

# Les Nanotechnologies

Jeudi 23 octobre 2008

Bref état des lieux

Nanoforum / DGTR  
Point de vue réglementaire

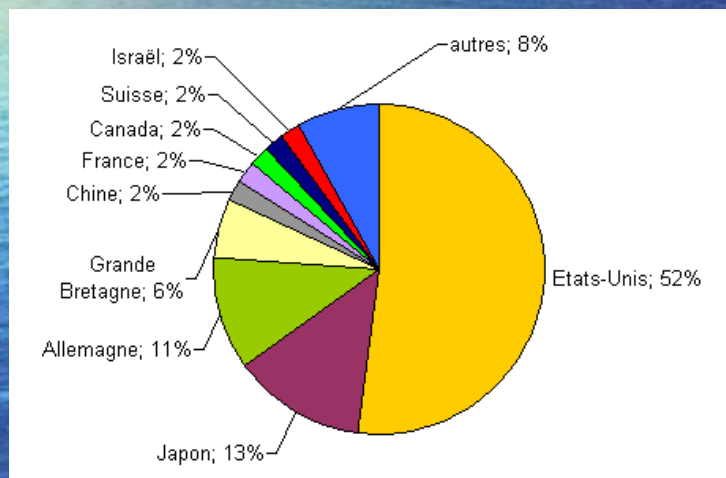
Cas des nanotubes de carbone

# État des lieux

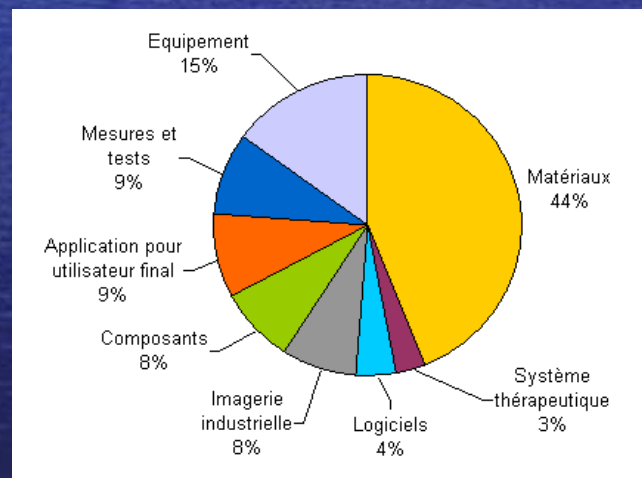
(Rapport AFSSET 2008)

## ● Marché mondial :

- En 2007, ~ 1900 nanomatériaux sur le marché mondial;
- En 2008, marché estimé à ~ 700 milliards de dollars;
- D'ici 2013, renforcement budget CE en R&D ~ 3,467 milliards d'Euros.



sociétés actives dans les nanotechnologies (Cientifica, 2003)



Répartition des activités des sociétés dans le monde (Small Times 2004)

**A l'échelle mondiale, le nombre d'opérateurs susceptibles d'être exposés au risque « nano » varie selon les sources de 210.000 à plusieurs dizaines de millions**

# État des lieux

(Rapport AFSSET 2008)

- **Marché français :**

- 2001 à 2005, R&D publique ~ 1,05 milliards d'euros;
- Financement public R&D en progression d' ~ 10% par an;
- Production ~ Plusieurs centaines de milliers T/an (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>,...).

Principales nanoparticules fabriquées en France	Tonnage (tonne/an)
Silice	> 310 000
Alumines	> 490 000
Terres rares	?
Noir de carbone	240 000 (en 2005)
Dioxyde de titane	> 250 000
Nanoargiles	100 (en 2007) + importations (?)
Nanotubes de carbone	?
Nanoparticules à caractère réfractaire ou métallique	?

# État des lieux

(Rapport AFSSET 2008)

- Production française :

Distribution	quantités	proportion des établissements
Minimum	0,1 g	-
1er quartile	16.85 kg	75%
Médiane	750 kg	50%
3ème quartile	240.5 tonnes	25%
Maximum	300 000 tonnes	-

distribution statistique de la capacité de production de nanomatériaux  
des établissements industriels en France

plus de 50 % des entreprises ont une production inférieure à 1 tonne par an

# État des lieux

(Rapport AFSSET 2008)

- **Effectifs de production :**

Principales nanoparticules fabriquées en France	Effectifs fabrication
Silice	1430
Alumines	1000
Terres rares	330
Noir de carbone	280
Dioxyde de titane	270
Nanoargiles	50
Nanotubes de carbone	10
Nanoparticules à caractère réfractaire ou métallique	~ 500

Selon l'INRS : opérateurs de production potentiellement exposés ~ entre 2000 et 4000

L'AFSSET précise que ce nombre croit considérablement avec les utilisateurs et transformateurs.

- **Effectifs de R&D :**

- **Public : Programme « Nanosciences » (partenariat Ministère de la Recherche/CNRS)**  
~ 6 700 personnes dont 34 % susceptibles d'être exposés;
- **Privé : Pas de données précises**

# État des Connaissances sur les Nano...

(conclusion Rapport AFSSET 2008)

- **Recherche bibliographique :**
  - **Potentiellement toxique par inhalation, contact cutanée et ingestion;**
  - **Le danger d'explosion augmente avec la diminution en taille;**
- **État des lieux R&D et Industrie :**
  - **connaissance incomplète des effets sur la santé;**
  - **manque d'outils métrologiques fiables ;**
  - **Peu de méthodes disponibles pour évaluer l'exposition au poste de travail;**
  - **manque d'informations concernant l'efficacité des EPI;**
  - **Peu/pas d' informations dans les FDS sur les dangers spécifiques des nanomatériaux ou sur les mesures de protections à mettre en œuvre.**

# Cas des nanotubes de carbone

## Sous une même dénomination :

- 2 types de nanotubes de carbone :
  - Monofeuillet (mono-paroi ou mono-couche);
  - Multifeuillets (multi-parois)
- 2 familles de méthodes de fabrication introduisant un certain nombre d'impuretés :
  - Voie de synthèse à haute température sous atmosphère inerte;
  - Voie de synthèse à moyenne température (méthodes catalytiques ou pyrolytiques)
- Des propriétés modulables :
  - Physique : fonction du diamètre (nb de feuillets), de la longueur, de la rigidité, du regroupement en fagot des nanotubes,...
  - Électriques : fonction de l'angle d'enroulement et du diamètre et de la température d'utilisation;
  - Émission de champs : Champ électrique + ou – important selon le nombre de parois;
  - Mécaniques : exceptionnelle résistance et une très grande flexibilité;
  - Thermiques : meilleurs conducteurs thermiques connus

# Cas des nanotubes de carbone

- Des propriétés modulables :
  - Chimique :
    - dopage en atomes ou molécules entre nanotubes mono-feuillet ou entre différentes parois des multi-feuillets afin, par exemple, de maîtriser les propriétés électroniques du nanotube;
    - Remplissage par capillarité le canal central du nanotube mono et multifeuillets par des atomes ou composés cristallins
- Surface spécifique élevée qui confère une très bonne capacité d'absorption
- Excellente inertie chimique et très bonne stabilité à haute températures;
- Insolubles dans les solvants organiques et dans l'eau.

## **Toxicologie :**

Variations des propriétés toxicologiques fonction du type et de la quantité des impuretés, de la longueur et de la rigidité des tubes, du diamètre de ces derniers,...

**Il est indispensable de caractériser parfaitement l'échantillon étudié**



# Sources d'exposition professionnelle aux nanotubes de carbone (INRS ND2286)

- Fabrication, manipulation, transfert, échantillonnage, conditionnement et stockage des produits;
- Nettoyage, entretien et maintenance des équipements et des locaux;
- Traitements des déchets;
- Opérations sur les nanocomposites (découpage, polissage, perçage, etc...)

# Contexte réglementaire (1/4)

**Malgré le contexte d'incertitude sur les dangers des nanomatériaux :**

- Pas de vide juridique;
- Règles générales de prévention du risque chimique applicables (articles R. 4412-1 à R. 4412-58; R. 4412-152; R. 4412-153 du CdT, circulaire DRT n° 12 du 24 mai 2006 );
- Les substances à l'état nanoparticulaire classées CMR entrent dans le champ d'application des articles R. 4412-40 à R. 4412-93; D. 4152-10 du CdT;

En cas d'incertitude sur les dangers des nanomatériaux, la DGT préconise de mettre en oeuvre le principe de précaution, en appliquant les mesures de gestion des risques relatives aux substances CMR

# Contexte réglementaire (2/4)

**La réglementation fixe une hiérarchie des actions de prévention :**

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

# Contexte réglementaire (3/4)

## 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 oeuvre, 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.

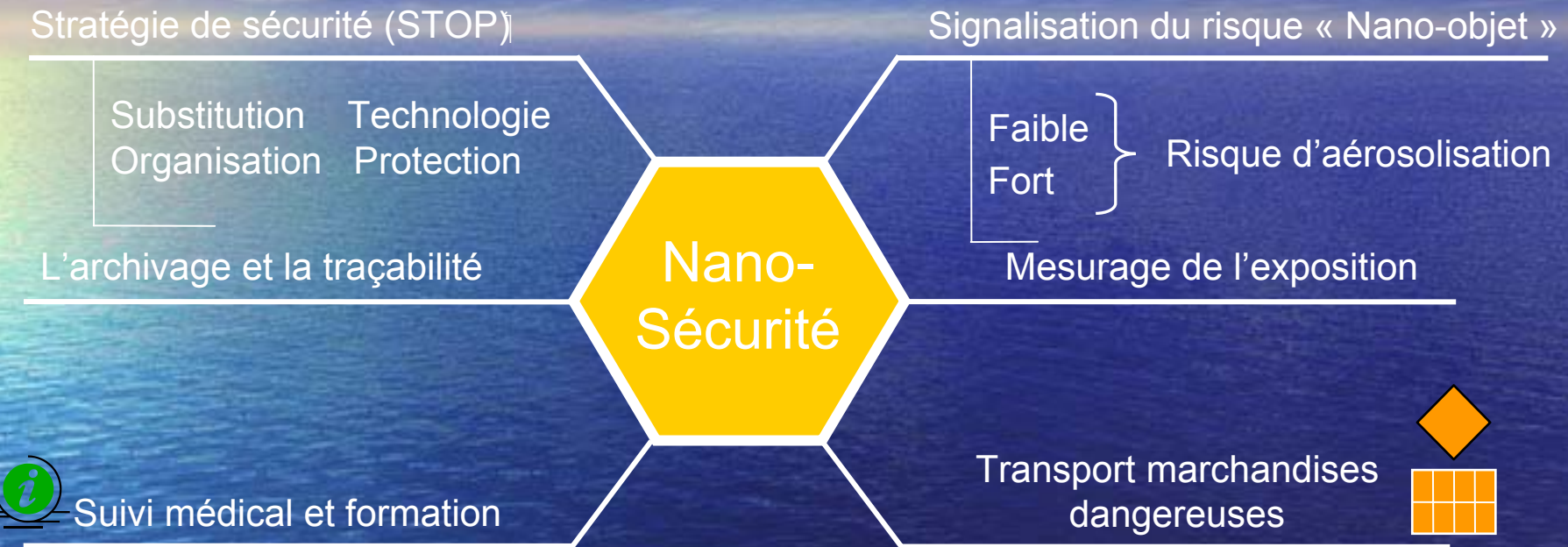
# Contexte réglementaire (4/4)

**Pour mettre en œuvre des nanomatériaux, l'employeur devra tout particulièrement :**

- Procéder à une évaluation spécifique des risques prenant en compte la problématique de la taille des particules;
- Supprimer les risques de contacts avec l'opérateur par des mesures de protection appropriées. En cas d'impossibilité, réduire l'exposition à un niveau aussi bas que possible;
- S'assurer que les EPC et EPI sont adaptés à la rétention des nanoparticules.

# Management du risque nano...

## Principes de « nano-sécurité » (AFSSET 2008)



En l'absence de normes spécifiques, la signalisation des risques « nano-objets » devrait s'effectuer en fonction de deux niveaux :

- situation à faible risque d'aérosolisation et / ou de dispersion;
- situation à fort risque d'aérosolisation et / ou de dispersion.

# Démarche de prévention appliquée aux nanotubes de carbone\_ND 2286 INRS\_(1/2)

Démarche :

- Identifier les dangers des nanotubes de carbone;
- Évaluer les risques pour la santé en fonction des procédés et modes de travail;
- Mettre en place des mesures pour limiter ou prévenir les risques;
- Vérifier l'efficacité des mesures prises.

# Démarche de prévention appliquée aux nanotubes de carbone\_ND 2286 INRS\_(2/2)

Les principales voies de prévention :

- Optimiser le procédé de fabrication ou d'utilisation pour obtenir un niveau d'empoussièrement aussi faible que possible (privilégier système clos et automatisés);
- Fabriquer et utiliser la substance sous une forme limitant sa dispersion (suspension dans un liquide, intégration dans une matrice minérale ou organique,...);
- Capturer les polluants à la source et filtrer l'air avant rejet à l'extérieur;
- Employer des EPI (adaptés);
- Collecter et traiter les déchets;
- Former et informer les salariés exposés;
- Évaluer et suivre l'exposition des salariés.



# Principales actions de la DGT en matière de prévention des risques professionnels (1/2)

- 2005/2006, en interministériel, l'AFSSET a fait l'objet de 3 saisines :
  - « Nanomatériaux : effets sur la santé de l'homme et sur l'environnement » juin 2006;
  - « Nanomatériaux et sécurité au travail » juillet 2008;
  - « Risque pour la population générale et l'environnement » à venir.
- Fév. 2008 : Rédaction d'une note DGT à l'attention des services déconcentrés afin de les sensibiliser à la problématiques des nanoparticules et de communiquer avec les entreprises sur le sujet;

# Principales actions de la DGT en matière de prévention des risques professionnels (2/2)

- 2007/2008 :
  - Travaux grenelle de l'environnement : déclaration pour fabricants/ importateurs avec extrapolation possible pour les utilisateurs en aval de 1er degré;
  - Membre des SG « programmes réglementaires (nanos) » et « mesures et limitations des expositions » de l'OCDE;
  - Travaux interministériels : « Nano-REACH », suivi travaux agences, suivi travaux HSCP...;
  - Convention cadre InVS(IReSP)/DGT : réflexion de faisabilité d'une cohorte épidémiologique;
- Sept 2008 : Membre du GT Afnor relatif l'évaluation de l'exposition au poste de travail
- Nov. 2008 : FITS atelier « risques émergents » avec pour thématique les nanos

**Merci de votre attention**

**Frédéric TEZE**

**Chef du bureau de la prévention des  
risques chimiques**