

Forum franco-allemand

« Santé et sécurité au travail : quel avenir pour la prévention ? »

Parlement européen, Strasbourg, 21 novembre 2019



Myriam RICAUD

Département Expertise et Conseil Technique
Pôle Risques Chimiques
myriam.ricaud@inrs.fr

LES NANOMATÉRIAUX : UN NOUVEL ENJEU POUR LA SANTÉ ET LA SÉCURITÉ AU TRAVAIL

Notre métier,
rendre le vôtre plus sûr

www.inrs.fr

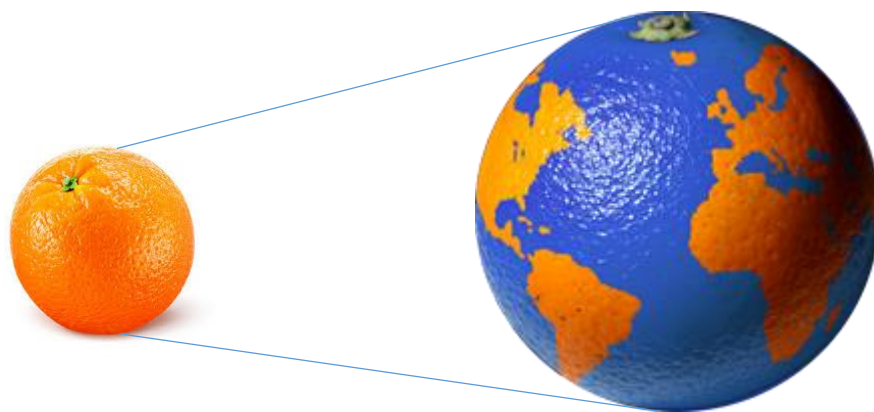
Le nanomètre, l'infiniment petit

Nanomètre (nm)



grec νανος / nanos = nain

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



1 nm

1 m



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** ».



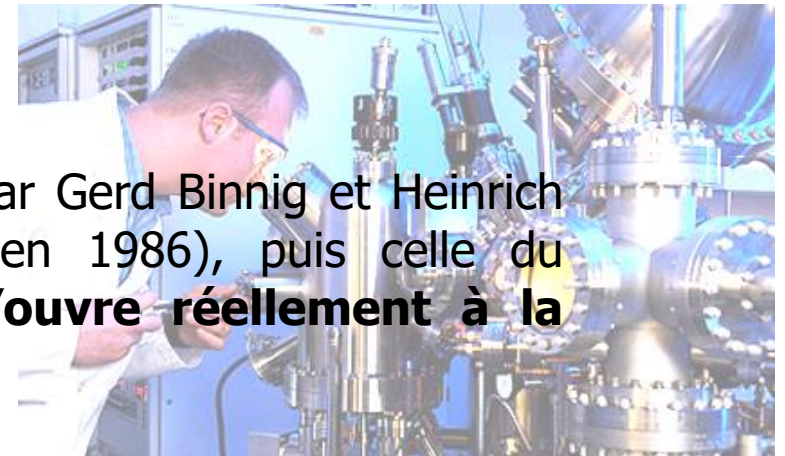
Les principes de la physique permettent la manipulation et le positionnement contrôlés des atomes à la manière de briques de Lego®.



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 puis aux industriels.**

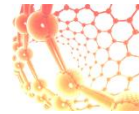


Les nanomatériaux

Commission Européenne

JO CE du 20 octobre 2011

L 275/38

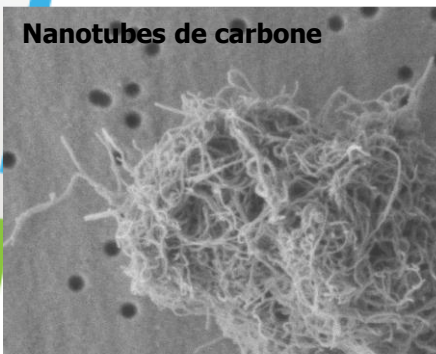
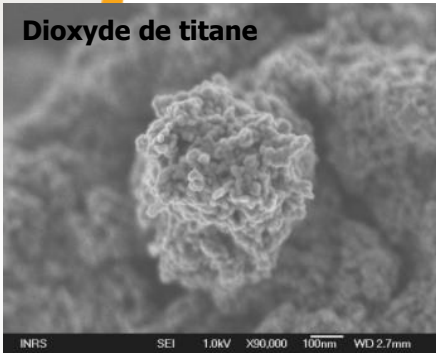


Un nanomatériau :

- 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**.

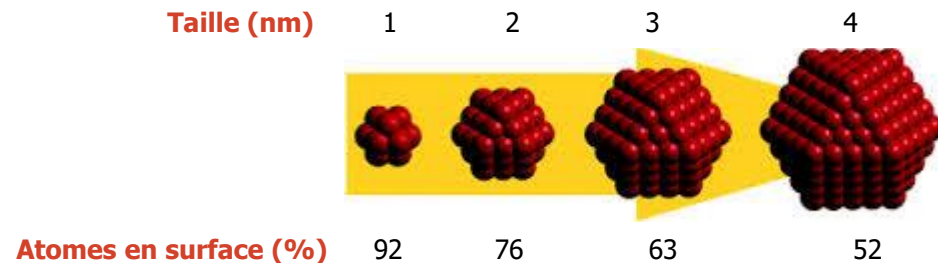
Tout matériau est à considérer comme relevant de la définition établie ci-dessus dès lors qu'il présente une surface spécifique en volume supérieure à **60 m²/cm³**.

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



Des propriétés innovantes

Lorsque la taille des matériaux décroît → **apparition de propriétés ou de comportements nouveaux**



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

✓ Propriétés électriques

alumine + quelques % nanotubes de carbone → **conductivité électrique** x 10^{12}

✓ Propriétés mécaniques

nanomatériau de cuivre → **élongation** x 50

nanomatériau de zircone → **superplasticité** : déformation sans concentration de contraintes

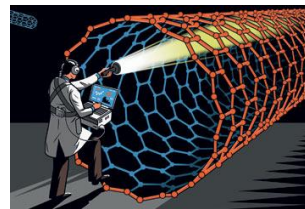
✓ Propriétés optiques

nanocristaux semi-conducteurs sous ultra-violets → **émission fluorescente**

✓ Propriétés catalytiques

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

Des enjeux multiples



➔ Des enjeux scientifiques et techniques

Observer, comprendre, caractériser, fabriquer et utiliser les nanomatériaux

➔ Des enjeux économiques

Les nanomatériaux manufacturés constituent **un levier d'innovation majeur** dans de nombreux secteurs industriels : automobile, cosmétique, agroalimentaire, pharmacie, textile, BTP, électronique...

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

Espoirs, inquiétudes, promesses, risques, etc.



Un développement ubiquitaire

**Chimie et
plasturgie**



Environnement



Énergie



**Électronique et
communication**



Automobile



**Santé et
pharmacie**



Cosmétique



Agroalimentaire



Aéronautique



Défense



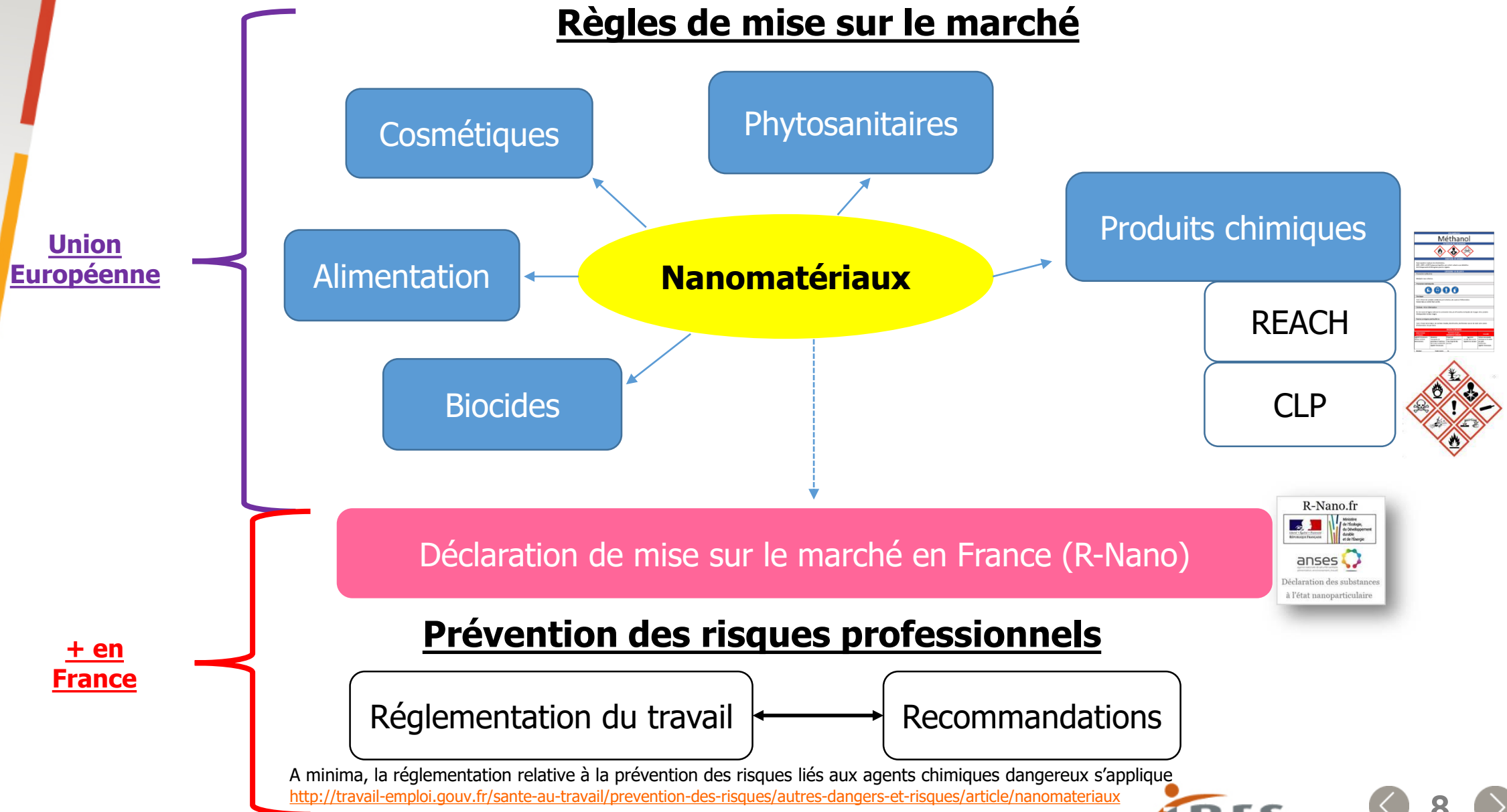
**Bâtiment
et travaux
publics**



**Équipements
de la maison**



Le contexte réglementaire



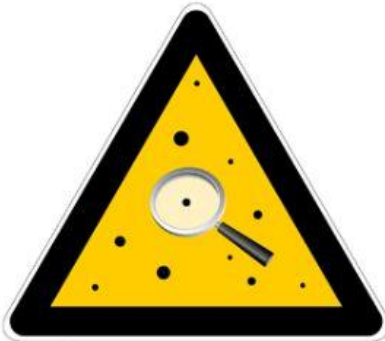
Une priorité pour la santé et la sécurité au travail

~ **425 000 tonnes** de nanomatériaux manufacturés ont été mises sur le marché en France en 2016 par ~ 1500 entreprises (**déclaration obligatoire R-Nano** : <https://www.r-nano.fr>)

➔ ➔ ➔ Population salariée potentiellement exposée aux nanomatériaux nombreuse

Les connaissances sur la toxicité des nanomatériaux sont parcellaires : études in vitro difficilement transposables à l'homme, études in vivo effectuées via des voies d'exposition non représentatives et sur de courtes périodes, nanomatériaux insuffisamment caractérisés, etc.

Les données relatives aux expositions professionnelles restent limitées : manque de consensus international quant aux critères de mesure, instruments pour la plupart inappropriés, etc.



INRS Institut national de recherche et de sécurité • © INRS

Anticiper, évaluer et prévenir les risques associés aux nanomatériaux constitue une priorité pour la santé et la sécurité au travail



Les expositions en milieu professionnel

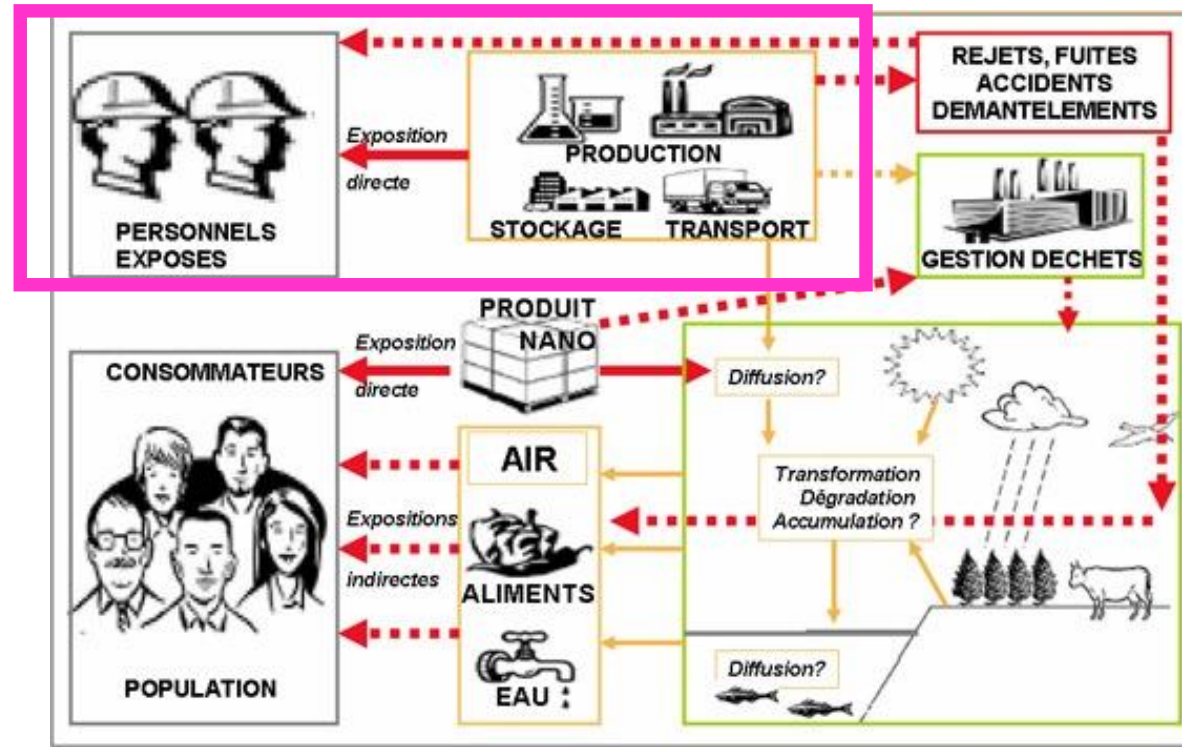


Les salariés peuvent être exposés aux nanomatériaux manufacturés tout au long de leur cycle de vie

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

La démarche de prévention

- **Repérer, identifier et inventorier tous les nanomatériaux et 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 1,3 et 9
- consulter la **fiche technique** du produit
- contacter le **fabricant/fournisseur** (demander si une **déclaration à R-Nano** a été effectuée ou si le produit est déclaré en tant que nanoforme dans le cadre du règlement européen Reach)
- consulter **l'observatoire européen des nanomatériaux : EUON**
- réaliser une revue de la **littérature technique et scientifique**



La démarche de prévention

- **S'interroger sur la nécessité de fabriquer ou d'utiliser le nanomatériau (« bénéfices attendus / risques supposés »)**
- **Modifier le procédé ou l'activité de façon à ne plus produire ou utiliser le nanomatériau,** si les risques supposés sont plus importants que les bénéfices attendus
- **Agir sur les procédés et les modes opératoires**
 - Privilégier la fabrication et l'utilisation de nanomatériaux sous forme non pulvérulente
 - Éliminer ou limiter certaines opérations particulièrement exposantes (fractionnement, transvasement, etc.)
 - Limiter les quantités de nanomatériaux utilisées



La démarche de prévention

- **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, poste de sécurité, etc.
 - **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 (HEPA)** de classe supérieure à H13 (norme NF EN 1822-1)



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 ou blouse jetable** contre le risque chimique de type 5
- Porter des gants étanches et jetables en nitrile ou vinyle

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



Apposer **un pictogramme** indiquant la présence de nanomatériaux

- **Stocker les produits dans des contenants étanches, fermés et étiquetés**

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

- Nettoyer à l'aide de **linges humides** ou d'**un aspirateur industriel équipé de filtres à air à très haute efficacité**, de classe H (norme NF EN 60335-2-69)

- **Traiter les déchets de nanomatériaux**

- Collecter au plus près des postes de travail
- Conditionner dans des **emballages fermés et étanches**
- **Mentionner la présence de nanomatériaux** (« contient des nanomatériaux »)



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



- **Procéder régulièrement à un entretien et à une maintenance des installations**

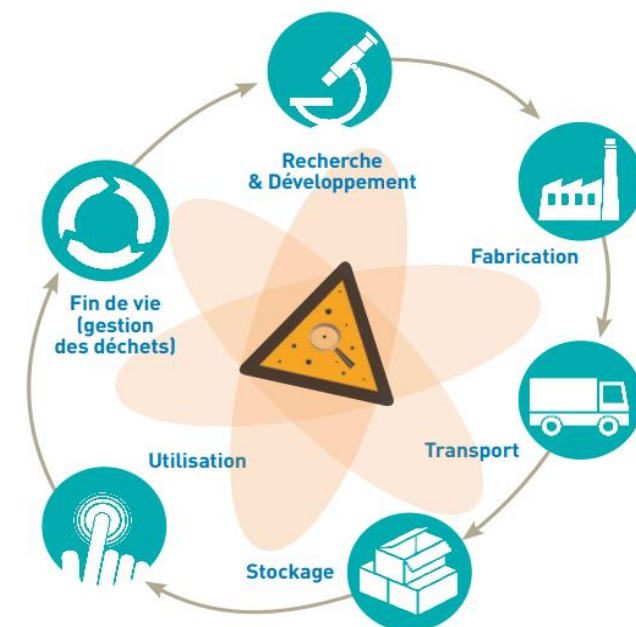
- **Rédiger et diffuser des procédures d'intervention lors d'incidents ou d'accidents**

- **Former et informer les salariés potentiellement exposés sur les risques et les mesures de prévention**, en l'état des connaissances

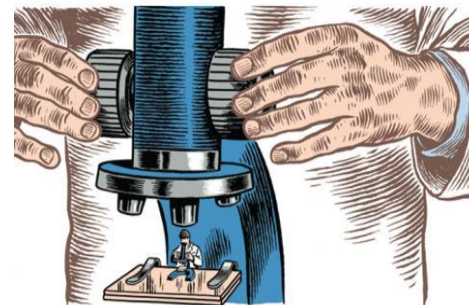
- **Assurer la traçabilité de l'exposition des salariés**

Conclusion & perspectives

- **Des situations d'exposition professionnelle variées et nombreuses aux nanomatériaux** existent dans les laboratoires et les entreprises
- Compte tenu de nombreuses inconnues, il convient de prendre **des mesures de limitation des expositions professionnelles** (« **ne pas attendre pour agir** »)
- L'instauration de procédures de prévention est nécessaire **tout au long du cycle de vie des produits**
- Il importe de privilégier **la protection collective et la protection intégrée aux procédés** : isoler les procédés de travail, capter les nanomatériaux à la source, filtrer l'air des lieux de travail, etc.



Conclusion & perspectives



Suivre l'avancée des connaissances :

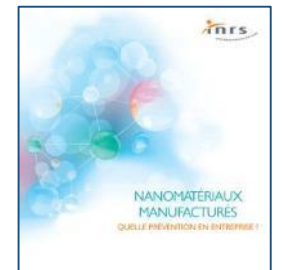
- ⇒ Résultats des études toxicologiques, en particulier des études **portant sur les effets à long terme par inhalation**
- ⇒ Recommandations en termes de **valeurs limites d'exposition professionnelle**
- ⇒ Travaux visant à **mieux connaître les expositions** : métrologie, stratégie de mesure, etc.

Conclusion & perspectives



Exemples de 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
- « De la production au traitement des déchets de nanomatériaux manufacturés », ED 6331, 2019
- « Nanomatériaux : ventilation et filtration de l'air des lieux de travail », ED 6181, 2014
- « Nanomatériaux manufacturés : quelle prévention en entreprise ? », ED 6309, 2018
- « Dioxyde de titane nanométrique : de la nécessité d'une valeur limite d'exposition professionnelle », NT 36, 2016
- « Utilisation du dioxyde de titane nanométrique : cas de la filière BTP », ND 2367, 2012
- « Les nanomatériaux manufacturés à l'horizon 2030. Conséquences en santé et sécurité au travail dans les petites entreprises en France », VEP 2, 2016





Notre métier, rendre le vôtre plus sûr

Merci de votre attention



www.inrs.fr

YouTube



in.