



Document réalisé dans le cadre du
Plan santé au travail 2016-2020 de
la région Grand Est



RISQUES ÉMERGENTS

Les nanomatériaux



Direction régionale
des entreprises,
de la concurrence,
de la consommation,
du travail et de l'emploi



Direction régionale
de l'environnement,
de l'aménagement
et du logement



SOMMAIRE

1. Définition : de quoi parle-t-on ? Le contexte des nanoparticules
2. Où les trouve-t-on ?
3. Les dangers pour la santé
4. Impacts environnementaux et risques sanitaires
5. Obligations réglementaires au sein du travail (en France et à l'international)
6. Obligations réglementaires sur l'environnement (en France et à l'international)
7. Mesure de prévention (travail et environnement)
8. Métrologies et caractérisation
9. Suivi médical

Nota : Cette présentation est conçue comme une présentation à tiroir qui doit être adaptée en fonction du public et du message à faire passer. La présentation globale passe en revue l'état des connaissances à mars 2020.



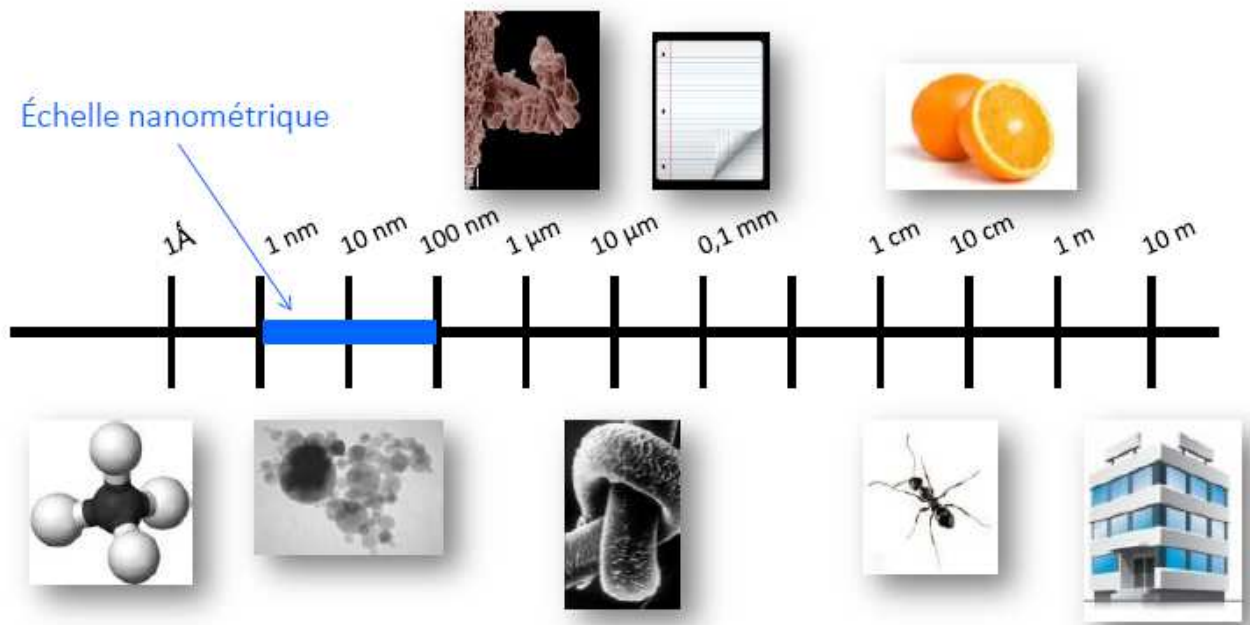
1. DÉFINITION : DE QUOI PARLE-T-ON ?

Le contexte des nanoparticules

NANO...METRE



→ Nano (symbole nm) : préfixe du système international d'unités (SI)
qui désigne 10^{-9} (soit un milliardième de l'unité de base).



NANO... PARTICULES

Diversité dans les origines :

→ NATURELLE

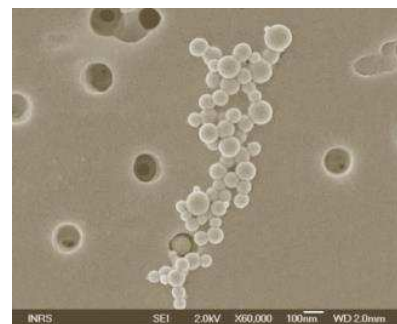


→ ANTHROPIQUE

- Non intentionnelle : particules ultrafines (PUF)

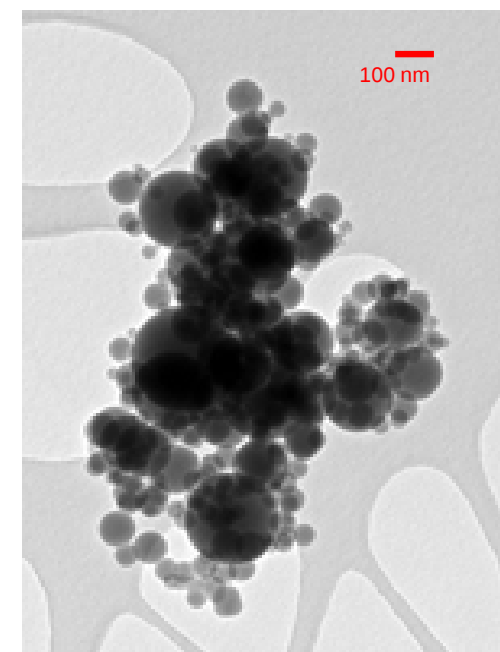
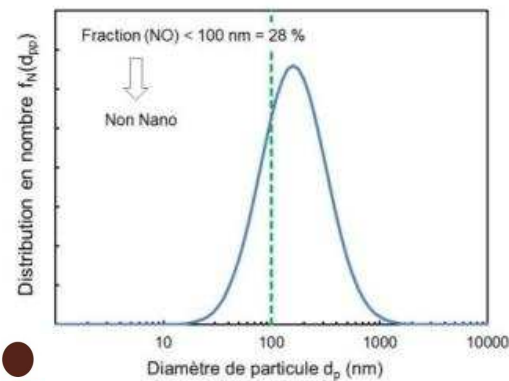
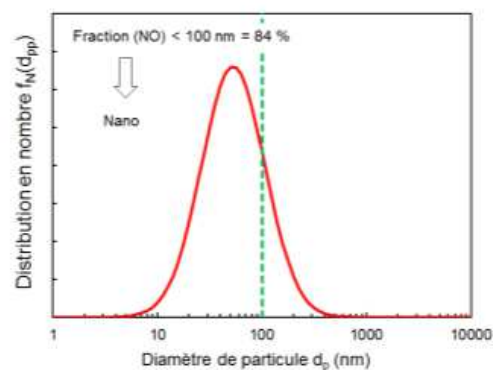


- Intentionnelle : **nanoparticules manufacturées**



LES NANOMATÉRIAUX MANUFACTURÉS

- ➔ Définition CE (2011) → Article R. 523-12 du Code de l'environnement (2012)
- ➔ Nanomatériaux manufacturés → « Substance à l'état nanoparticulaire »
- ➔ Les NM sont constitués de :
 - Nano-objets (NO) dont au moins une dimension < 100 nm
 - NO de structure pleine, poreuse, cœur-coquille etc.
 - NO libres, agrégés ou agglomérés (NOAA)
 - Proportion (en nombre) NO > 50 %

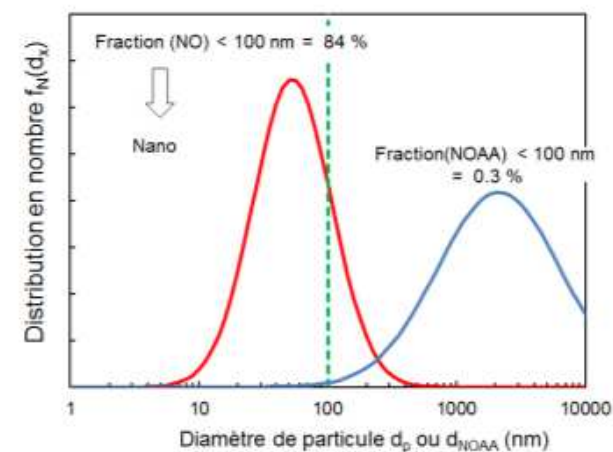
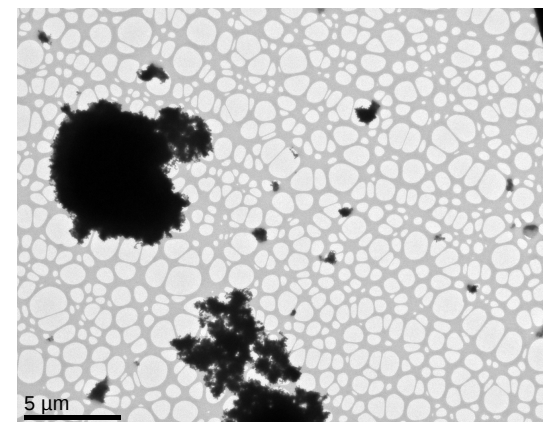


LES NANOMATÉRIAUX MANUFACTURÉS

→ Ils peuvent se présenter sous forme de :

- Poudre
- Suspension colloïdale
- Gel
- Intégrés dans une matrice (ex. polymère)

Apparition de propriétés physico-chimiques inédites :
propriétés électroniques,
magnétiques,
optiques, mécaniques,
thermiques, etc...

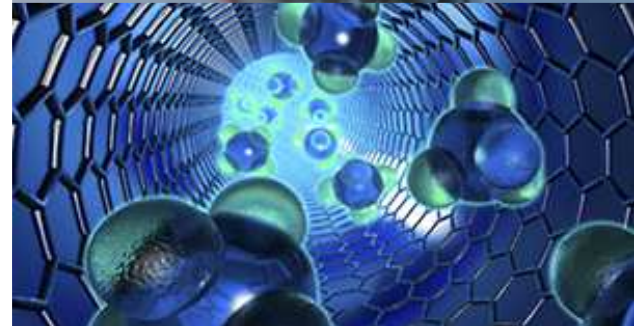
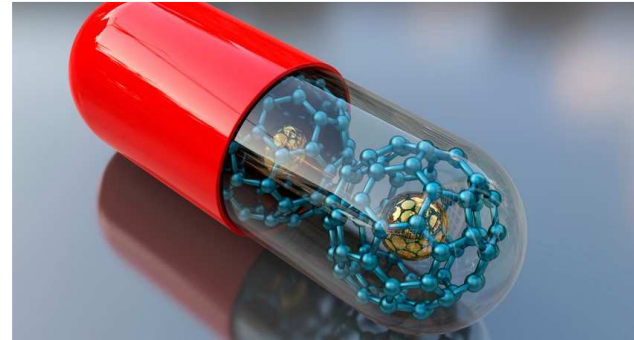




2. OÙ LES TROUVE-T-ON ?

Projet DM-13/03/2020

PRST3 – Actions Nanoparticules
CARSAT / DREAL / DIRECCTE / SSTi Grand-Est



SOURCES DE NANOMATÉRIAUX



Origine naturelle

- Activités volcaniques
- Feux de forêts



Activités humaines

- Vapeurs de cuisine
- Fumées de barbecues
- Poussières végétales



Dérivés des procédés industriels

- Thermique (fonderie, soudure, oxycoupage...)
- Mécanique (fraisage, ponçage, polissage...)
- Combustion : moteurs, fumage alimentaire, chauffage au gaz, incinération
- Épandage de produits phytosanitaires, gaz de fumigation



Production et utilisation intentionnelle à des fins industrielles et de recherches

ACTIVITÉS INDUSTRIELLES ET DE RECHERCHE DANS LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION...

Dioxyde de titane

Polymère
carboné fluoré

Silice
amorphe

Nanotube de
carbone

Eléments
métalliques (Ag,
Zn, Al, W...)



Béton et
carrelage

Ciment

Matériaux
d'isolation

Membrane
bitumeuse

Revêtement
routier, pour
l'acier,
le béton,
la pierre,
le bois...

Revêtement
pour outils

Verre

OBJECTIF

Amélioration des propriétés du matériau ou de fonctionnalités (ex. autonettoyant / dépollution ou résistance au feu/protection thermique ou légèreté ou pigmentation ou résistante mécanique...)

ACTIVITÉS INDUSTRIELLES ET DE RECHERCHE DANS LES COSMÉTIQUES

Silice
amorphe

Dioxyde de
titane

Éléments
métalliques (Ag,
Zn, Al,...)



Coloration et
décoloration
capillaires

Crèmes de soin
et autres soins
(démaquillant,
nettoyant,
exfoliant..)

Crèmes
solaires

Dentifrices

Déodorants

Équipements
de soins
(ex. brosse à
cheveux,
brosses à
dents...)

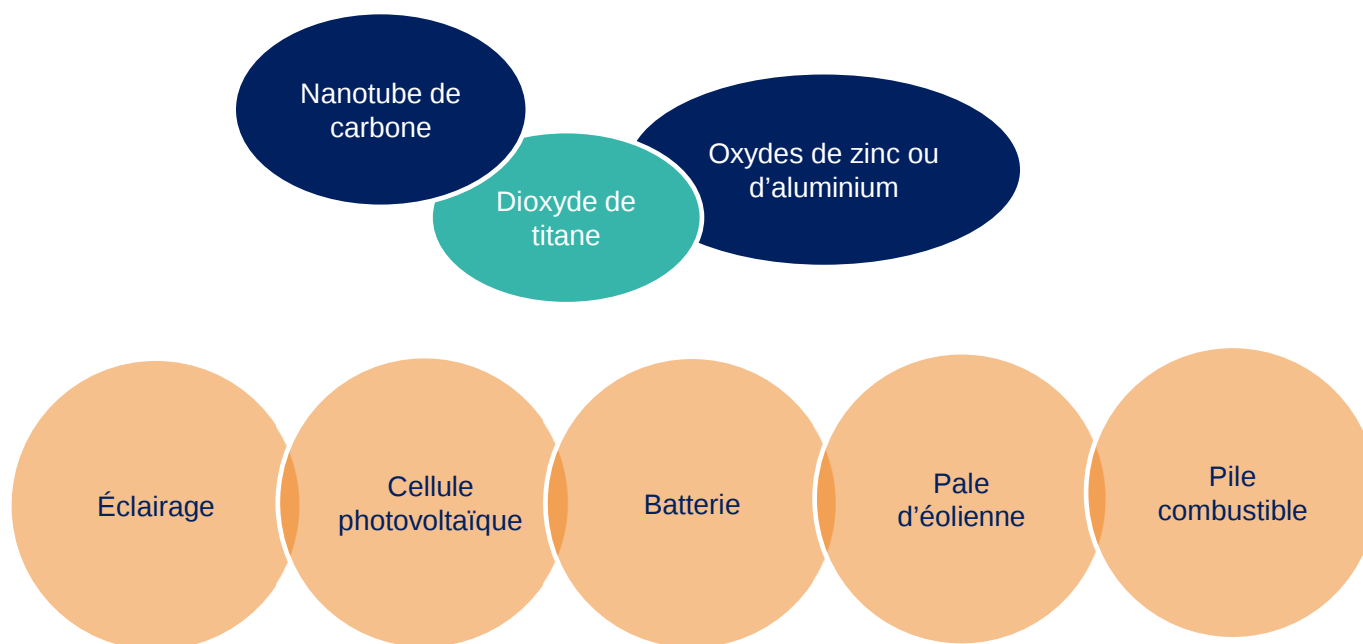
Maquillage
(yeux, ongles,
lèvres...)

Shampoings et
savons

OBJECTIF

Amélioration des propriétés du
matériau ou de fonctionnalités
(ex. antibactérien, pigmentation,
opacité, absorbeur d'UV...)

ACTIVITÉS INDUSTRIELLES ET DE RECHERCHE DANS NOS ÉNERGIES



OBJECTIF

Amélioration des propriétés du matériau ou de fonctionnalités (ex. rendement et rendu de l'éclairage, amélioration du poids, conductivité, résistance mécanique...)

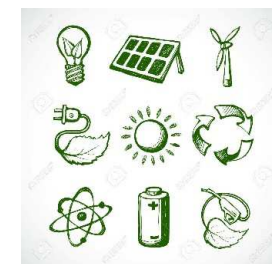
Source : ED 6174 INRS

ACTIVITÉS INDUSTRIELLES ET DE RECHERCHE DANS L'ENVIRONNEMENT...

Dioxyde de
titane

Eléments
métalliques (Fe,
Au, Ag, Al, Zr,
Ce, Pd...)

Polymères
(PA, PU...)



Agent de
dépollution
des eaux et
sols

Membrane
organique
(filtration des
liquides et
des gaz)

Membrane
céramique
(filtration des
liquides et
des gaz)

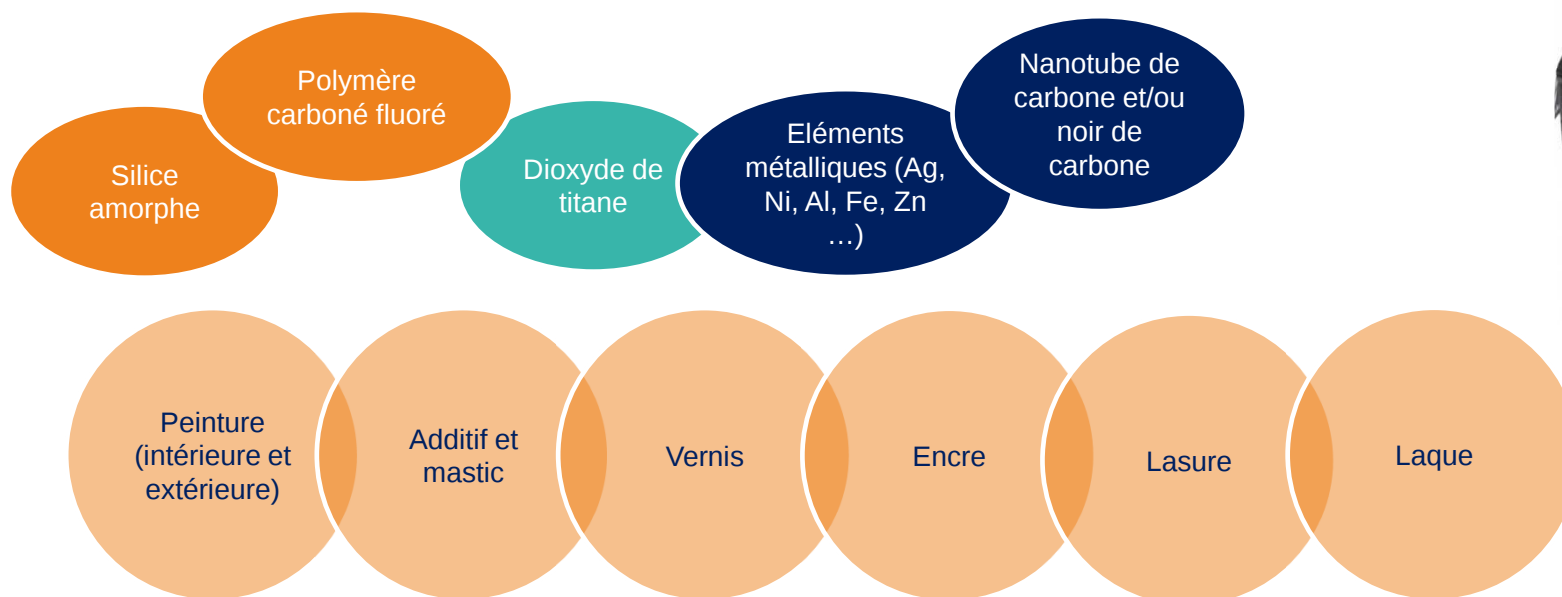
Additif pour
diesel

Pot
catalytique

OBJECTIF

Amélioration des propriétés du matériau ou de fonctionnalités (ex. catalyseur/adsorption de contaminants, antibactérien, dépollution, catalyseur de combustion ou d'oxydation...)

ACTIVITÉS INDUSTRIELLES ET DE RECHERCHE DANS LES REVÊTEMENTS DES BÂTIMENTS

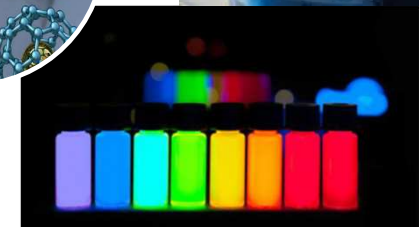
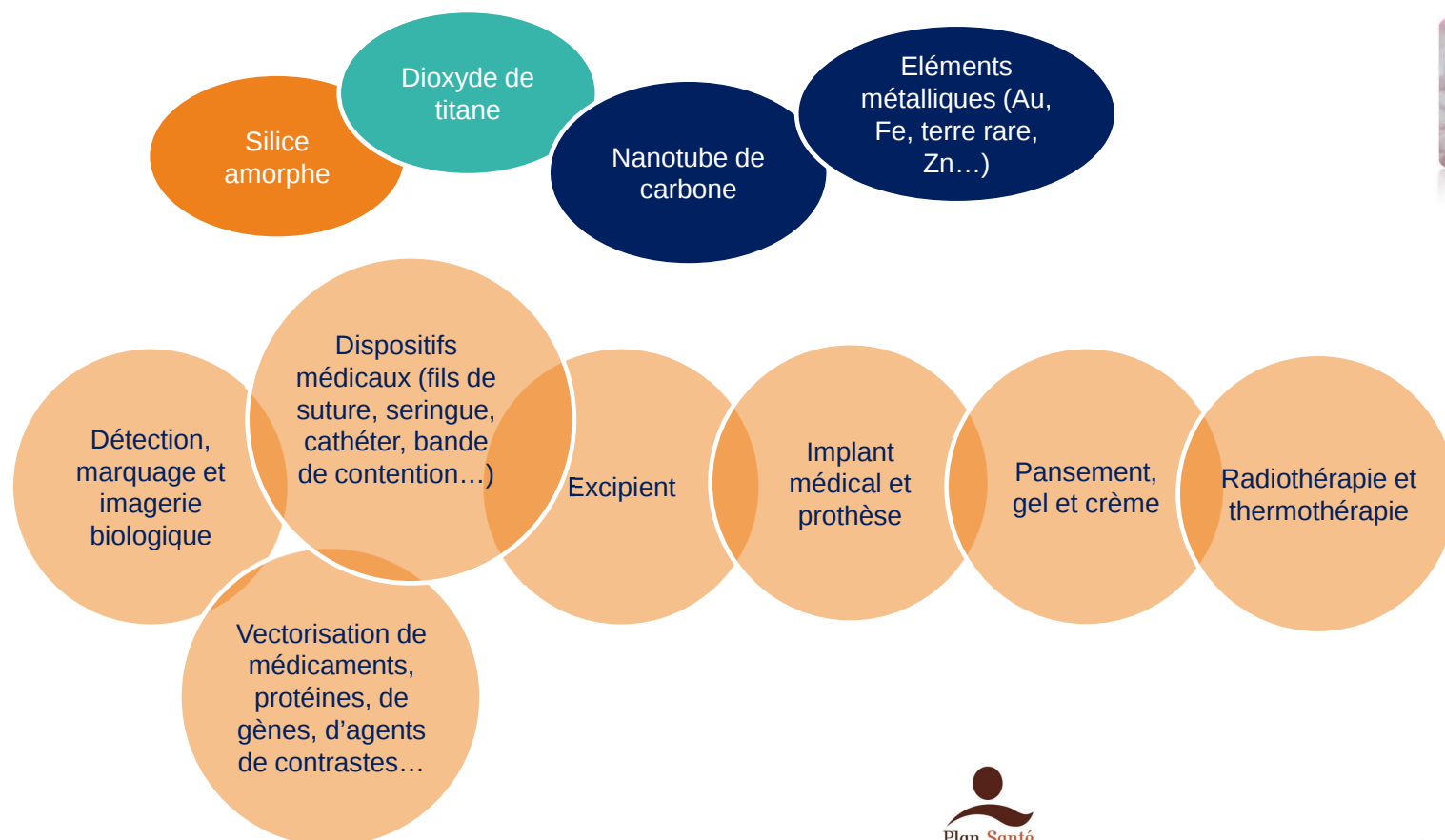


OBJECTIF

Amélioration des propriétés du matériau ou de fonctionnalités (ex. antibactérien, pigments, charge, résistance UV, résistance mécanique, autonettoyant...)



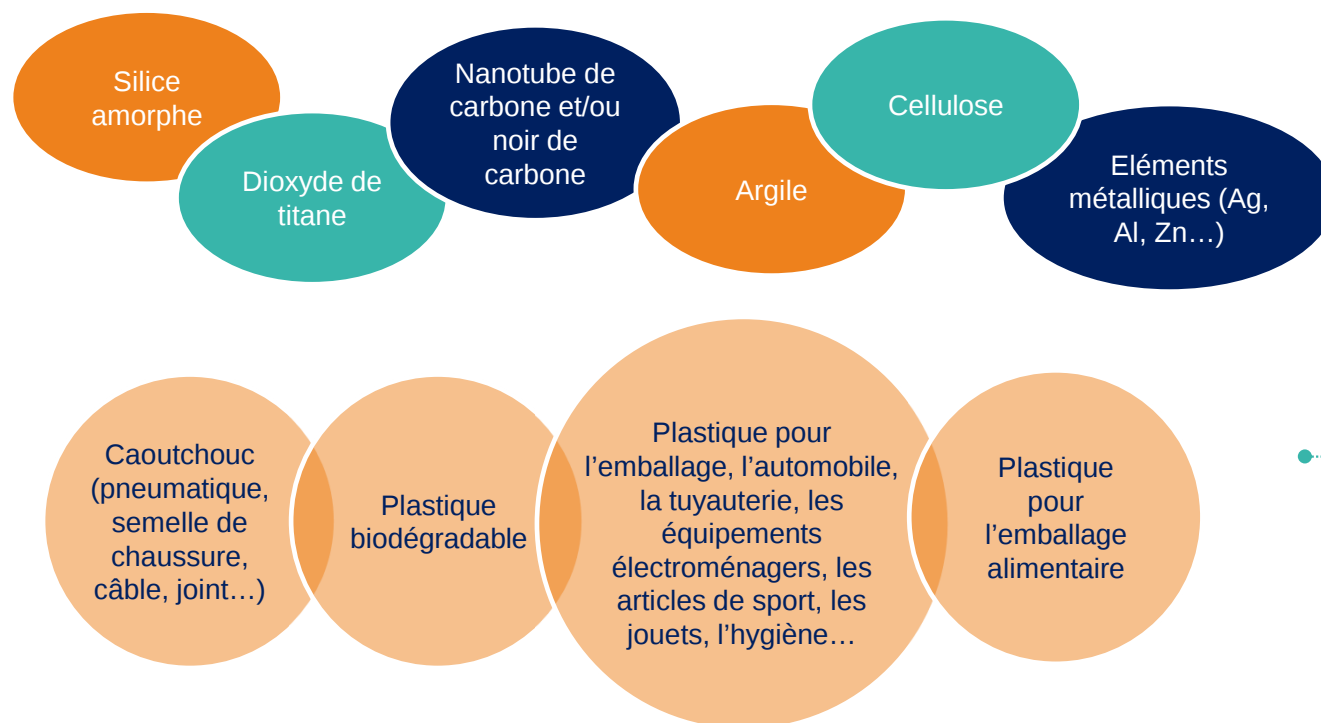
ACTIVITÉS INDUSTRIELLES ET DE RECHERCHE DANS LES APPLICATIONS MÉDICALES



OBJECTIF

Amélioration des propriétés du matériau ou de fonctionnalités (ex. optiques, biocompatibilité et biodisponibilité, magnétisme, antibactérien, pigment, résistance mécanique, transport d'agents thérapeutiques...)

ACTIVITÉS INDUSTRIELLES ET DE RECHERCHE DANS L'INDUSTRIE DES PLASTIQUES



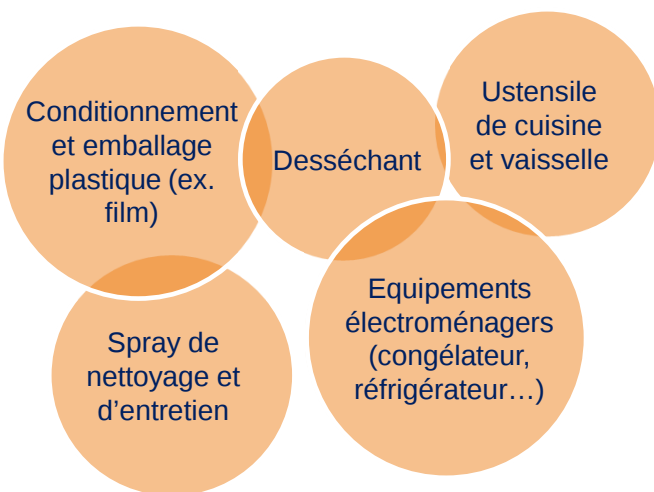
OBJECTIF

Amélioration des propriétés du matériau ou de fonctionnalités (ex. charge, retardateur de flamme, épaississant, résistance mécanique et UV, protection thermique, antibactérien...)

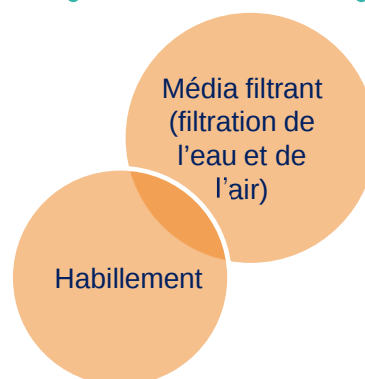
ACTIVITÉS INDUSTRIELLES ET DE RECHERCHE DANS L'INDUSTRIE



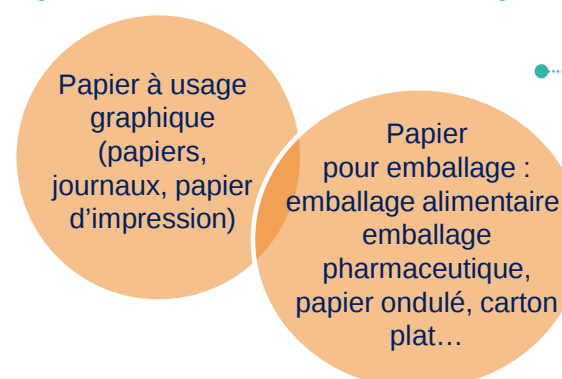
EQUIPEMENT, EMBALLAGE ET USTENSILE



INDUSTRIE DU TEXTILE



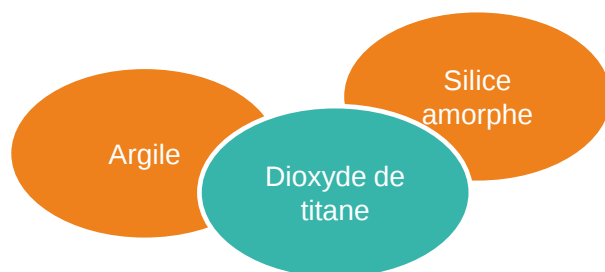
PAPIER ET CARTON



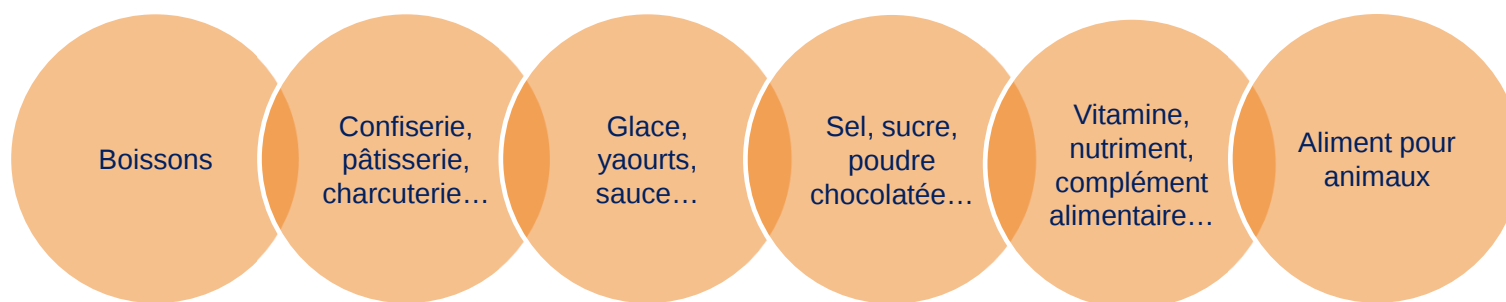
OBJECTIF

Amélioration des propriétés du matériau ou de fonctionnalités (ex. antibactérien, anti-odeur, résistance mécanique, réflexion des IR, résistance aux UV, autonettoyant, imper-respirant, retardateur de flamme, conductivités thermiques et électriques, traçabilité, anti-contrefaçon, hydrophobie et anti-tache, antiadhésif...)

ACTIVITÉS INDUSTRIELLES ET DE RECHERCHE DANS L'INDUSTRIE



Denrées alimentaire : alimentations humaines et animales



OBJECTIF

Amélioration des propriétés du matériau ou de fonctionnalités (ex. agents de clarification, colorant, anti-agglomérant, onctuosité, viscosité, encapsulation, anti-mottant, biodisponibilité, absorption, absorbant d'humidité et de toxines, charge...)

3. LES DANGERS POUR LA SANTÉ



ETAT DES CONNAISSANCES SUR LA TOXICITÉ

➔ Informations parcellaires ou contradictoires

Peu de connaissances disponibles chez l'Homme

La plupart des données sont obtenues par des études expérimentales (*in vitro* ou *in vivo*) → résultats difficilement extrapolables à l'Homme

- Chaque nanomatériau (y compris pour une même composition chimique) possède un profil toxicologique qui lui est propre
- Impossible de prédire a priori les effets potentiels d'un nanomatériau du fait de la multiplicité des paramètres physico-chimiques influençant la toxicité

➔ Mais un certain nombre d'études démontrent déjà clairement que les nanomatériaux :

- Présentent une toxicité plus grande
- Sont à l'origine d'effets inflammatoires plus importants que les objets micrométriques de même nature chimique.

VOIES D'EXPOSITION EN MILIEU PROFESSIONNEL

Principalement l'inhalation; dans une moindre mesure contact et ingestion.

Peuvent être :

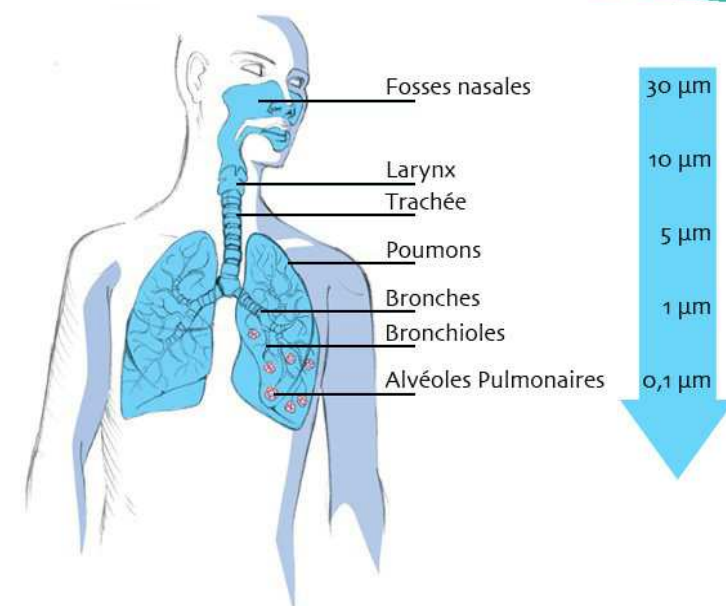
- soit exhalés
- soit se déposer dans les différentes régions de l'arbre respiratoire
 - voies aériennes supérieures (fosses nasales, bouche, pharynx et larynx)
 - arbre trachéo-bronchique (trachée, bronches et bronchioles)
 - alvéoles pulmonaires.

Ce dépôt pas uniforme dans l'ensemble des voies respiratoires

varie considérablement en fonction du diamètre, des degrés d'agrégation et d'agglomération ainsi que du comportement dans l'air des nanomatériaux

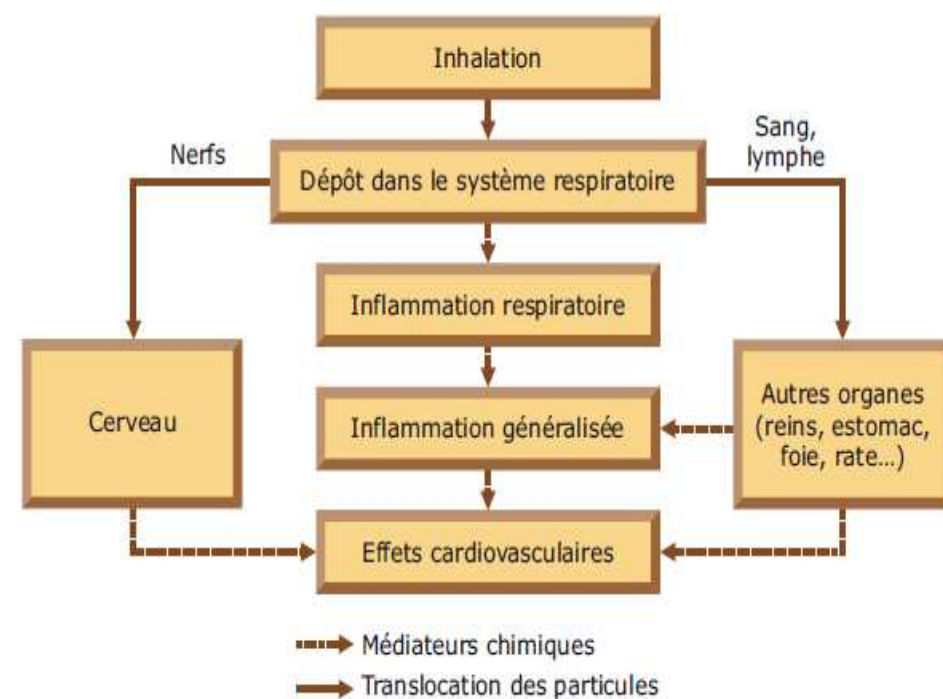
Les particules de diamètre compris entre 10 et 100 nm se déposent ainsi majoritairement dans le poumon profond (au niveau des alvéoles pulmonaires), dans une proportion nettement supérieure à celle des particules micrométriques.

Les particules plus petites se déposent principalement dans les voies aériennes supérieures et dans une moindre mesure, dans la région trachéo-bronchique.



DEVENIR ET EFFETS TOXIQUES APRÈS INHALATION

- **Les poumons** sont exposés en première ligne :
 - réponse biologique de type inflammation (alvéoles)
 - ↗ des pathologies respiratoires chroniques (asthme ou broncho-pneumopathies chroniques obstructives BPCO), mais pourraient aussi être responsables de graves infections pulmonaires comme après exposition à l'amiante ou à la silice (plaques pleurales, cancer pulmonaire) (Oberdörster G, 2005).
- **Les particules sont capables de traverser la paroi alvéolaire**, migrer vers la plèvre, les structures ganglionnaires, rejoindre les systèmes sanguin et lymphatique et atteindre différents organes comme le foie, le cœur ou la rate.
- Elles peuvent également dans certains cas traverser la muqueuse nasale et être transportés via les nerfs olfactifs jusqu'au cerveau.
- La diffusion et l'accumulation de nanomatériaux inhalés dans l'ensemble de l'organisme pourrait jouer un rôle majeur dans le développement de certaines pathologies cardiaques ou du système nerveux central.



PASSAGE CUTANÉ : UNE HYPOTHÈSE ENCORE À L'ÉTUDE

- De nombreux paramètres sont susceptibles d'influencer la pénétration des particules à travers la peau (taille, élasticité et propriétés de surface des particules, état de la peau, contraintes mécaniques, présence de sueur...).
- La plupart des études concernant des nanomatériaux insolubles tels que le TiO_2 semble indiquer que la pénétration des particules est peu probable sauf dans le cas où la peau est endommagée.
données cependant parfois contradictoires et qui ne permettent pas d'exclure formellement tout risque de passage transcutané.
- L'impact de cette voie sur d'éventuels effets sur la santé ne semble pas prédominant et reste plus à l'état d'hypothèse (Sadrieh, 2010).

PRINCIPAUX FACTEURS RESPONSABLES DE LA TOXICITÉ

→ La toxicité dépend de multiples paramètres (liste non exhaustive)

Composition chimique	La nature chimique (notamment métallique), ainsi que la présence d'autres composés (comme les HAP et les métaux de transition : Fe, Ni...) adsorbés sur leur surface, sont susceptibles d'influer sur leur toxicité.
Taille	La taille conditionne le site de dépôt lors des expositions par voie respiratoire. Par ailleurs, une diminution de la taille des particules ou des fibres favorise leur pénétration dans les cellules, le passage des barrières biologiques et leur migration vers divers organes (par exemple, via le sang ou les nerfs)
Surface	La « surface spécifique » d'une particule est inversement proportionnelle à sa taille. Or la réactivité chimique d'une particule dépend notamment de sa surface. Ainsi, une diminution de la taille des particules et des fibres induit une augmentation de leur réactivité chimique et biologique. Elle favorise également la pénétration dans l'organisme de substances adsorbées qui peuvent atteindre divers organes et entraîner des effets toxiques spécifiques.
Nombre	L'augmentation du nombre des particules favorise la pénétration et la persistance dans les tissus de l'organisme, en saturant les systèmes de clairance pulmonaire.
Forme	La toxicité semble être aggravée par la forme fibreuse ou filamenteuse. Les particules longues comme les nanotubes ou les nanofilaments seraient plus toxiques que les particules sphériques de composition chimique identique.
Structure	La structure cristalline, pour les composés minéraux (comme la silice), peut contribuer à moduler les propriétés toxicologiques. Par ex, dans le cas du TiO_2 , la forme anatase génère spontanément plus d'espèces réactives de l'oxygène et entraîne plus d'effets cytotoxiques que la forme rutile.
Solubilité	La solubilité conditionne le devenir dans l'organisme humain. La production d'espèces ionisées à partir de nanomatériaux plus ou moins solubles peut contribuer au développement d'effets toxiques.
Degrés d'agrégation et d'agglomération	Dans la réalité, les nanoparticules sont rarement isolées les unes par rapport aux autres en tant que particules primaires mais ont tendance à s'agréger ou s'agglomérer en amas de plus grande dimension (pouvant atteindre plusieurs dizaines de μm). Ces deux phénomènes peuvent modifier le dépôt dans l'organisme, leur pénétration dans ou à travers les cellules et leurs effets biologiques.

Autres facteurs :

- liés à l'exposition : voies de pénétration dans l'organisme, importance et durée de l'exposition
- liés à l'organisme exposé : susceptibilité individuelle, charge physique, paramètres biocinétiques (déposition, distribution et migration des particules dans l'organisme)

DONNÉES ÉPIDÉMIOLOGIQUES

- Les données épidémiologiques dans les populations de travailleurs exposés sont très limitées (Kumar, 2013).
- Dans les industries les plus anciennes, comme celles du TiO_2 ou du noir de carbone, plusieurs études de morbidité et de mortalité ont été effectuées mais ne concernent pas exclusivement la fraction nanométrique et n'ont pas permis de démontrer une augmentation du risque (NIOSH, 2011).
- La monographie du CIRC montre l'absence d'association entre exposition aux particules de TiO_2 et augmentation de cancers du poumon chez des professionnels travaillant dans la production de particules de TiO_2 (Boffeta, 2004 ; Baan, 2007).
- En février 2006, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a publié les résultats des réévaluations du potentiel cancérogène du noir de carbone et du dioxyde de titane.
 - Il a confirmé pour le noir de carbone le classement établi en 1996, à savoir cancérogène possible chez l'Homme (catégorie 2B).
 - Il a modifié pour le TiO_2 celui établi en 1989, qui passe ainsi de la catégorie 3 (classification impossible quant au pouvoir cancérogène pour les humains) à la catégorie 2B.

DONNÉES ÉPIDÉMIOLOGIQUES (SUITE)

- La biopersistance fait craindre un risque de toxicité chronique, voire de développement de cancers avec la conjugaison du processus de génotoxicité et de l'inflammation chronique
- Quelques études montrent la capacité à induire des lésions de l'ADN (Wang, 2013)
- Pour le moment, il n'existe pas d'études sur les conséquences de l'accumulation des nano dans l'organisme.
- Les effets cancérigènes des matériaux fibreux persistants comme l'amiante sont connus et l'exposition aux nanotubes de carbone de structure similaire inquiète (Savolainen, 2010).

BIBLIOGRAPHIE

- Baan, 2007, Carcinogenic hazards from inhaled carbon black, titanium dioxide, and talc not containing asbestos or asbestiform fibers: recent evaluations by an IARC Monographs Working Group, *Inhal Toxicol*, 19: 213-228
- Boffeta, 2004, Mortality among workers employed in the titanium dioxide production industry in Europe, *Cancer Causes Control*, 15: 697-706
- DMT n°115, 2008, Nanoparticules : un enjeu pour la prévention
- Dossier INRS, 2019, Nanomatériaux, nanoparticules, www.inrs.fr/risques/nanomateriaux.html
- Kumar, 2013, Genotoxic and carcinogenic potential of engineered nanoparticles: an update, *Arch Toxicol*, 87: 1883-1900
- Monographie du CIRC, 2010, Vol 93, Carbon Black, Titanium Dioxide, and Talc, 452 pages
- NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) 2011 : Occupational Exposure to Titanium Dioxide
- Oberdörster G, 2005, Principles for characterizing the potential human health effects from exposure, *Part Fibre Toxicol*, 6: 2-8
- Sadrieh, 2010, Lack of significant dermal penetration of titanium dioxide from sunscreen formulations containing nano- and submicron-size TiO₂ particles, *Toxicol Sci*, 115: 156-166
- Savolainen, 2010, Risk assessment of engineered nanomaterials and nanotechnologies--a review, *Toxicology*, 269: 92-104
- Wang, 2013, Engineered nanoparticles may induce genotoxicity, *Environ Sci Technol*, 47: 13212-14

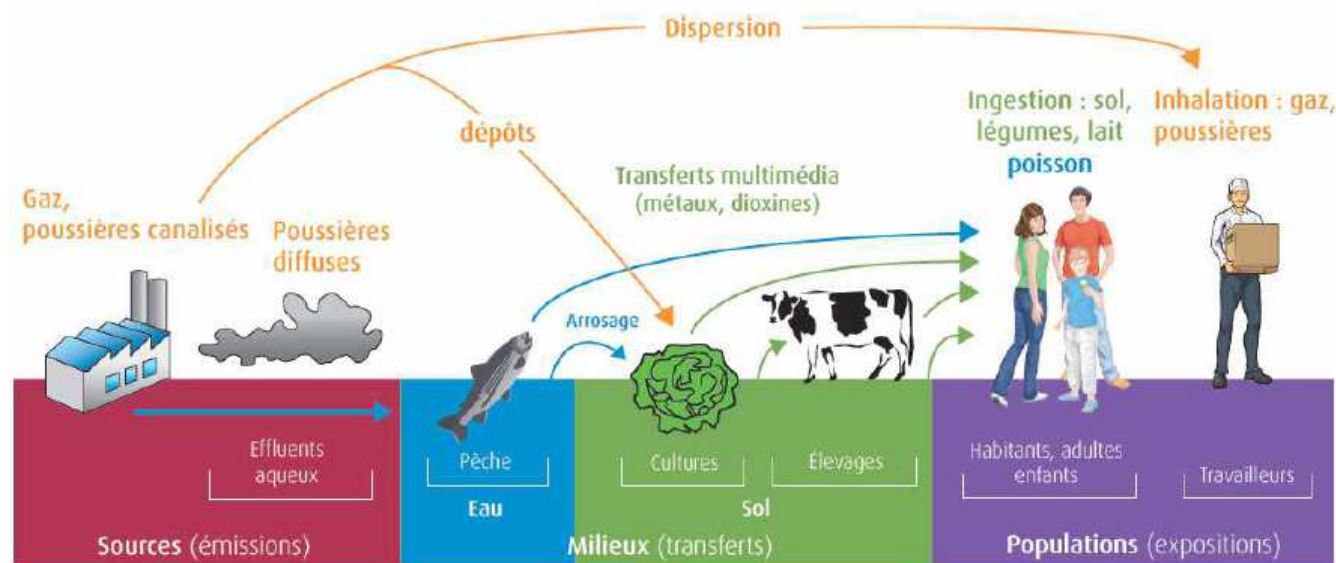


4. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET RISQUES SANITAIRES

RISQUES SANITAIRES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

→ Risques sanitaires :

- Depuis 1997, la réglementation impose une analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents, sur la santé des populations riveraines des installations classées soumises à autorisation, dans le cadre de l'étude d'impact du dossier de demande d'autorisation.
- Depuis 2000, la méthode d'évaluation des risques a été introduite pour mieux prendre en compte l'impact sanitaire d'une installation classée sur l'homme et dans la gestion des sols pollués.



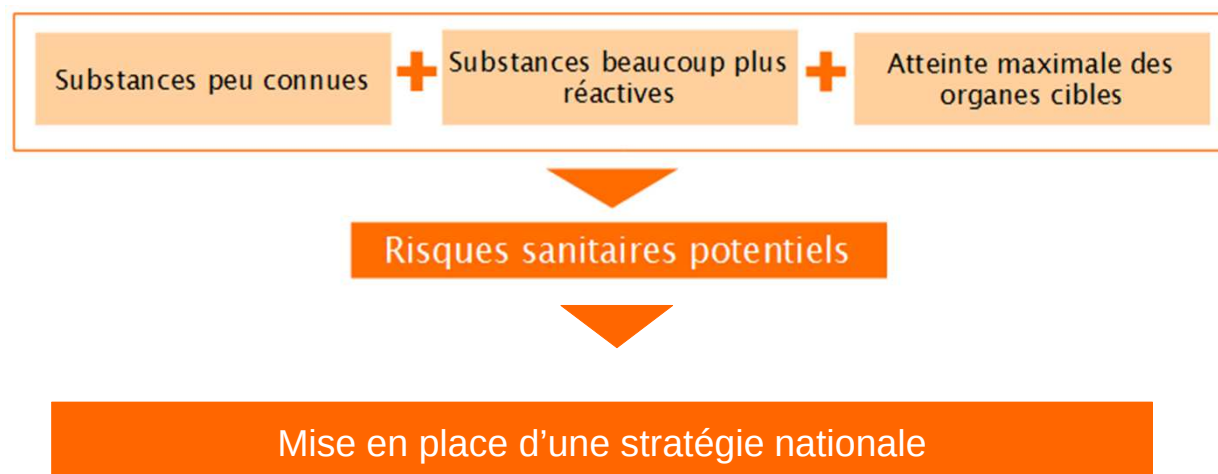
RISQUES SANITAIRES

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX : ENJEUX

→ Un risque émergent, des effets potentiels sur la santé et l'environnement :

- Depuis les quinze dernières années, les nanos sont passés de la R&D à la commercialisation. Le caractère stratégique et récent conduit à une méconnaissance des risques éventuels associés à la fabrication et l'utilisation de ces substances pour l'Homme et pour l'environnement.

→ Les bénéfices technologiques attendus semblent immenses mais la question de leur innocuité reste à démontrer. Le repérage, l'évaluation des risques, le suivi des travailleurs exposés et de l'environnement... doivent être au cœur de la démarche de prévention.



RISQUES SANITAIRES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX : STRATÉGIE NATIONALE

→ Connaissance :

- depuis 2013 des nanos via la base de déclaration R-nano (consolidation de la base, exploitation), production d'un rapport annuel

→ Analyse :

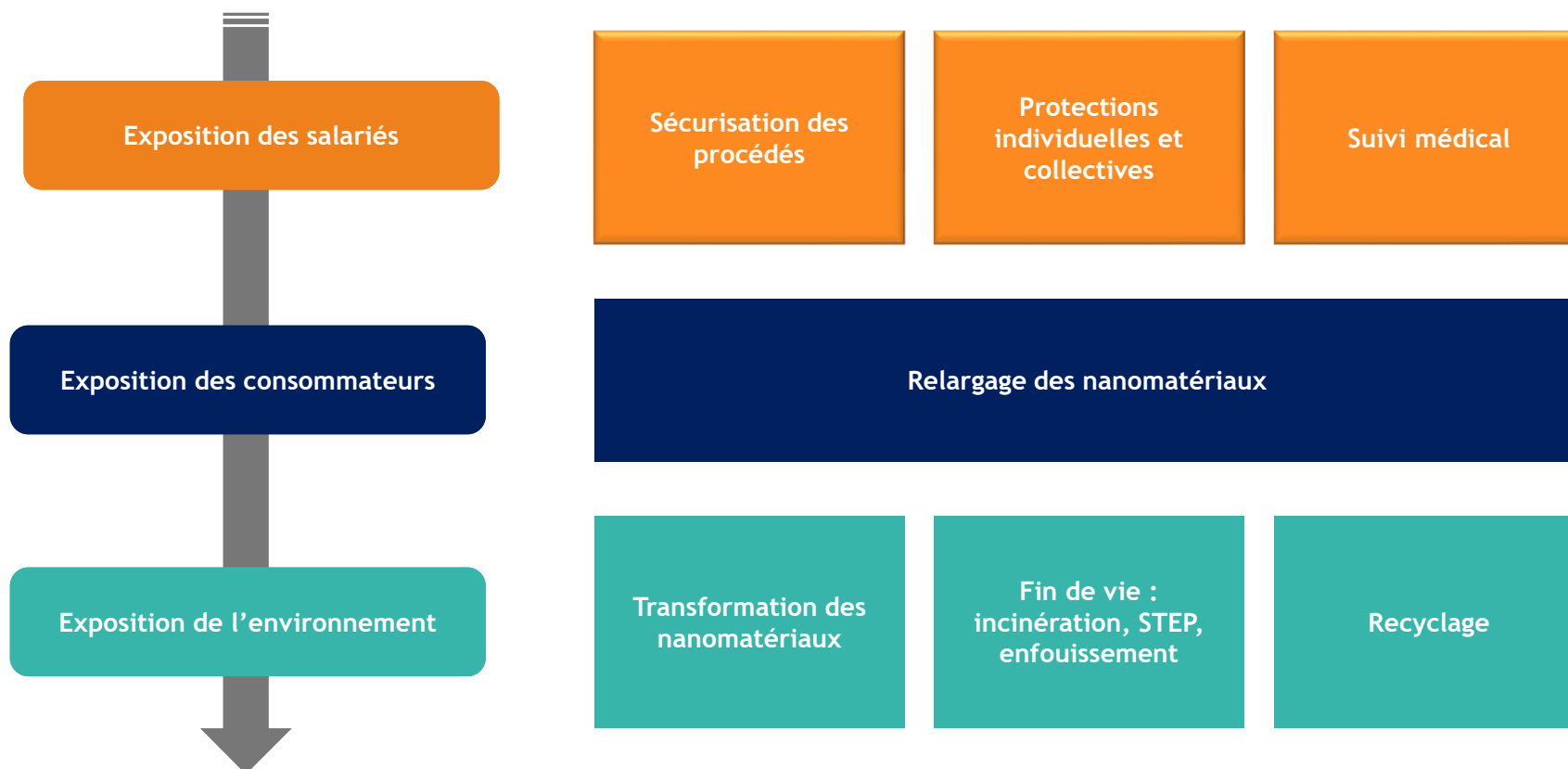
- 2016 : Constitution d'un groupe de travail pour élaborer un guide de techniques à utiliser pour la manipulation des nanos
- 2017 : Sortie du guide – mars, incitation des Dreal pour mener des inspections pilotes sur la base de ce guide – Retour d'expérience sur les inspections 2017

→ Mise en application du guide – évolution de la réglementation

- 2018 : Action d'inspection nationale nano au choix: un moment d'échange avec les exploitants pour vérifier sa dynamique de mise en œuvre des recommandations du guide
- 2019 : Montée en puissance de l'action nationale nano

Évolution de la réglementation (GHS, Reach, autres règlements de produits chimiques non couverts par Reach, première VTR – TiO2 forme P25, construction d'un référentiel international sur les préconisations de manipulation des nanos)

EXPOSITION TOUT AU LONG DU CYCLE DE VIE





5. OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES AU SEIN DU TRAVAIL (en France et à l'international)

REACH - MISE SUR LE MARCHÉ RÈGLEMENT (UE) 2018/1881 MODIFIANT LE RÈGLEMENT REACH

→ **A compter du 1^{er} janvier 2020**

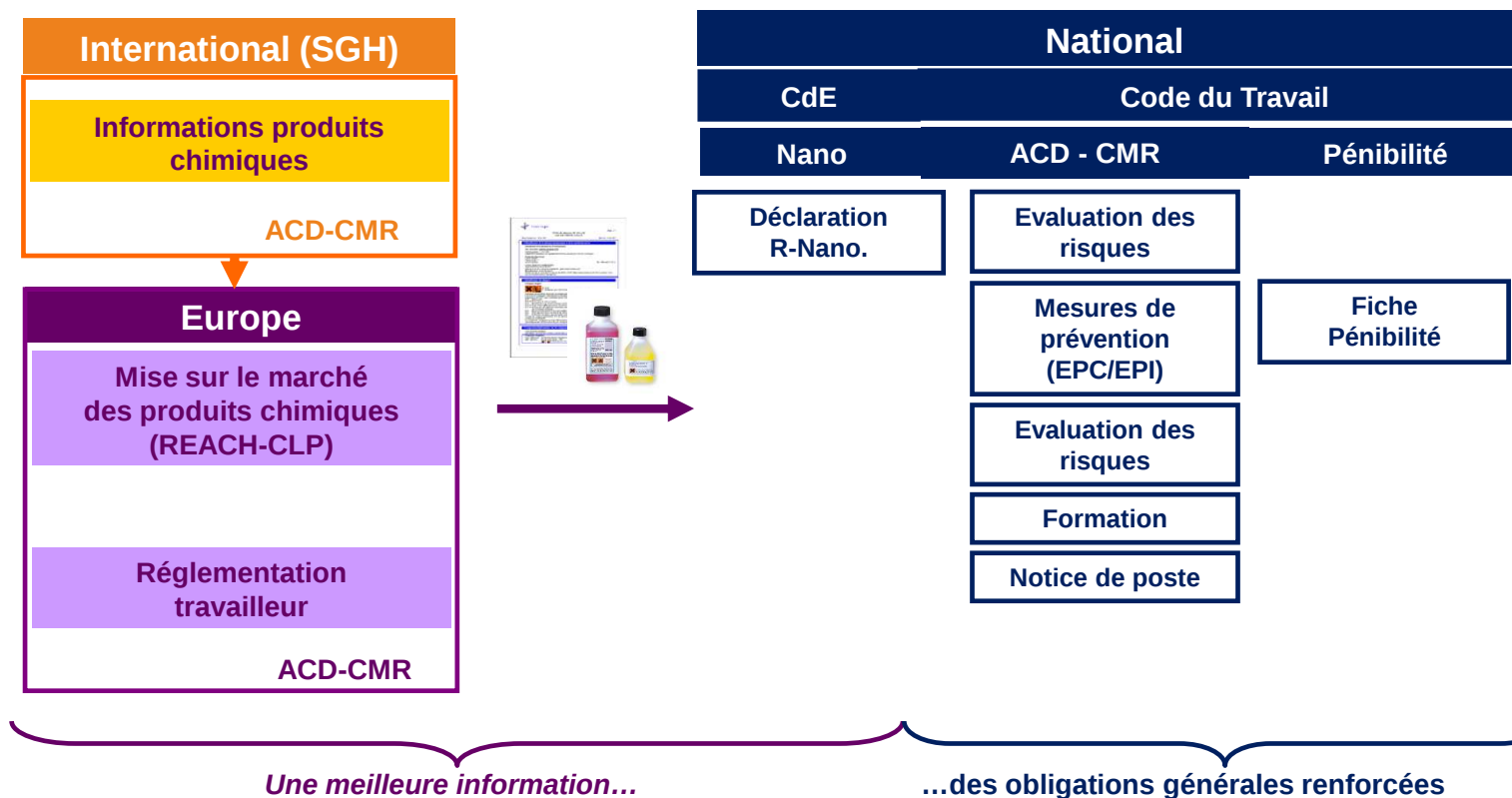
Le rapport sur la sécurité chimique doit également préciser si différentes nanoformes des substances sont fabriquées ou importées

L'évaluation de la sécurité chimique doit porter sur toutes les nanoformes qui sont couvertes par l'enregistrement

→ **en résumé** les exigences de REACH pour l'enregistrement des substances et l'évaluation s'appliquent pour toutes les différentes nanoformes de façon différenciée des enregistrements et évaluations d'une substance donnée.

devrait à terme conduire à une amélioration de l'information des utilisateurs et des travailleurs via la FDS avec une évaluation des risques sous forme nano et des préconisations spécifiques en termes de prévention

DE LA RÉGLEMENTATION UE AU NATIONAL...



CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

RÉGLEMENTATION DU TRAVAIL

- Quelle réglementation pour les travailleurs mettant en œuvre des nanomatériaux ?
(Note de la DGT février 2008)
- Pas de vide juridique... mais pas de réglementation particulière
- Règles générales de **prévention du risque chimique applicables** (articles R. 4412-1 à R. 4412-58 du CdT, circulaire DRT n° 12 du 24 mai 2006) ;
- Règles spécifiques de **prévention du risque CMR** (articles R. 4412-59 à R. 4412-93; D. 4152-10 du CdT, circulaire DRT n° 12 du 24 mai 2006) s'appliquent aux substances à l'état nanoparticulaire lorsque la substance brute est déjà classée CMR

Prise en compte des spécificités nanomatériaux dans les FDS théoriquement à partir du 1^{er} janvier 2020

en cas de suspicion sur les effets CMR des nanomatériaux produits ou utilisés, il est préconisé aux entreprises d'adopter une démarche de précaution, en appliquant, volontairement, les mesures de gestion des risques les plus strictes prévues pour les substances CMR

→ CIRC (2006) CLASSE TIO2 ET NOIR DE CARBONE CANCÉROGÈNE POSSIBLE CHEZ L'HOMME

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

RÉGLEMENTATION DU TRAVAIL

→ La réglementation fixe une hiérarchie des actions de prévention :

- Suppression du risque
- Substitution
- Réduction du risque au niveau le plus bas possible

→ Principales obligations relatives aux CMR:

- **Substituer l'agent CMR** par un autre agent ou procédé non/moins dangereux;
- Si la substitution ne peut être mise en œuvre, **réduire l'exposition au niveau le plus bas possible** par des mesures techniques et organisationnelles;
- **Former** les salariés au-delà de la formation générale à la sécurité;
- Suivre et **tracer** les expositions;
- Mettre en place une **surveillance médicale renforcée**.

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE PRÉVENTION ACD & CMR

Agents Chimiques Dangereux Principes de prévention	
Éviter les risques	R.4412-15
Évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités	R.4412-5 à 10
Combattre les risques à la source	R.4412-16
Adapter le travail à l'homme	R.4412-11 1° et 7°
Tenir compte de l'état d'évolution de la technique	R.4412-15
Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux	R.4412-15
Planifier la prévention	R.4412-11
Protection collective puis protection individuelle	R.4412-16 à 26
Donner les instructions appropriées aux travailleurs	R.4412-24, 38 et 39

CMR Règles particulières de prévention	
Évaluation	R.4412-60 à R.4412-93
Substitution par un procédé ou agent moins dangereux	
Vase clos	
Réduction au niveau le plus bas techniquement possible	
Fourniture et entretien des EPI	
Contrôle de l'exposition	
Mesures d'urgences	
Informations/formations spécifiques des salariés	

Les dispositions relatives aux ACD sont applicables aux CMR (R4412-59) à l'exception de la notion de risque faible

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

RÉGLEMENTATION DU TRAVAIL – R.4412-38 DU CT

L'employeur veille à ce que les travailleurs ainsi que le comité social et économique

- **Reçoivent des informations sous des formes appropriées et périodiquement actualisées** sur les ACD se trouvant sur le lieu de travail, telles que notamment leurs noms, les risques pour la santé et la sécurité qu'ils comportent et, le cas échéant, VLEP et les VLB qui leur sont applicables ;
- **Aient accès aux FDS** fournies par le fournisseur des agents chimiques ;
- **Reçoivent une formation et des informations sur les précautions à prendre** pour assurer leur protection et celle des autres travailleurs présents sur le lieu de travail. Sont notamment portées à leur connaissance les consignes relatives aux mesures d'hygiène à respecter et à l'utilisation des EPI.

→ Chez le fabricant, importateur, distributeur et utilisateurs

MESURES GÉNÉRALES DE PRÉVENTION

R.4412-11 (Agents Chimiques Dangereux)

- Concevoir/organiser des **méthodes de travail adaptées**
- Prévoir un **matériel adéquat** ainsi que des **procédures d'entretien** régulières
- Réduire au minimum le **nombre de travailleurs** exposés ou susceptibles de l'être, compte tenu des risques encourus par un travailleur isolé
- Réduire au minimum la **durée et l'intensité** de l'exposition
- Imposer des **mesures d'hygiène** appropriées
- Réduire au minimum la **quantité d'agents** chimiques présents sur le lieu de travail
- Concevoir des **procédures de travail adéquates**, notamment des dispositions assurant la sécurité lors de la manutention, du stockage et du transport sur le lieu de travail des agents chimiques dangereux et des déchets contenant de tels agents

R.4412-70 (Agents CMR)

- **Limiter** quantités et nombre de travailleurs exposés
- Application de **procédures et de méthodes de travail appropriées**
- **Minimiser** le dégagement d'agents CMR par des processus de travail et des mesures techniques spécifiques
- **Captation à la source** des CMR
- **Surveillance préventive de l'exposition** (métrologie) afin de détecter les situations anormales
- **Délimitation** de zones à risque
- Imposer des **mesures d'hygiène** appropriées
- Mise en place de **procédures d'urgences** en particulier face à des ruptures de confinement des systèmes clos
- Utilisation de **moyens adaptés** permettant la manutention, le stockage et le transport sur le lieu de travail des CMR (récipients hermétiques étiquetés) et des déchets contenant de tels agents

AILLEURS EN EUROPE... ?

→ La **France**, avec son registre R-Nano, est la première à avoir mis en place un registre des nanomatériaux importés, produits et distribués sur son territoire, effectif depuis 2013.

4 autre pays ont un système en place : la Belgique, le Danemark, la Norvège et la Suède

Etat membre	Déclaration nationale	Déclarants	Principales exceptions	Informations à déclarer	Echéance
<u>France</u>	R-Nano.fr : Déclaration des substances à l'état nanoparticulaire	Fabricants et importateurs de nanoparticules (pures ou en mélange) dans des quantités de 100 g/an ou plus <i>Définition : notion de fabrication intentionnelle</i>	Quantité fabriquée, importée ou distribuée inférieure à 100 g/an	- Coordonnées de l'entreprise, du nanomatériau (incluant les données physico-chimiques) et les données (éco)toxicologiques disponibles - Tonnage annuel - Utilisations de la substance - Identité des utilisateurs professionnels	1er mai (depuis 2013)
<u>Belgique</u>	Arrêté royal relatif à la mise sur le marché des substances manufacturées à l'état nanoparticulaire du 27 mai 2014	Fabricants, importateurs et distributeurs qui mettent des nanomatériaux sur le marché belge dans des quantités supérieures à 100g/an. (Mélanges concernés par la suite.) <i>Définition basée sur les recommandations EU, exception : produits naturels non modifiés</i>	Quantités inférieures à 100g/an Pigments	- Coordonnées de l'entreprise - Propriétés physico-chimiques - Quantités - Usages - Identité des acheteurs professionnels et des utilisateurs	1 ^{er} janvier (depuis 2015)

Etat membre	Déclaration nationale	Déclarants	Principales exceptions	Informations à déclarer	Echéance
<u>Danemark</u>	Registre des mélanges et produits contenant des nanomatériaux	Fabricants et importateurs de mélanges et d'articles contenant ou relargant des nanomatériaux mis sur le marché danois. <i>Définition : UE</i>	Alimentation humaine et animale, contact alimentaire, médicaments, cosmétiques, produits phytosanitaires, déchets, encres et pigments, textiles, peintures, colle, caoutchouc et utilisations privées	Coordonnées de l'entreprise Informations concernant le produit (nom, quantité, utilisations professionnelles, applications) Information sur le nanomatériau (statut enregistrement REACH) Informations sur la molécule (n° CAS, UE et formule chimique)	30 août (depuis 2015)

Etat membre	Déclaration nationale	Déclarants/ Définition	Principales exceptions	Informations à déclarer	Echéance
<u>Norvège</u>	Registre des produits – déclaration obligatoire de tous les produits chimiques	Prescriptions générales applicables aux produits fabriqués et importés qui ont introduit des obligations spécifiques aux nanomatériaux <i>Définition : UE</i>	Nanomatériaux destinés à l'export, poudres à souder, alimentation humaine et animale, médicaments	Toute information connue Fonction du nanomatériau	Depuis mars 2013
<u>Suède</u>	Registre des produits	Fabricants et importateurs de mélanges contenant des nanomatériaux mis sur le marché suédois	Pas d'information	Pas d'information	Depuis le 1 ^{er} janvier 2018

PAYS OÙ UN SYSTÈME EST EN COURS DE MISE EN PLACE OU EN RÉFLEXION :

- Italie : projet de déclaration basée sur le volontariat
- Allemagne : projet de registre national en l'absence d'action européenne (qui serait préférable) - substances hors champ d'application car couvertes par REACH, définition nationale plus large que la définition européenne
- Pays-Bas : déclaration des nanomatériaux à l'étude
- Royaume-Uni : idée d'un registre d'utilisation des nanomatériaux à l'étude
- Irlande : réflexion sur la mise en place d'un registre
- Suisse : réflexion sur la mise en place d'un système équivalent à REACH sur les nanomatériaux
- Jordanie : plan en préparation (identification et encadrement des nanomatériaux)



6. OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES SUR L'ENVIRONNEMENT (en France et à l'international)

LE CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Encadrement européen:

- des contraintes apparaissent petit à petit au niveau européen, sur des règlements spécifiques :
 - indication sur les étiquetages biocide depuis 2013
 - indication de la liste des ingrédients nanos pour les cosmétiques en 2017
 - évaluation des risques liées à ces substances pour les aliments et les additifs alimentaires
 - information du consommateur

Règlement européen REACH

- Evolution significative du règlement Reach le 3 Déc. 2018 => Révision des annexes de REACH concernant sur *l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), aux fins de couvrir les nanoformes des substances* :
 - Entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2020
 - Remettre à la commission :
 - Les informations spécifiques sur les différentes nanoformes
 - L'évaluation de la sécurité chimique pour les nanoformes
 - Indiquer les résultats dans la rubrique 12 de la FDS
- Le Centre commun de recherche (JRC) de la Commission européenne a publié en février 2019 un rapport clarifiant les concepts et termes clés utilisés dans la définition de nanomatériaux

OBSERVATOIRE

→ l'ECHA administre un observatoire européen pour les nanomatériaux (European Union Observatory for Nanomaterials - EUON)
<https://euon.echa.europa.eu/fr/home>

LE CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Substances à l'état nanoparticulaire et effets cancérogènes suspectés ou reconnus

→ Classification commission Européenne :

- **Dioxyde de titane** (sous la forme d'une poudre contenant 1 % ou plus de particules d'un diamètre $\leq 10 \mu\text{m}$) : a été reconnu cancérogène de catégorie 2 par inhalation par la commission européenne en octobre 2019



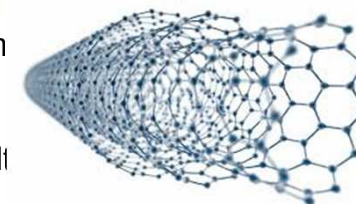
→ 1^{ère} Valeur Toxicologique de Référence :

- L'ANSES a publié le 2 avril 2019 une VTR à $0,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uniquement pour la forme nano P25 du **dioxyde de titane**



→ Classification Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC)

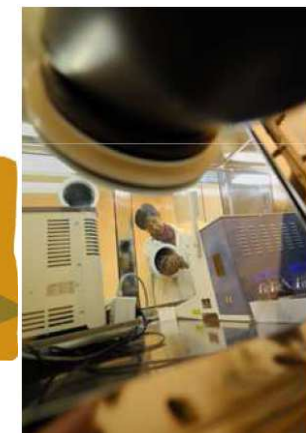
- **Noir de carbone** : confirmation du classement établi en 1996 – à savoir cancérogène possible chez l'homme (catégorie 2B).
- **Nanotubes de carbone** (monographie à paraître) : catégorie 3 à l'exception des nanotubes de carbone multi-feuillets Mitsui 7 (longueur $1-19 \mu\text{m}$ et diamètre $40-170 \text{ nm}$) classés en catégorie 2B.



LE CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Le Code du Travail

- Il n'existe actuellement pas de réglementation spécifique applicable aux nanomatériaux.
- Appliquer les règles générales de prévention du risque chimique définies par les articles R. 4412-1 à R.4412-58 du Code du travail.
- Adopter les règles particulières de prévention du risque chimique pour les activités impliquant des nanomatériaux **cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques de catégorie 1 et 2** définies par les articles R. 4412-59 à R. 4412-93 du Code du travail.



La Direction Générale du Travail a émis une note datée du 18 Février 2008 destinée aux services déconcentrés « 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 ».

LE CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Dans la réglementation française, il n'a pas été défini de **valeurs limites d'exposition professionnelle** pour les nanomatériaux

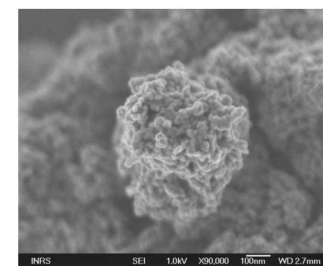
NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)

→ **Dioxyde de titane (2011):**

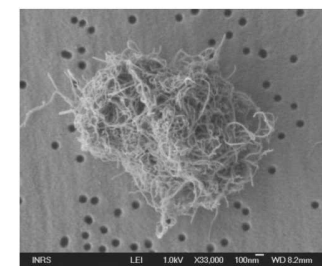
2,4 mg/m³ (fraction alvéolaire)

0,3 mg/m³ (fraction < 100 nm)

→ **Nanotubes de carbone (2013) : 1 µg/m³**



Dioxyde de titane



Nanotubes de carbone

D'autres organismes tels que le BSI¹ ou l'IFA² définissent des valeurs seuils en distinguant certaines catégories de nano-objets : fibres, CMR, solubles, insolubles, etc.

Ces valeurs proposées visent à réduire l'exposition des salariés conformément à l'état de l'art. Elles ne sont pas justifiées sur le plan toxicologique et leur respect ne saurait constituer une garantie de ne pas développer une pathologie (aide à la prise de décision)

¹ BSI : British Standard Institution

² IFA : Institut für Arbeitsschutz

LE CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

→ Arrêté ministériel – secteur agroalimentaire

- Arrêté du 17 avril 2019 portant suspension de la mise sur le marché des denrées contenant l'additif E 171 (dioxyde de titane - TiO_2) pour une durée de 1 an à partir du 1^{er} janvier 2020

→ Code de l'Environnement

- Un décret d'application de la loi Grenelle du 17 février 2012 acte le principe base R-nano et un arrêté du 6 août 2012 acte le principe d'un numéro unique de déclaration à transmettre aux clients
- Le code de l'environnement (L523-1 à 5, R 523-12 à 20) définit depuis 2013 les nanomatériaux et intègre les évolutions issues des Loi Grenelle I de 2009 et II de 2010 sur le sujet (déclaration obligatoire dans une optique de connaissance et traçabilité de ces substances en vue de l'évaluation des risques)

LE CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

La déclaration obligatoire des substances à l'état nanoparticulaire
mises sur le marché en France

(Loi n°2012-788 du 12 Juillet 2010, dite Grenelle II)

Entrée en vigueur : 1^{er} janvier 2013

→ **Qui ?** Fabricants, importateurs, distributeurs, laboratoires publics et privés de recherche

→ **Quantité ?** Au moins 100 grammes par an et par substance

→ **Quoi ?**

- Identité de la substance
- Quantités
- Usages
- Identité des utilisateurs professionnels destinataires
- Données disponibles sur les dangers et les expositions possibles

→ **Objectifs :**

- mieux connaître les substances mises sur le marché national (volumes et usages)
- disposer d'une traçabilité des filières d'utilisation
- informer le public et les travailleurs
- collecter auprès des déclarants les informations disponibles sur les propriétés
- toxicologies et écotoxicologiques



Décret n°2012-232 du
17 février 2012

Arrêté du 6 août 2012

<https://www.r-nano.fr>

LE CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Panorama national 2018

Bilan de la 6^{ème} année de la déclaration obligatoire des substances à l'état nanoparticulaire mises sur le marché en France

- Près de **387 886 tonnes de substances à l'état** nanoparticulaire ont été mises sur le marché en France en 2017 – niveau comparable à celui de 2016 : 72% du total déclaré pour les quantités produites et 28% pour les quantités importées.
- Environ **9 800 déclarations** ont été soumises en 2018
- Environ **1288 entités françaises** ont soumis au moins une déclaration
- **5 substances les plus produites en France** par ordre de tonnage sont les suivantes en France : noir de carbone, silice, carbonate de calcium, dioxyde de titane et silicate de magnésium
- **Principales catégories de produits chimiques** : produits phytopharmaceutiques (61%), cosmétiques-produits de soins personnels (10%), revêtements et peintures-solvants-diluants (9%), préparation de composé à base de polymères (3%).

LE CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

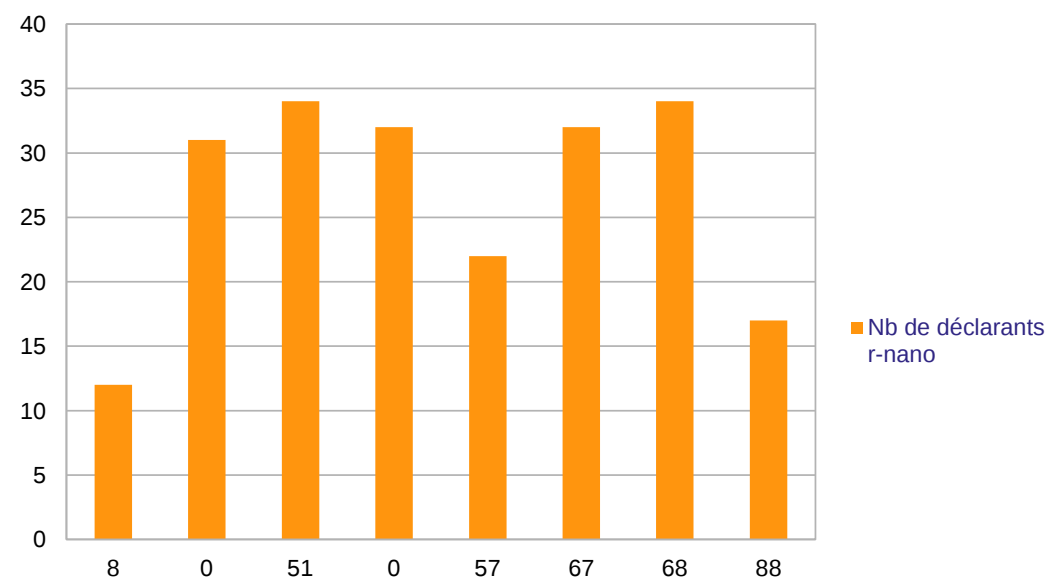
Panorama régional 2016

→ Code de l'environnement

Art. R. 523-13. – Chaque fabricant, importateur et distributeur d'une 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 effectuent la déclaration exigée à l'article L. 523-1 dès lors qu'il produit, importe ou distribue au moins 100 grammes par an de cette substance.

→ Le panorama Grand-Est est issu de l'agglomération des données des déclarations R-nanos 2016

→ Répartition des déclarants en région Grand-Est (214 déclarants)



Nota : les données n'ont pas été mise à jour, les données d'une années sur l'autre sont sensiblement identiques

LE CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Panorama régional 2016

→ Répartition des substances nanos par département

départements	'08	10	51	52	54	55	57	67	68	88	TOTAL
Nb substances	105	144	232	69	153	126	112	74	243	69	1327
types de substances	13	16	18	16	14	8	18	7	41	15	74

→ Substances les plus représentées au niveau régional

Silice et ses dérivés
Attagel 50 (2) : Fuller's earth
Attagel 50 (1) : Attapulgate
Calcium 4-[(5-chloro-4-methyl-2-sulphonatophenyl)azo]-3-hydroxy-2-napthoate
Noir de carbone
Dioxyde de titane
Isostéarate d'oxyde fer
Isostéarate d'oxyde de cérium
Calcium carbonate

→ Des usages divers et variés sont connus par substances (cf. extrait des annexes du rapport R-nano national 2016), l'extraction à notre disposition de la base R-nano ne permet pas d'étudier les usages spécifiques des nanos réalisés en région

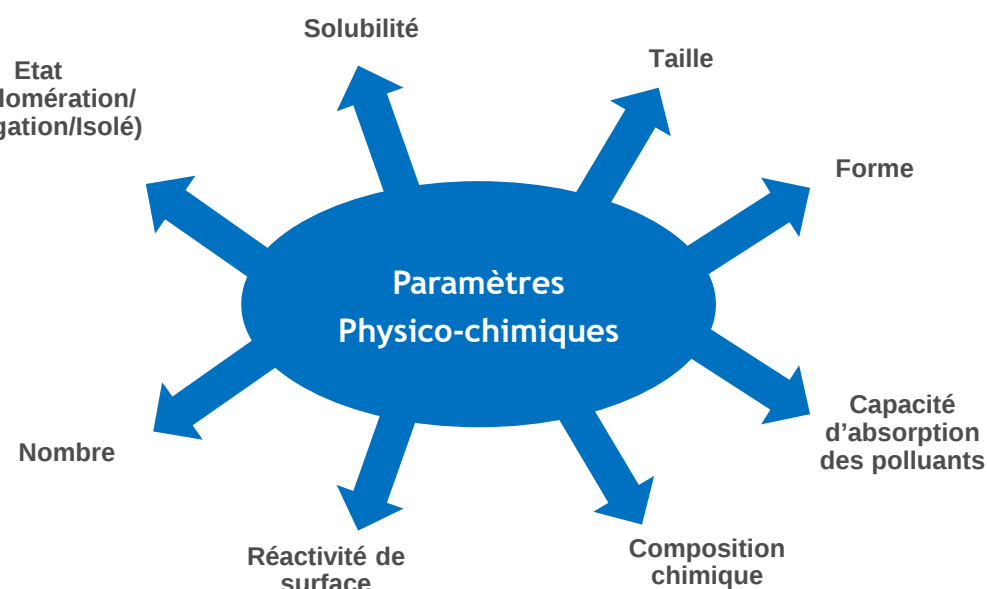
Nota : les données n'ont pas été mise à jour, les données d'une années sur l'autre sont sensiblement identiques



7. MESURES DE PRÉVENTION (travail et environnement)

QUELQUES GÉNÉRALITÉS

- Un certain nombre d'études expérimentales démontrent cependant clairement que les nanomatériaux présentent une toxicité plus grande et sont à l'origine d'effets inflammatoires plus importants que les matériaux de taille supérieure et de même nature chimique.
- **Chaque nanomatériau a un potentiel de toxicité qui lui est propre** (qui dépend de ses propriétés physico-chimiques)



DÉMARCHE GÉNÉRALE DE PRÉVENTION

- 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 (art. R.4412-1 à R.4412-58 du Code du Travail) mais elles prennent une importance particulière en raison de :
 - leur dangerosité (toxicité – incendie et explosion)
 - la grande persistance dans l'air
 - la diffusion à distance du point d'émission
 - du confinement plus difficile à assurer



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

L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE

- Bien que les nanomatériaux concernent l'ensemble de la population (grand public et professionnels), **les premières et les plus fortes expositions se déroulent en milieu professionnel** (quantités manipulées plus importantes et nanomatériaux sous de multiples formes)
- L'utilisation de nanomatériaux est envisagée dans de nombreux secteurs d'activités et pour une multitude d'applications, signifiant que **les situations d'exposition sont et seront nombreuses et diverses**
- Pour des raisons essentiellement concurrentielles, les entreprises concernées sont généralement discrètes et peu enclines à communiquer sur ce sujet.
- D'après les estimations, **5 000 salariés** en entreprise et **7 000 chercheurs français** seraient potentiellement exposés aux nanomatériaux manufacturés.



!!! Les études relatives aux expositions industrielles des salariés sont encore rares

MESURES DE PRÉVENTION

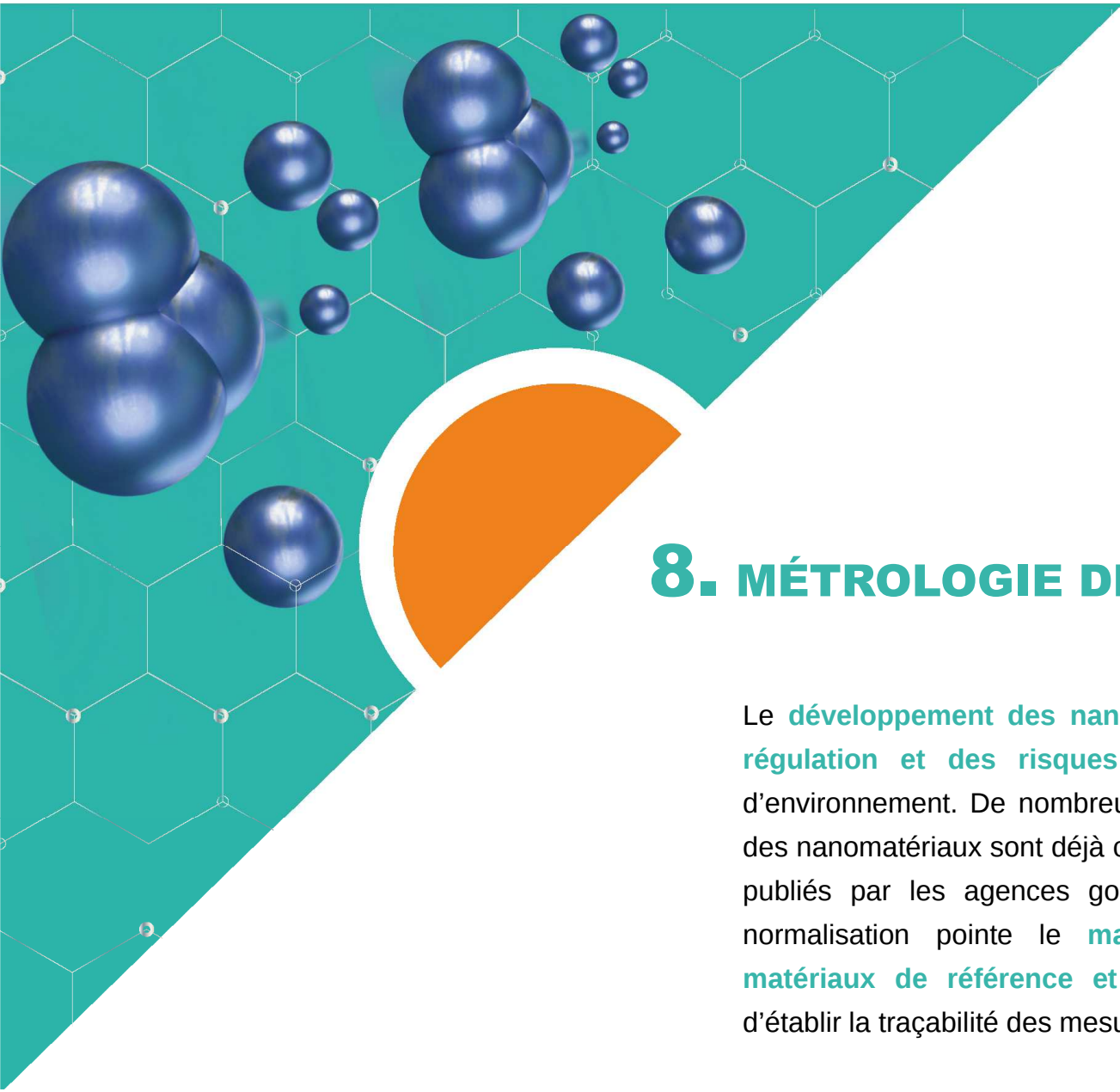
- Limiter les émissions dans **l'eau**
- Limiter les émissions dans **l'air** / l'inhalation par le personnel
- Gérer les **déchets – équipements de protection / emballage**

Nota : vous pouvez vous référer aux plaquettes INRS et PRST dans les lesquelles vous trouverez des informations plus détaillées

**A CONSTRUIRE A PARTIR DE LA
PLAQUETTE INRS – du Guide nano
ministère**

CONCLUSION : PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS ET SANITAIRES

- Les nanomatériaux représentent un **domaine d'activité en pleine expansion**, suscitant à la fois engouements technologiques et inquiétudes
- **Des situations d'exposition aux nanomatériaux existent** mais très peu de données sont disponibles
- Compte tenu de nombreuses inconnues liées aux nanomatériaux, à leurs effets potentiels sur la santé et aux risques documentés de toxicité de particules ultrafines chez l'Homme, il convient de prendre **des mesures de limitation des expositions et des rejets (« ne pas attendre pour agir »)**
- **L'instauration de procédures de prévention** tout au long du cycle de vie des produits demeure la seule façon de prévenir tout risque de développement de risques sanitaires et environnementaux



8. MÉTROLOGIE DES NANOMATÉRIAUX

Le **développement des nanomatériaux pose la question de leur régulation et des risques possibles** en matière de santé et d'environnement. De nombreux produits de consommation contenant des nanomatériaux sont déjà commercialisés. L'ensemble des rapports publiés par les agences gouvernementales et les organismes de normalisation pointe le **manque d'instruments, l'absence de matériaux de référence et de méthodologies** qui permettraient d'établir la traçabilité des mesures réalisées.

PRÉLÈVEMENT DES NANOMATÉRIAUX

- La campagne de mesurage a pour objectif d'identifier et de caractériser l'aérosol au niveau des sources d'émission et en différents points éloignés de celles-ci pour permettre d'apprécier l'exposition potentielle lors de l'opération considérée.
- Il est convenu à ce jour que tous les prélèvements d'aérosols en vue d'analyse de la composition chimique se fassent à minima sur la base de la fraction alvéolaire.
- Un problème majeur rencontré lors du mesurage en temps réel vient du facteur de confusion que constitue l'aérosol de fond, présent dans le local étudié, avant toute mise en œuvre de l'opération considérée. Il est composé de particules dans la gamme de dimension nanométrique à micronique et les niveaux de concentrations qu'il peut atteindre peuvent aisément venir masquer l'aérosol cible émis par l'opération considérée.
- Dans la mesure où l'étude de situation et la visite préparatoire ont permis d'identifier la localisation d'un point avec une possible émission, par exemple une action de transfert de nanopoudre d'un contenant dans un bécher, on sélectionnera un point au plus près de la source pour les mesurages en temps réel et intégrés.
- Les autres points de mesurage sont à choisir judicieusement dans le champ proche et/ou lointain en tenant compte de l'opération cible, de l'opérateur, de l'environnement du poste de travail, de la conception du local et du bâtiment, de l'aéraulique localisée et générale, etc. De manière générale on privilégiera le positionnement des points de mesurage intégré à hauteur des voies respiratoires.

ANALYSE DES NANOMATÉRIAUX

Aucune technique ne permet à elle seule d'appréhender dans leur globalité tous les paramètres de caractérisation des nanoparticules.

- Les propriétés spécifiques des nanomatériaux dépendent de très nombreux paramètres (taille, distribution de taille, forme, surface spécifique, charge, chimie de surface, ...). Il existe une multitude de techniques analytiques disponibles sur le marché mais pas de méthode de mesure idéale
- Il apparaît que mesurer la concentration :
 - en masse (c'est-à-dire en mg/m^3 d'air) reste une mesure utile dans la mesure où une sélection granulométrique est réalisée.
 - en nombre (c'est-à-dire en particules/ cm^3 d'air) soit une mesure adéquate lorsque ce n'est pas le déterminant « surface » qui pilote la toxicité.
 - en surface (c'est-à-dire en $\mu\text{m}^2/\text{m}^3$ d'air) soit une mesure appropriée dans de nombreuses circonstances, sans pour autant pouvoir être généralisée à toutes les situations.
- Comme pour toutes les substances chimiques sous forme particulaire, la composition chimique reste une caractéristique essentielle à déterminer. Il en est de même pour la morphologie et dans certains cas la structure cristalline, la réactivité de surface, l'état de charge électrostatique, la solubilité.
- Octobre 2017 le NanoDefiner E-Tool, une interface en accès libre permettant d'identifier la (les) technique(s) pertinentes en fonction de la substance à caractériser et celles à proscrire.

CARACTÉRISATION MÉTROLOGIQUE DES NANOMATÉRIAUX (CARMEN)

Le Laboratoire National de Métrologie et d'Essai (LNE) a développé la plateforme CARMEN (désormais opérationnelle, ayant l'ambition de constituer à terme la référence métrologique nationale pour les caractérisations d'objets à l'échelle nanométrique)

- Le LNE sera ainsi en capacité d'aider les industriels et les laboratoires à répondre à la demande gouvernementale de déclaration des substances à l'état nanoparticulaire conformément au décret du 17 février 2012 et à l'arrêté du 06 août 2012.
- Il regroupe ainsi différents moyens analytiques pour caractériser :
 - la taille et la distribution en tailles de nanomatériaux (Microscope Electronique à Balayage / MEB, Microscope à Force Atomique / AFM, Diffusion Dynamique de la Lumière / DLS, Spectrométrie de Masse à comptage individuel / splCP-MS, Chaîne de Fractionnement Flux-Force couplée à différents détecteurs / A4F-UV-RI-MALS),
 - leur forme (MEB, AFM)
 - l'état d'agglomération/agrégation (MEB, DLS, BET)
 - leur surface spécifique et leur porosité (instrument BET)
 - leur composition chimique et la teneur massique de nanomatériaux dans des produits (EDX, Spectrométrie de masse / ICP-MS)
 - leur structure cristalline (Diffraction des Rayons X / DRX)
 - leur charge de surface (potentiel zéta)

CLUB NANOMÉTROLOGIE

→ Piloté par le LNE et C'Nano, il a pour objectifs de :

- créer un réseau de métrologie dans le domaine des nanotechnologies,
- recueillir et préciser les besoins en nanométrie venant des industriels,
- établir une passerelle entre le monde industriel et le monde académique,
- apporter des solutions métrologiques aux travaux menés par les laboratoires et les agences gouvernementales,
- venir en soutien des travaux de normalisation,
- élaborer des documents stratégiques et des programmes de recherche,
- assurer la diffusion des connaissances métrologiques au monde industriel et académique (guides, procédures techniques...).

→ Quatre groupes de travail ont été constitués :

- besoins de mesures dans le domaine de la santé et de l'environnement (GT1).
- besoins en matériaux de référence, étalons, chaîne de traçabilité, méthodologie, bilan d'incertitudes (GT2).
- besoins en instruments de mesure spécifiques aux nanotechnologies (GT3).
- simulation / modélisation dans la mise en place de processus métrologiques traçables (GT4).

SOURCES ET LIENS



<http://www.inrs.fr/risques/nanomateriaux/ce-qu-il-faut-retenir.html>
<http://www.inrs.fr/risques/nanomateriaux/metrologie.html>



<https://www.lne.fr/fr/on-en-parle/caracteriser-nanomateriau>



https://club-nanometrologie.fr/index.php?option=com_content&view=featured&Itemid=435



<http://www.nanodefine.eu/>





9. QUEL SUIVI MÉDICAL POUR LES SALARIÉS EXPOSÉS AUX NANOMATÉRIAUX

SUIVI MÉDICAL DES SALARIÉS EXPOSÉS

- Le contenu du suivi n'est **pas défini réglementairement**
- Le choix des modalités du suivi appartient au **médecin du travail**
- Le suivi sera **adapté** en fonction de la nature des expositions et des circonstances des consultations médicales
- Il est important d'**informer les salariés** sur les risques associés au poste de travail et sur les mesures de prévention
- Il est nécessaire d'assurer la **traçabilité** des informations dans le dossier médical



SUIVI MÉDICAL DES SALARIÉS EXPOSÉS



Attention particulière à porter :

- aux salariés intervenant lors de phases critiques (conditionnement de formes pulvérulentes par exemple),
- aux sujets atteints de pathologies respiratoires ou cardiovasculaires
- en cas de terrain allergique
- aux femmes enceintes

SUIVI MÉDICAL DES SALARIÉS EXPOSÉS

- **Aucun consensus à ce jour** sur les modalités du suivi médical des salariés potentiellement exposés aux nanomatériaux
- **Interprétation difficile des résultats de certains examens complémentaires** au niveau individuel
- Intérêt de la réalisation d'un **bilan de référence** à l'embauche centré sur les appareils respiratoires et cardiovasculaires, à l'aide d'examens non invasifs réalisables en routine
- **Information des salariés indispensable**
- Assurer la **traçabilité** des informations dans le dossier médical



Le suivi médical ne prévient pas l'apparition des pathologies, la mise en place des mesures techniques et organisationnelles visant à limiter les expositions reste la priorité.