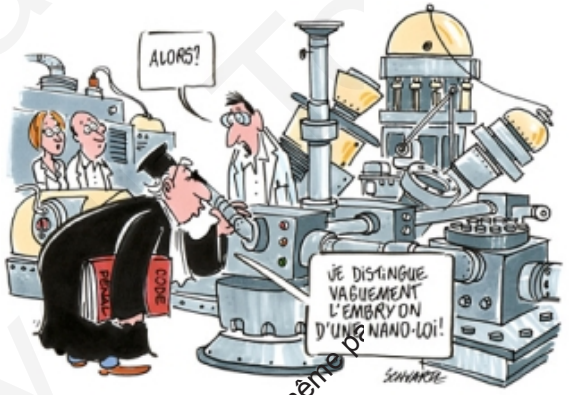
- R&D
- Production
- Utilisation
- Usinage
- Conditionnement
- Transport
- Stockage
- Maintenance
- Entretien
- Démantèlement
- Traitement des déchets
- Fonctionnement dégradé

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

La réglementation

Les recommandations du Ministère du Travail :

http://travail-emploi.gouv.fr/sante-au-travail/prevention-des-risques/autres-dangers-et-risques/article/nanomateriaux



« Quelle est la réglementation applicable en matière de protection des travailleurs ?

La prévention des risques liés à la mise en œuvre des nanomatériaux est soumise à la **réglementation du code du travail relative à la prévention du risque chimique**. Ainsi, a minima, la réglementation relative à la prévention des risques liés aux agents chimiques dangereux (ACD : articles R. 4412-1 et suivants), s'applique.

Si une substance, déjà classée pour ses effets CMR, et entrant à ce titre dans le champ d'application de l'article R. 4412-59 du code du travail, est produite sous la forme de particules de taille nanométrique, les règles spécifiques aux CMR s'appliquent de la même manière…»

!!! La Direction Générale du Travail a émis une note datée du 18 février 2008 (services décencentrés) : « Protection de la santé en milieu de travail contre les risques liés à l'exposition aux substances chimiques sous la forme de particules de taille nanométrique ».

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

La réglementation

Plan santé au travail 2016-2020

Le Plan Santé au Travail 3 (2016-2020) :

Dans ce plan, il est question de **nanomatériaux** et notamment dans l'Axe stratégique 1 *Prévention primaire et culture de prévention*, objectif opérationnel 3 : *Cibler des risques prioritaires (pages 16 à 19) :*

1. Prévenir l'exposition aux produits chimiques

Action 1.12 : Mieux connaître et mieux prévenir les risques émergents

- Réaliser une campagne de mesurage sur les nanomatériaux en vue d'identifier les filières les plus exposées, comportant un ciblage spécifique dans le secteur du bâtiment travaux publics (BTP),
- Dans les secteurs d'activités les plus concernés par les expositions aux nanomatériaux, informer les entreprises et les acteurs de prévention sur les mesures de gestion des risques adaptées existantes, et notamment les moyens de protection collective.

Action 1.13 Rechercher une amélioration du cadre réglementaire au niveau européen

Soutenir les adaptations du système général harmonisé de classification et d'étiquetage des Nations unies (SGH) et du règlement CE n°1272/2008 dit « CLP » (*Classification, Labelling, Packaging*) pour intégrer la spécificité des nanomatériaux.

http://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/pst3.pdf

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail. Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

La réglementation

Le Plan Santé Environnement 3 (2015-2019) :

Action 36 : "poursuivre les travaux d'évaluation des expositions des consommateurs pour identifier les différents nanomatériaux présents dans les denrées alimentaires" et "poursuivre les travaux de toxicologie, notamment pour la voie orale et l'exposition chronique aux faibles doses".

Action 70 : "soutenir le renforcement du corpus réglementaire européen sur les nanomatériaux : modifications des annexes de REACh et examen de la pertinence des autres options, en particulier d'un registre européen comparable au dispositif français de déclaration".

Action 72 : "proposer aux parties prenantes, dans le cadre du PST3, de porter au niveau européen, au titre du règlement n° 1272/2008 dit « CLP», des demandes de classifications réglementaires harmonisées de familles de nanomatériaux manufacturés pour lesquelles il existe un faisceau de preuves significatif sur des propriétés CMR ou sensibilisants. Cette classification permettra notamment d'étiqueter les produits en contenant et d'assurer ainsi une traçabilité de ces nanomatériaux".

Le plan se prononce en faveur de la généralisation de l'étiquetage [nano].

http://social-sante.gouv.fr/IMG/pdf/pnse3_v_finale.pdf

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même p

La réglementation

Le règlement européen REACh* :

➔ Seule la composition chimique de la substance pure est envisagée et non pas l'aspect dimensionnel de sa forme particulaire,

➔ Les évaluations ne sont exigées que pour les substances produites ou importées à plus de 100 tonnes/an, et celles produites ou importées à moins d'1 tonne/an ne sont même pas enregistrées.

Création d'un groupe de travail « nano REACh » : préparer l'intégration des nanomatériaux dans le règlement communautaire

Fin avril 2018, les Etats membres de l'UE ont validé la dernière proposition de la CE visant à adapter les annexes de REACh afin que puissent être explicitement pris en compte les nanomatériaux.

Des exigences spécifiques seront désormais requises pour obtenir plus d'informations sur les substances nanométriques enregistrées et mises sur le marché au-delà d'une tonne par an et par entreprise (quantités, caractéristiques, instructions quant à leur manipulation, dangers…).

* Enregistrement, autorisation, évaluation et restriction des produits chimiques

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

La réglementation

La déclaration obligatoire des nanomatériaux :

Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 (**codifiée aux articles L.523-1 et suivants du Code de l'environnement**), dite Grenelle II, prévoit la mise en place d'un dispositif **de déclaration annuelle des « substances à l'état nanoparticulaire » qui sont produites, importées ou distribuées en France.**

https://www.r-nano.fr

➲ Publics concernés : entreprises produisant, distribuant et important des substances à l'état nanoparticulaire, laboratoires publics et privés de recherche

➲ Substances visées : substance à l'état nanoparticulaire en l'état ou contenue dans un mélange sans y être liée, ou de matériaux destinés à rejeter cette substance dans des conditions normales ou raisonnablement prévisibles d'utilisation, au-delà de 100 grammes par an et par substance

➲ Entrée en vigueur : 1er janvier 2013

!!! Trois décrets parus le 17 février 2012 (n°2012-232 et 2012-233) et le 4 mai 2017 (n° 2017-765) et un arrêté paru le 6 août 2012 précisent les modalités de cette loi.

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail. Tous droits réservés - Toute reproduction même p

La réglementation

Bilan 2016 de la déclaration R-Nano :

★ **424 323 tonnes de « substances à l'état nanoparticulaire » ont été mises sur le marché en France en 2016** :
- 304 282 tonnes produites,
- 120 041 tonnes importées.

★ **1457 entités déclarantes (1391 France, 58 EEE et 8 hors EEE)**

★ **10 308 déclarations**

★ **Les 5 « substances à l'état nanoparticulaire » les plus mises sur le marché en 2016 :** noir de carbone, dioxyde de silice, carbonate de calcium, dioxyde de titane, oxyde d'aluminium et boehmite.

★ **Les 5 premiers secteurs d'activité recensés en fonction du nombre de déclarations :** commerce de semences et d'aliments pour bétail ; commerce de produits chimiques ; fabrication de peintures, encre et vernis ; fabrication de parfums et produits de beauté ; fabrication de pigments et colorants.

!!! Plus de 70 % des substances produites et/ou importées le sont en quantité inférieure à une tonne, seuil en deçà duquel l'obligation d'enregistrement de REACh ne s'applique pas.

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même p

La réglementation

Les valeurs limites d'exposition professionnelle :

Il n'existe pas de valeur limite d'exposition professionnelle dans la réglementation française spécifique pour les nanomatériaux.

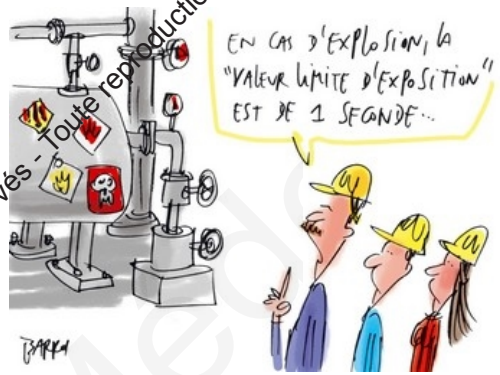
Le NIOSH *(National Institute for Occupational Safety and Health)* propose des valeurs seuils :

→ Dioxyde de titane (2011) :

- **2,4 mg/m³ (fraction alvéolaire),**
- **0,3 mg/m³ (fraction < 100 nm).**

→ Nanotubes de carbone (2013) :

- **1 µg/m³**



D'autres organismes comme l'IFA* ou le BSI** ont également défini des valeurs seuils en distinguant plusieurs catégories de nanomatériaux : fibres, CMR, solubles, insolubles, etc.

Ces valeurs provisoires reposent **sur des données toxicologiques incomplètes ou sur une extrapolation à partir de valeurs fixées pour des particules mieux connues**.

Ces organismes précisent que le respect de ces valeurs ne saurait constituer une garantie de ne pas développer une pathologie mais **qu'elles sont une aide à la prise de décision**.

*IFA, Institut für Arbeitschutz

**BSI, British Standard Institution

→ « Dioxyde de titane nanométrique : de la nécessité d'une valeur limite d'exposition professionnelle », INRS, HST 242, mars 2016

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

La prévention des risques

Définir et mettre en place **des pratiques sécurisées de travail qui seront amenées à évoluer au fur et à mesure de la publication d'informations stabilisées sur les effets biologiques des nanomatériaux.**

➔ Ces pratiques sécurisées ne sont pas très différentes de celles qui sont recommandées pour toute activité exposant à des **agents chimiques dangereux**, mais elles prennent une importance particulière en raison :

- Dangerosité (toxicité / incendie-explosion)
- Diffusion à distance du point d'émission (aérosolisation et dispersion)
- Grande persistance dans l'air

Objectif : réduire les expositions professionnelles au niveau le plus bas possible (niveau d'exposition, durée d'exposition, nombre de salariés exposés)

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

La démarche de prévention

- **Repérer, identifier et inventorier tous les nanomatériaux ou les produits qui en contiennent**

Il n'existe pas d'étiquetage spécifique pour les nanomatériaux manufacturés. Pour identifier le caractère nanométrique d'un produit chimique, il faut se référer à :

- sa taille
- sa distribution granulométrique
- sa surface spécifique
- ses propriétés singulières et innovantes (résistance, fluorescence…)

Comment trouver l'information ?

- analyser la **fiche de données de sécurité** : rubriques 9 et 2
- consulter la **fiche technique** du produit
- contacter le **fabricant/fournisseur** et demander si une **déclaration à R-Nano** a été effectuée (récépissé)
- réaliser une revue de la **littérature technique et scientifique**

!!!! Noir de carbone, oxydes de fer, argent, carbonate de calcium, oxyde de zinc, oxyde d'aluminium, dioxyde de titane, silices amorphes, oxyde de cérium, argile, latex…

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

La démarche de prévention

- **Agir sur les procédés et les modes opératoires**

Privilégier la fabrication et l'utilisation de nanomatériau sous forme non pulvérulente
Eliminer ou limiter certaines opérations particulièrement exposantes
Limiter les quantités de nanomatériau utilisées

- **Isoler et mécaniser les procédés de fabrication et d'utilisation (travailler en vase clos)**

- **Capter les polluants à la source**

En laboratoire, installer des enceintes ventilées avec rejet à l'extérieur des locaux : sorbonne, dispositif à flux laminaire ou boite à gants

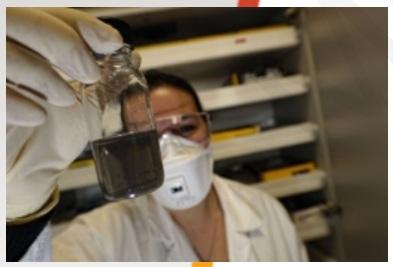
En atelier, mettre en place une ventilation localisée avec rejet à l'extérieur des locaux : anneau aspirant, table aspirante, dosseret aspirant, etc.

- **Filtrer l'air avant rejet à l'extérieur des locaux**

Utiliser des filtres à air à très haute efficacité dits « absolus » de classe supérieure à H13 (norme NF EN 1822-1)

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

La démarche de prévention



- **Employer des équipements de protection individuelle**

Porter un appareil de protection respiratoire filtrant (filtre anti-aérosols de classe P3) ou isolant, selon la durée et la nature des travaux

Porter une combinaison à capuche jetable contre le risque chimique de type 5

Porter des gants étanches et jetables : nitrile ou vinyle (2 paires de gants superposés si l'exposition est répétée ou prolongée) et des lunettes équipées de protection latérales

- **Délimiter, signaliser et restreindre l'accès de la zone de travail**

Apposer un pictogramme indiquant la présence de nanomatériau

- **Nettoyer régulièrement les équipements, les outils et les surfaces de travail**

Nettoyer à l'aide de linges humides ou d'un aspirateur équipé de filtres à air à très haute efficacité, de classe supérieure à H13 (norme NF EN 1822-1)

- **Gérer les déchets de nanomatériaux (nanodéchets)**

Mettre en place des poubelles fermées (voire ventilées) au plus près des postes de travail

Conditionner les déchets dans des sacs étanches, fermés et étiquetés

Acheminer les déchets vers un centre d'enfouissement ou vers un incinérateur

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

La démarche de prévention

- **Respecter des mesures d'hygiène strictes**

Séparer les lieux de travail des zones de vie et organiser la circulation des personnes et des équipements

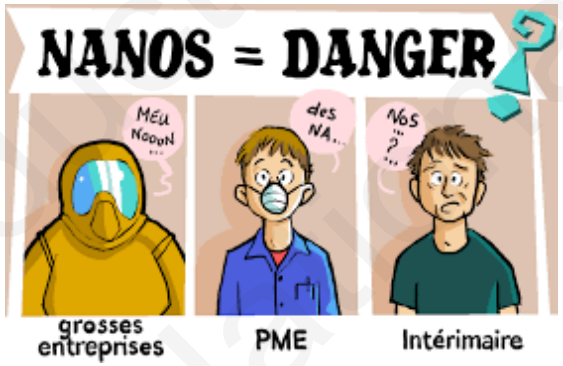
Assurer le nettoyage des vêtements de travail (informer l'entreprise prestataire en charge de cette opération)

Mettre à disposition des douches et lave-mains permettant la décontamination des régions cutanées exposées

- **Rédiger et diffuser des procédures d'intervention lors d'incidents ou d'accidents**
- **Former et informer les salariés exposés sur les risques et les mesures de prévention en l'état des connaissances**
- **Assurer la traçabilité de l'exposition des salariés**

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

Conclusion



- **Des situations d'exposition professionnelle aux nanomatériaux manufacturés existent** mais peu de données sont disponibles.

- Compte tenu de nombreuses inconnues reliées aux nanomatériaux manufacturés, à leurs effets potentiels sur la santé et aux risques documentés de toxicité des particules ultra-fines chez l'homme, il convient de prendre **des mesures de limitation des expositions professionnelles (« ne pas attendre pour agir »)**.

- **L'instauration de procédures strictes de prévention** tout au long du cycle de vie des produits, demeure la seule façon de prévenir tout risque de développement de maladies professionnelles.

- Il importe de privilégier **la protection collective et la protection intégrée aux procédés :** isoler les équipements, capter les polluants à la source, filtrer l'air, etc.

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

Conclusion

Exposition des salariés

- Sécurisation des procédés
- Protections individuelles et collectives
- Suivi médical

Exposition des consommateurs

- **Relargage des nanomatériaux** (utilisation directe, usure, abrasion, dégradation…)

Exposition de l'environnement

- Transformation des nanomatériaux
- Fin de vie : incinération, STEP, enfouissement
- Recyclage

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle

Que fait l'INRS ?

Objectif 1

Détermination des dangers

- **Études toxicologiques (*in vitro* et *in vivo*)**
- **Études épidémiologiques**

Objectif 2

Caractérisation de l'exposition

- **Enquêtes de filières (production et utilisation de nanomatériaux en France)**
- **Études des instruments de mesure**
- **Campagnes de mesure sur le terrain**

Objectif 3

Prévention des risques

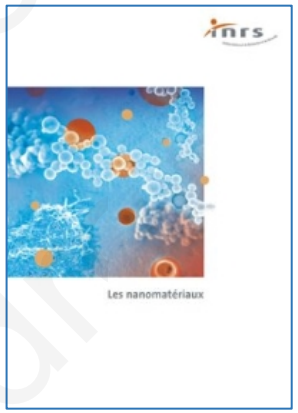
- **Études sur l'efficacité des dispositifs de protection collective et individuelle**
- **Étude sur la perception et la communication des risques**
- **Information et formation**
- **Assistance et expertise**

Partenariats nationaux (CARSAT/CRAM/CNAMTS, CNRS, ANSES, Universités, CEA, LNE, INERIS, ANSP, etc.) **et internationaux** (IFA, HSL, CIOP, FIOH, ISTL, NIOSH, etc.)
Pilotage et/ou participation à des institutions et réseaux : OCDE, Agence de Bilbao, PEROSH, ISO, etc.
Participation à des projets européens : Nanogenotox, Nanodevice, NanoReg, SmartNanotox, etc.

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même par

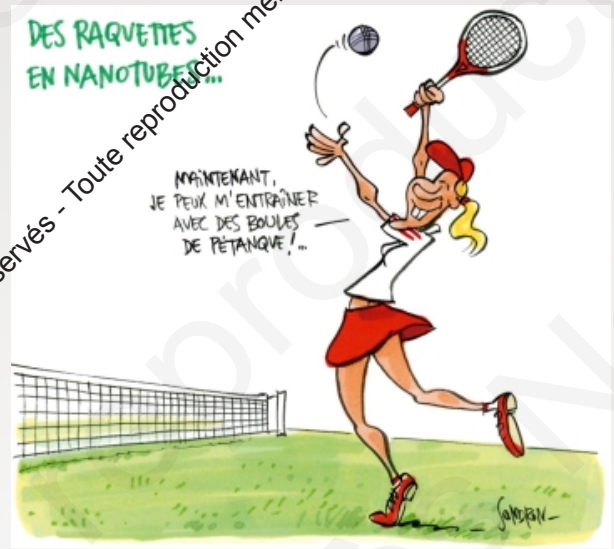
Les publications INRS

- « Les nanomatériaux : définitions, risques toxicologiques, caractérisation de l'exposition professionnelle et mesures de prévention », ED 6050, 2012
- « Les nanomatériaux : prévention des risques dans les laboratoires », ED 6115, 2012
- « Aide au repérage des nanomatériaux en entreprise », ED 6174, 2014
- « Préconisations en matière de caractérisation des potentiels d'émission et d'exposition professionnelle aux aérosols lors d'opérations mettant en œuvre des nanomatériaux », ND 2355, 2012
- « Utilisation du dioxyde de titane nanométrique : cas de la filière BTP », ND 2367, 2012
- « Nanomatériaux : ventilation et filtration de l'air des lieux de travail », ED 6181, 2014
- « Nanomatériaux manufacturés : quelle prévention en entreprise ? », ED 6309, 2018
- « Nanoargents : de la production à l'utilisation, quels sont les risques ? » , NT 24, 2015
- « Les nanomatériaux manufacturés. Quelle prévention en 2030 ? », VR 8, 2015
- « Dioxyde de titane nanométrique : de la nécessité d'une valeur limite d'exposition professionnelle », NT 36, 2016



(plus d'une quarantaine de publications disponibles : www.inrs.fr)

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle



Notre métier, rendre le vôtre plus sûr

Merci de votre attention

www.inrs.fr

2018 © Congrès National de Médecine et Santé au Travail, Tous droits réservés - Toute reproduction même par