



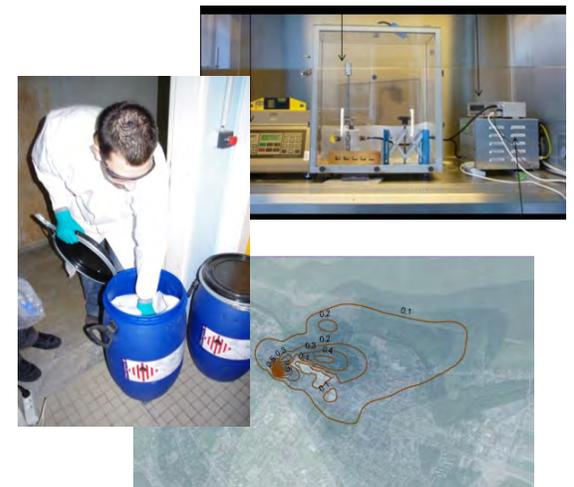
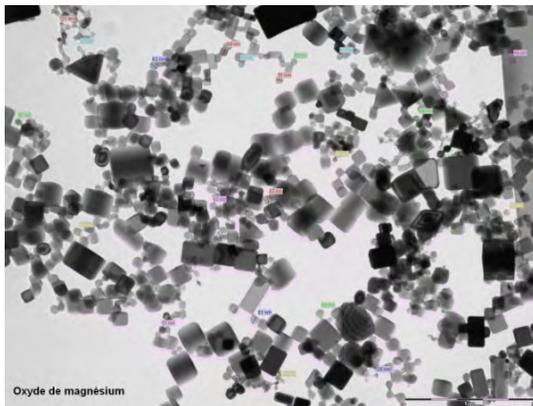
Nanomatériaux : Quels outils pour le responsable HSE?

Sophie KOWAL

Management des risques
Direction des services aux entreprises

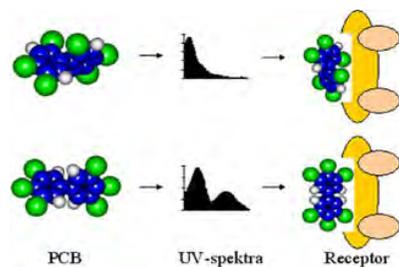
sophie.kowal@ineris.fr
www.ineris.fr

Forum SOFHYT – Lyon
31/05/2018



Notre métier : analyser, évaluer pour maîtriser les risques

.. Sanitaires et environnementaux
toxicité, exposition, impact



.. Accidentels et phénomènes
danger, probabilité, gravité



... liés au comportement
sol et sous-sol
aléa, vulnérabilité, désordre



...Par la Formation et la Certification
conformité, référentiels,



Au service des entreprises et des collectivités

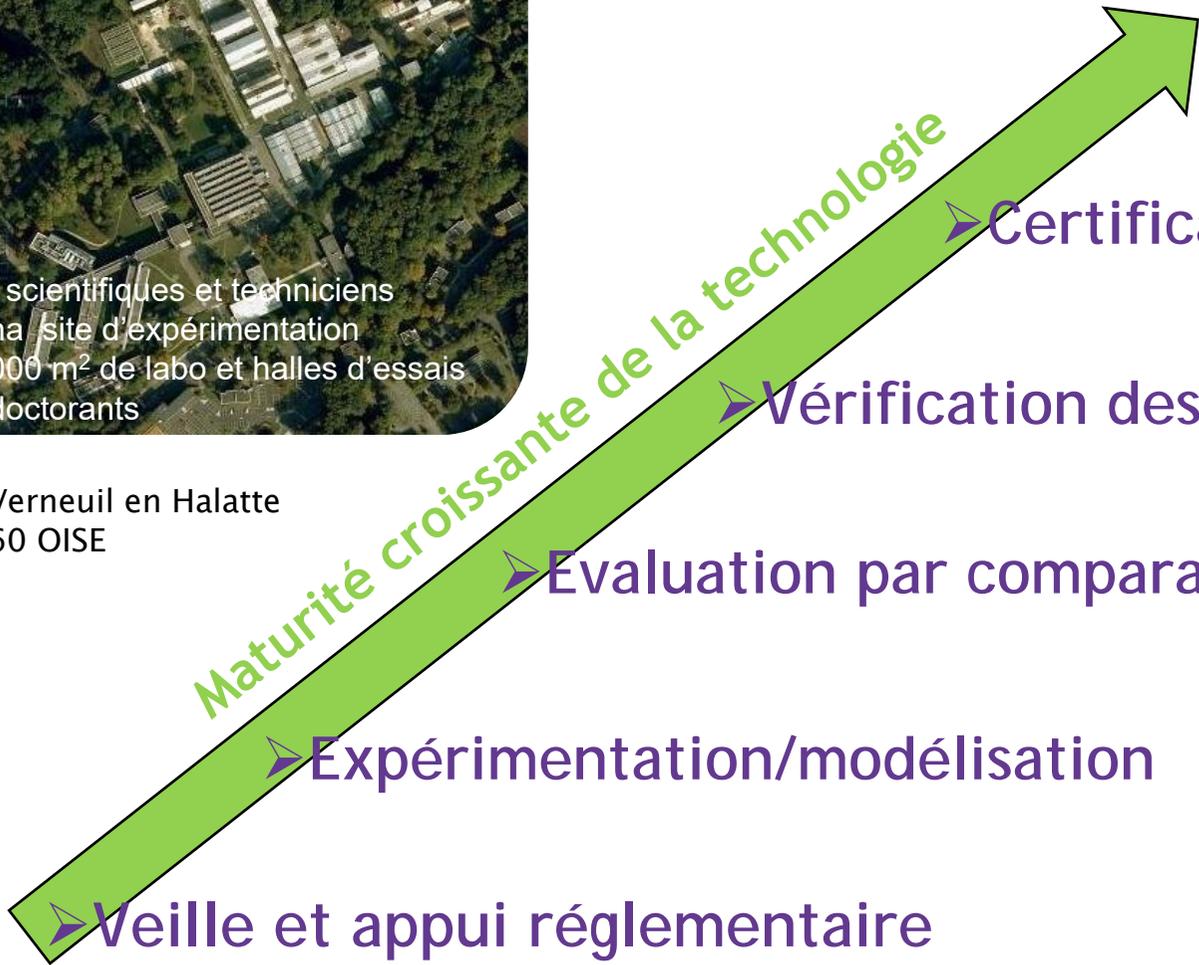


L'INERIS : Evaluation et maîtrise des risques émergents



570 scientifiques et techniciens
40 ha site d'expérimentation
30 000 m² de labo et halles d'essais
50 doctorants

Verneuil en Halatte
60 OISE



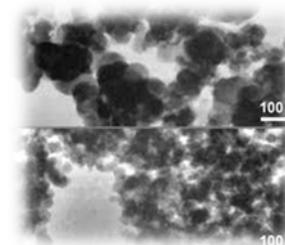
Essais,
Mesures
Etudes
Conseil
Appui
Audit
Formation



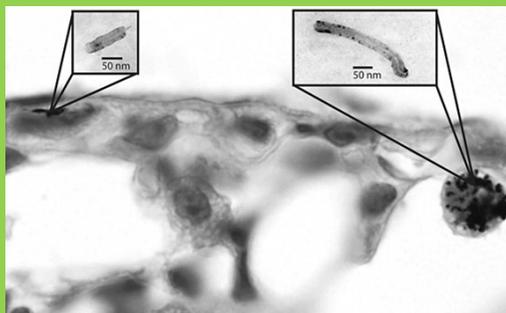
En région : Aix-en-Provence (déchets), Bourges (résistance des matériaux), Lyon (management des risques), Nancy (Après-mines)



Les propriétés particulières des NM peuvent potentiellement engendrer des **risques accrus ou nouveaux**



Toxicologiques



Nanotubes de carbone inhalés, ayant transités dans les tissus pulmonaires (gauche), puis phagocytés (droite)



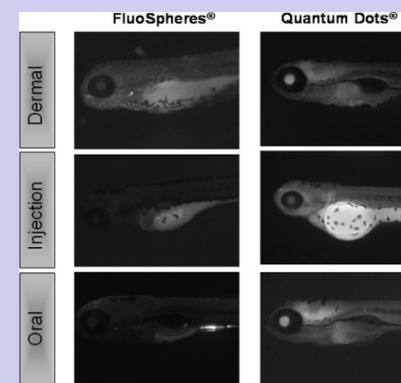
Technologiques



Explosion de poussières d'aluminium dans une usine, Novembre 2003



Environnementaux



Contamination des animaux marins par des nanoparticules

Quelle (s) démarche (s) pour l'entreprise ?

Quelles problématiques ?

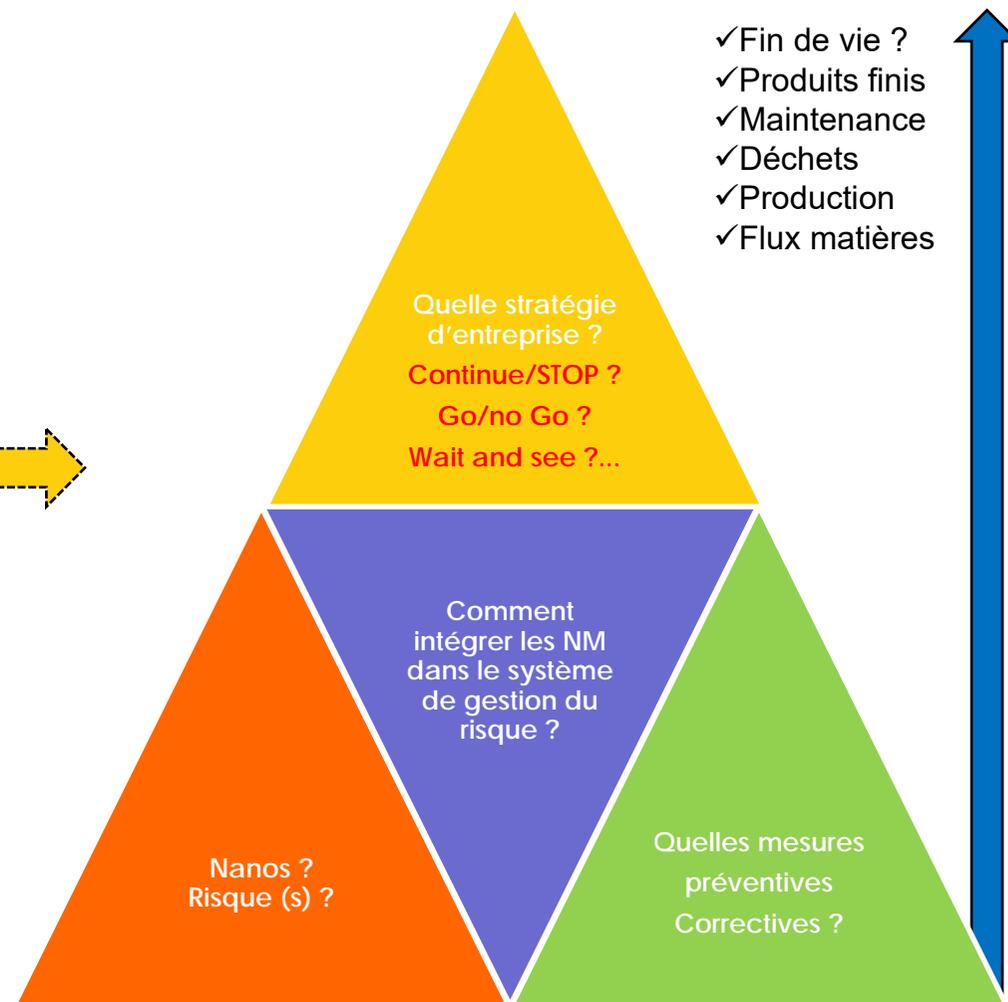
Questions clés pour l'entreprise

Enjeux vs Travailleurs – Consommateurs – Développement Durable

Mise en œuvre de NM suspectée

Mise en œuvre de NM avérée

Projet de développement, fabrication,
mise en œuvre et commercialisation de NM



Quels bénéfices / Risques ?

→ **Toujours pas de réglementation spécifique SST « nanomatériaux » mais :**

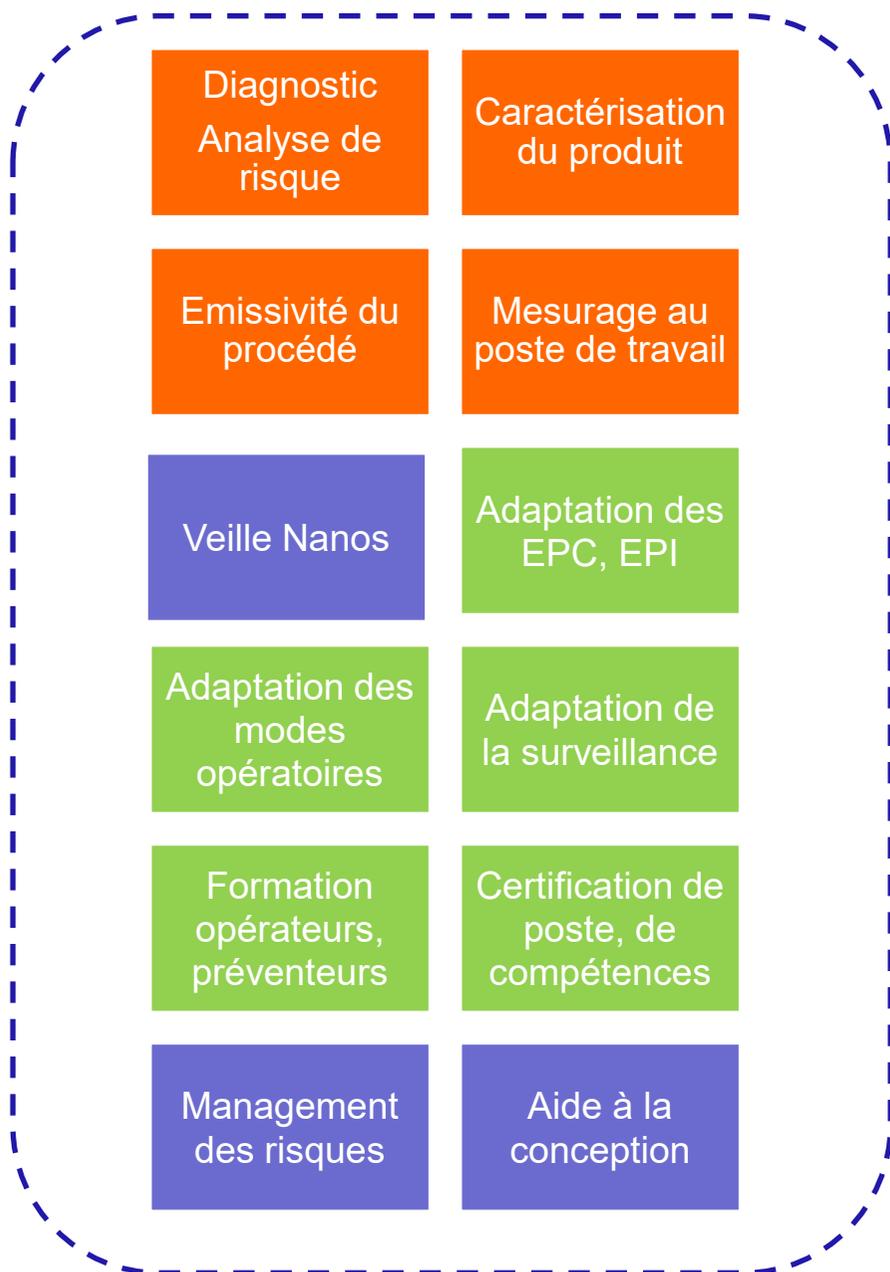
Nanomatériau : produit chimique

(potentiellement) dangereux ...

- Identifier les dangers présentés par l'agent chimique (collecter ou renseigner les informations sur l'agent et ses dangers) ;
- Éviter les risques si possible en les supprimant ;
- Évaluer les risques pour la santé et la sécurité au travail qui ne peuvent être évités, en fonction des procédés, des modes de travail, des quantités, etc. ;
- Mettre en place des mesures collectives puis individuelles visant à prévenir ou à limiter les risques ;
- Vérifier l'efficacité des mesures prises ;
- Assurer la formation et l'information des salariés.

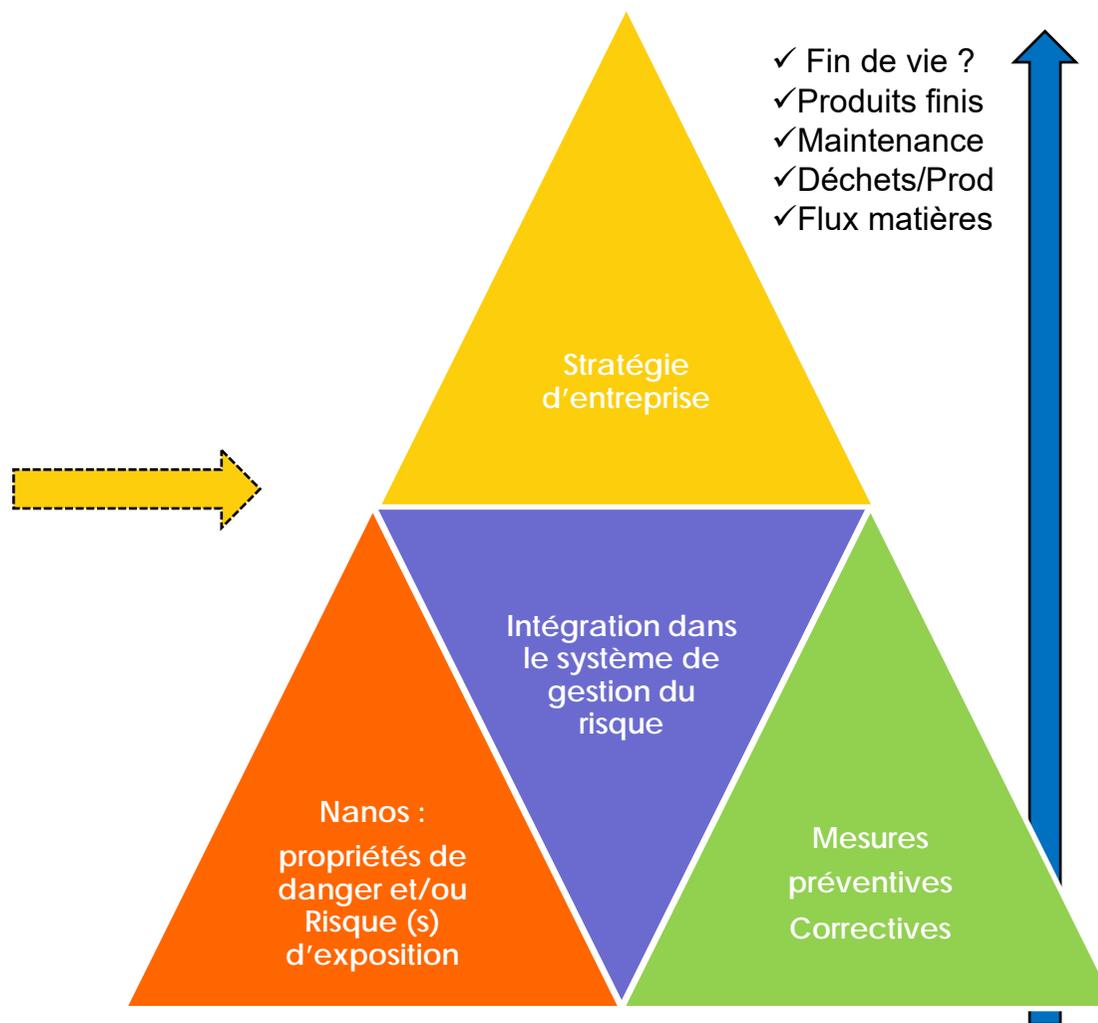
Quelle démarche pour le responsable HSE ?

Boîte à outils INERIS



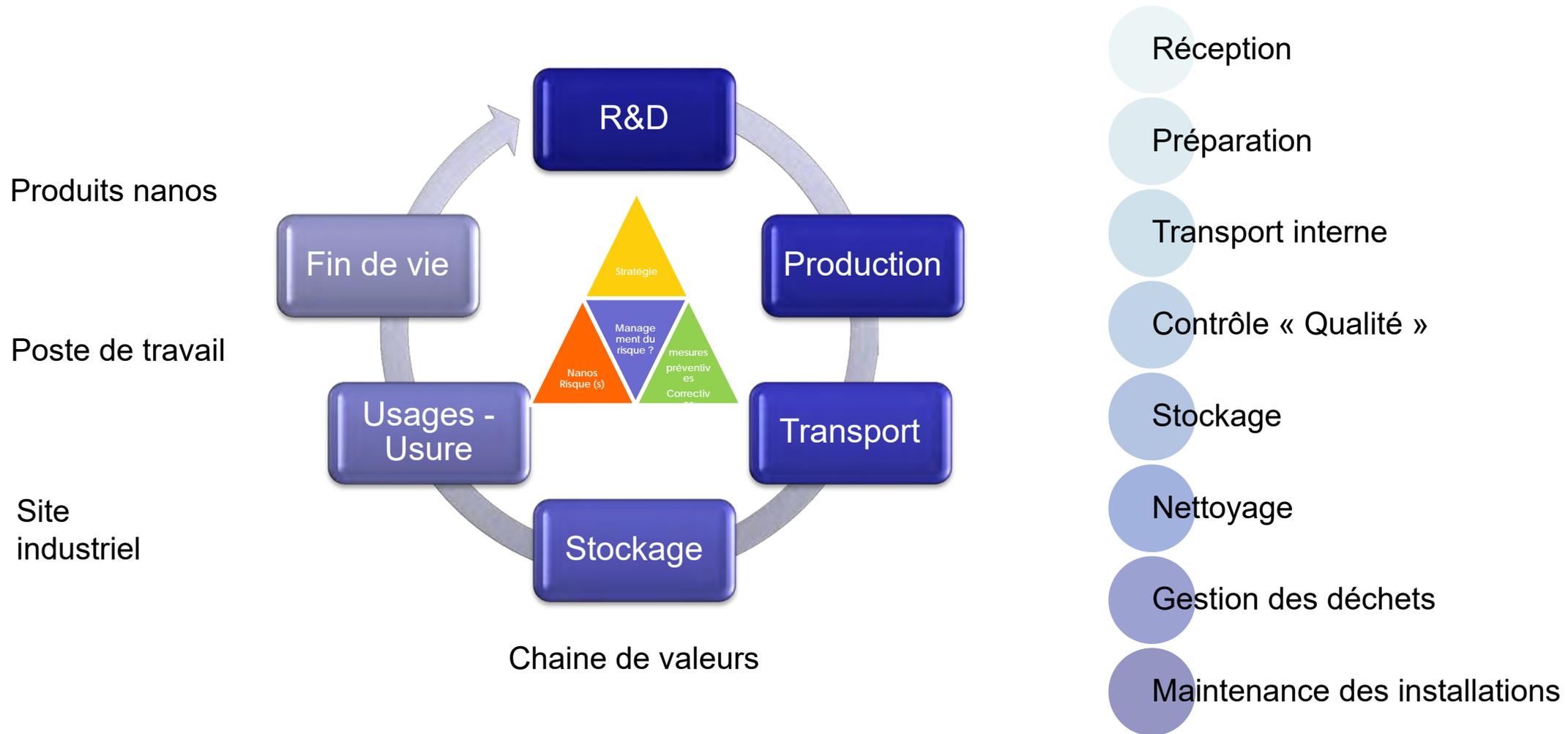
Etapes clés pour l'entreprise

Travailleur – Consommateur / env.



Quelle démarche pour le responsable HSE ?

Bilan global sur l'ensemble du cycle de vie des nanos sur toutes les phases opérationnelles de la chaîne de valeur



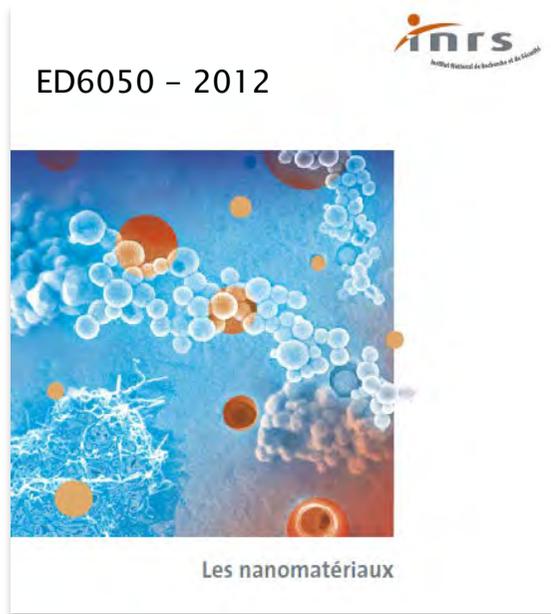
Go/no Go ?
Safe by design

Quelle démarche pour le responsable HSE ?

2 Référentiels majeurs de mise en œuvre des nanomatériaux

Risques professionnels

Risques environnementaux



2. Connaître et informer pour une approche proportionnée
3. Principes généraux de mise en œuvre des nanos :
 - Rappel réglementaire
 - Information au sein de l'établissement
 - Entretien des équipements et les locaux
 - Limiter les émissions dans l'air
 - Limiter les émissions dans l'eau
 - Prévention des risques accidentels
4. Techniques spécifiques pour certaines étapes clés
5. Gestion des déchets
6. Surveillance dans l'environnement des substances à l'état nanoparticulaire

Quelle démarche pour le responsable HSE ?

Diagnostic prélude à l'évaluation des risques

Opérations programmées avec ou sans production

Opérations non programmées généralement en mode dégradé

Les grandes étapes

- Les flux de matières VS nanos
- Identification des postes VS nanos
- Observation et analyse des opérations VS potentiel d'exposition aux nanos
- Evaluation des pratiques VS EPC/EPI
- Evaluation qualitative des risques
- Recommandations de maîtrise du risque, y compris risques accidentels

Les Acteurs

La direction (impulsion, décision)

Responsables HSE + qualité
Encadrement opérationnel

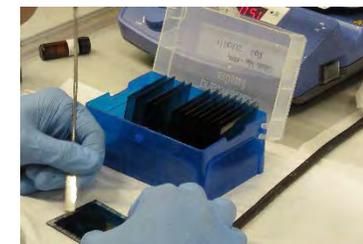
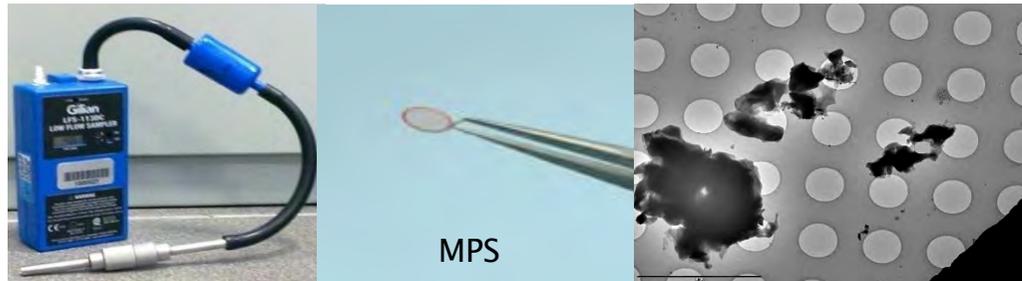
Représentants DP ou CHSCT
Des opérateurs-trices

Quelle démarche pour le responsable HSE ?

Postes de travail & mise en œuvre des nanos

Mesures sur site et poste de travail

- Stratégie de mesures
- Prélèvements, Mesurages, caractérisations
- Vérification des hypothèses et/vérification de l'efficacité des mesures de protection prises
- Evaluation quantitative des risques
- Plan de management des risques nanos



Aide à la conception de poste de travail R&D, labos de production et postes industriels

Quelle démarche pour le responsable HSE ?

Caractérisation des propriétés de dangers des NM

- ✓ Veille réglementaire et sur les risques nanos
- ✓ Etudes bibliographiques ou essais sur les propriétés de dangers des nanos
- ✓ Analyse critique des documents fournisseurs VS risques nanos
- ✓ Analyses et essais sécurisés

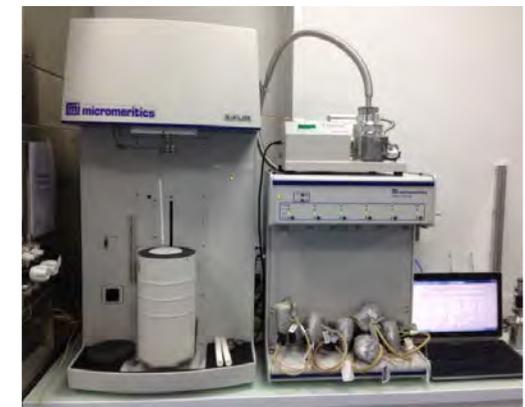
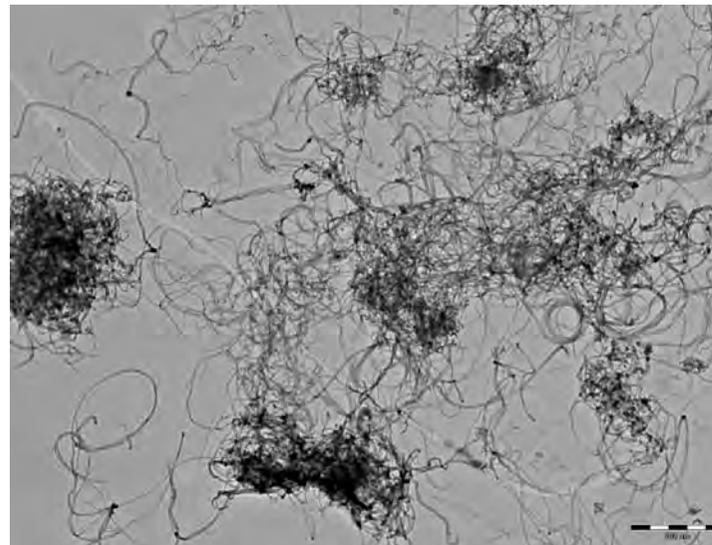


- Déclaration R-nanos
- FDS
- Eléments d'information et de réflexion sur la mise en place de « VLEP volontaire »

- Taille
- Morphologie
- Granulométrie LASER (voie humide)
- Degré d'agglomération ou d'agrégation
- Surface spécifique BET et distribution poreuse BJH
- Solubilité
- Composition chimique globale et locale



Plateforme S-Nano



➤ Pulvérulence

- Emission des poudres
- Démarche de sécurité intrinsèque

➤ Comportement électrostatique (ATEX)

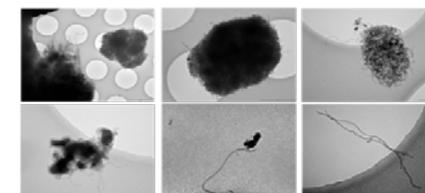
- Résistivité
- Temps de charge/décharge

➤ Rhéologie des poudres

- Caractérisation des écoulements
- Processus d'agglomération



Vortex



Plateforme S-Nano



Caractérisation des paramètres de sécurité

- Violence d'explosion P_{max} , K_{st} , LIE, CLO...
- Energie Minimale d'Inflammation (EMI)
- Température Minimale d'Inflammation en couche
- Température Minimale d'Inflammation en nuage
- Tests ONU N.1 - ONU N.5
- Analyse thermique différentielle (four Grewer)
- Calorimétrie
- conductivité thermique pour la réactivité en masse



Plateforme S-Nano

Développement/adaptation de protocoles d'essai CEN TC 352 WG 3 PG3

Plate-forme S-NANO?

Vos nanos sont-ils +/- accidentogènes ?

Comment prédire les conséquences d'un accident impliquant des nanoparticules ?

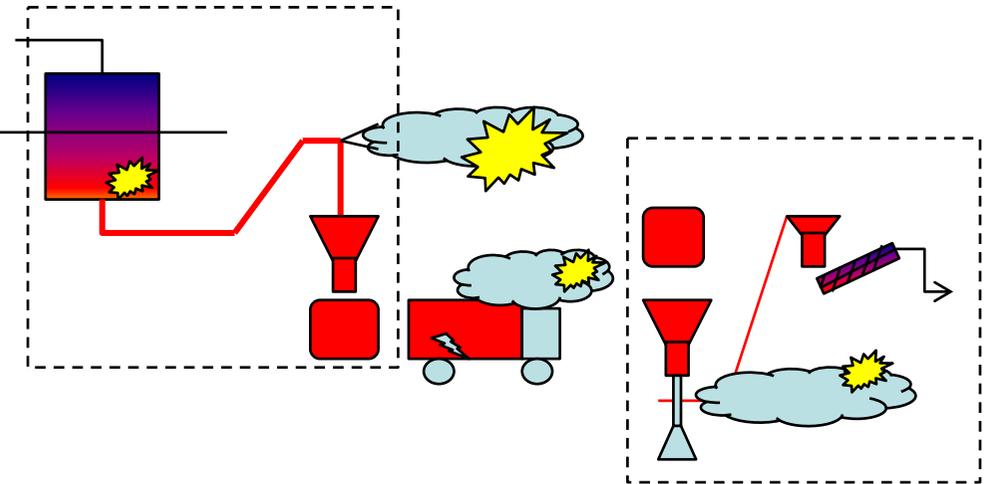
Comment répondre aux questions des autorités et des populations en cas d'accident ?

L'Ineris répond :

⇒ Modélisation du terme source en cas de perte de confinement accidentelle (chute de poudre, envol, fuite de transport pneumatique, explosion)

⇒ Développement d'essais pour déterminer les paramètres du modèle

⇒ Formulation de recommandations opérationnelles pour maîtriser les risques accidentels

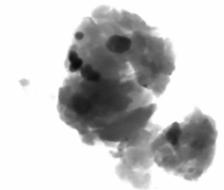
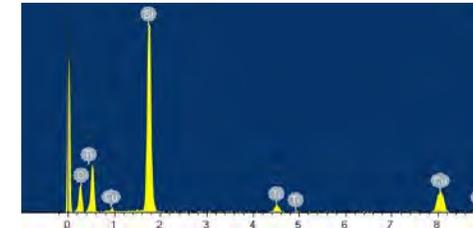


PPRET de Fictive sous bois (SOO et PAK)
Carte d'aléa des effets de surpression

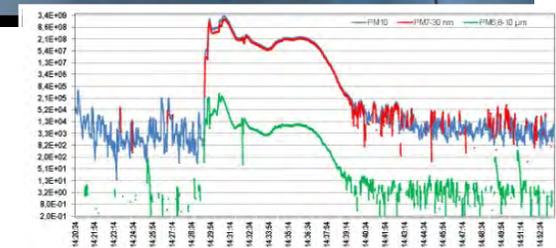


Source MEEM,
DREAL haute-Normandie

- Caractérisation des aérosols par chambre d'émission
- Vieillessement/altération de matériaux nanostructurés
- Recommandations de réduction du risque par le design, l'adaptation des conditions d'utilisation



Plateforme S-Nano



Quels) traitement(s) pour les déchets nanos ?

- Incinération des nanomatériaux
- Simulation en four tubulaire
- Caractérisation des fumées de combustion
- Modélisation géochimie/transport
- Plate-forme extérieure/conditions réelles

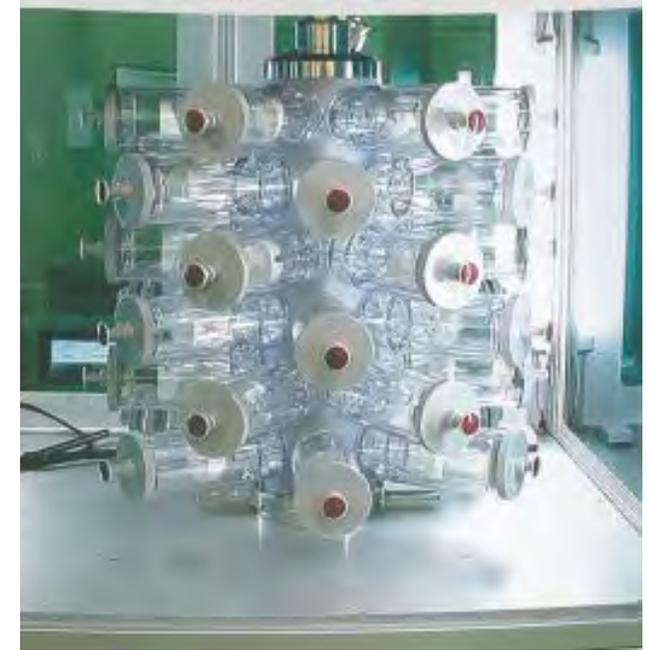


Plateforme TOX d'essais vivo, vitro sur les nanos

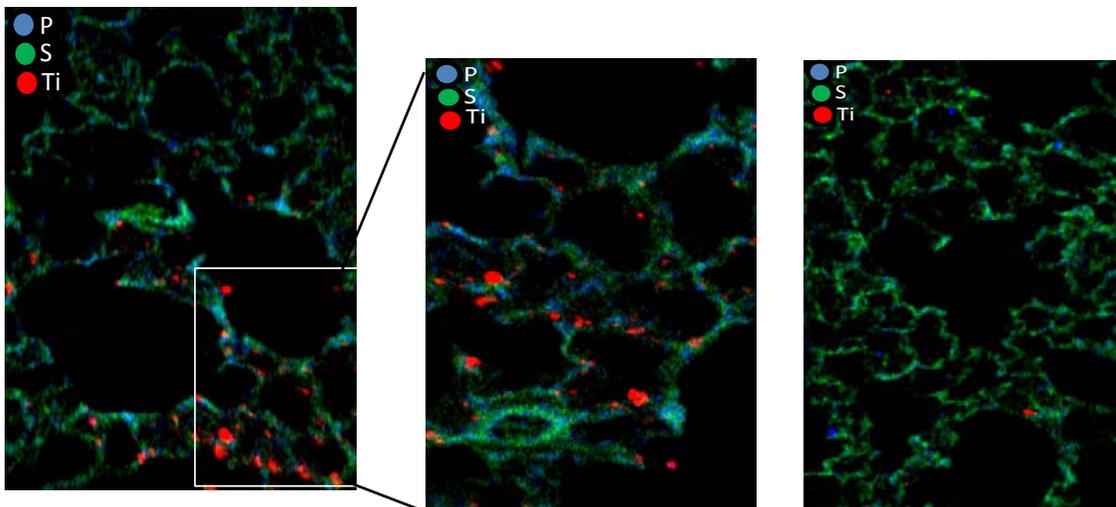
▪ Système unique d'inhalation

- ✓ Dédié aux études de toxicité pulmonaire (routine)
- ✓ Peut servir en neurotox, tox alimentaire ...

→ Validation de modèles in-vitro, in-silico (R&D)



Localisation intrapulmonaire du TiO₂ NM101 instillé, TOXI INERIS 2016





Qualification/certification des compétences



Certifications volontaires développées par l'INERIS



Pour les personnes destinées à exécuter une ou des tâches en lien direct ou indirect avec des nanoparticules.

Le référentiel propose des parcours de formation et des niveaux de compétences pour différents types d'activité :

- **Opérateur (1 jour)** : celui qui manipule ou se trouve en présence de nanoparticules
 - Sur demande en intra
- **Préventeur sécurité (3 jours)** : celui qui participe à l'analyse des postes, qui définit les règles et les consignes nécessaires à la mise en place et au maintien des conditions de réduction et/ou de maîtrise des risques au poste de travail
 - 03-05 juillet 2018 à Lyon
 - 06-08 novembre 2018 à Paris

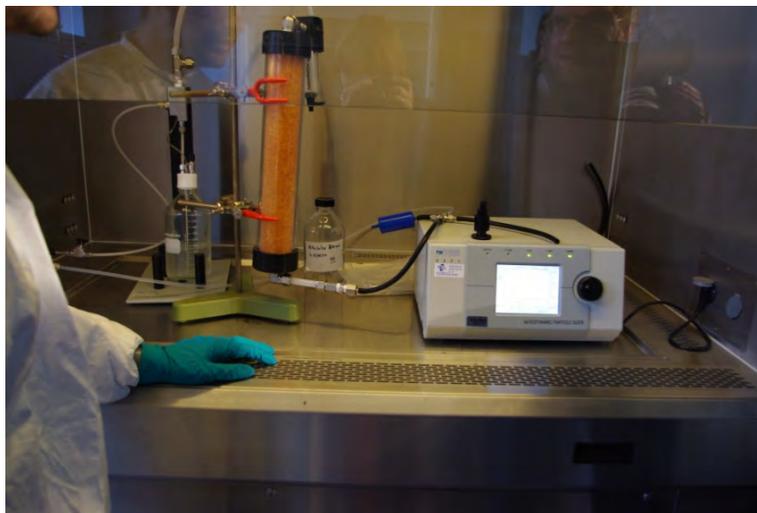


Recyclage Préventeurs : 1 jour en présentiel le 29/11/18 par l'INERIS



Certification des Meilleures Techniques Disponibles

NanoCERT/MTD



Un référentiel pour connaître et maîtriser les performances d'un EPC

- Caractériser les équipements de protection collectifs en « sortie d'usine »

⇒ Evaluer les performances des dispositifs de sécurité/MTD



- Quantifier les performances sur site

- Méthode adaptée à une qualification de laboratoires de recherche et de sites de production (gaz SF6 et génération de nanoparticules)
- Méthode adaptée à différentes technologies tels les EPC de labo ou industriels)
- Vérification et audit des installations



- Préciser le domaine de la certification – nano-objets, taille < 100 nm

Demande de certification
par un fabricant ou un utilisateur



- Evaluation du matériel en sortie d'usine
- Respect des règles de sécurité
- Définition des conditions d'utilisation
- Performances de protection du/des opérateurs
- Performances de filtration
- Evaluation des dispositifs de sécurité



- Evaluation de l'adéquation du matériel à l'environnement d'utilisation
- Mesure des fuites
- Mesure des performances aérauliques
- Evaluation de l'adéquation du matériel à son environnement
- Evaluation de la sécurité du procédé



Certificat

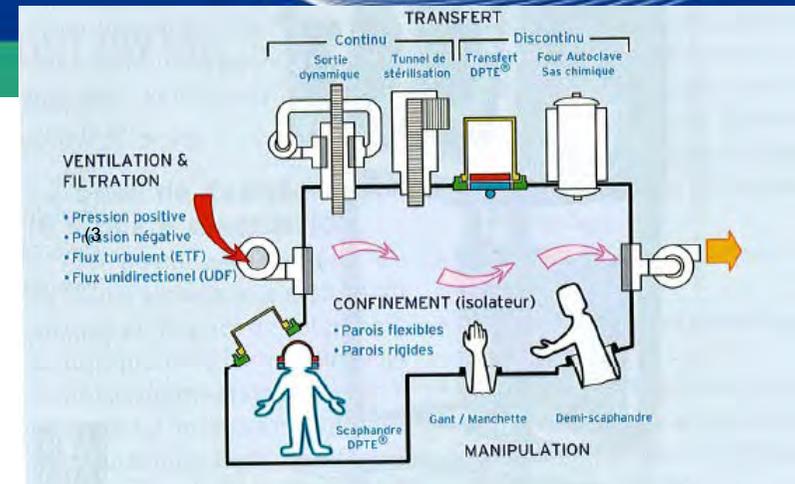


Attention
*le niveau d'acceptabilité du risque
reste de la responsabilité de l'employeur !*

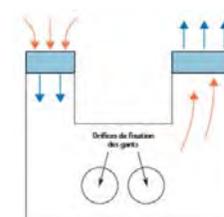
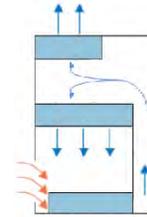
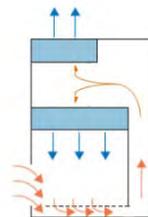
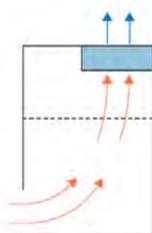
Classification du niveau de sécurité

- ✓ Définir les paramètres significatifs
- ✓ Définir les niveaux d'exigences pour chaque paramètre

4 Catégories proposées :



Catégorie	Confinement	Propreté de surface	Sécurité fonctionnelle	Type/Technologie (1)
C0	Extraction et filtration	N1	S1	Sorbonne ou PSM type I
C1	Extraction et flux dynamique	N1	S1	PSM type II
C2	extraction et double filtration	N2	S2	PSC
C3	système clos et filtration	N3	S3	Isolateur



(1) à titre d'exemple et non limitatif, en particulier les technologies innovantes sont à prendre en compte

Opération Nanos collective et/ou individuelle

Phase collective :
(à titre indicatif)

Formation nanoCERT :
Opérateurs/Encadrement : 1 jour
Ou
Préventeurs, HSE : 3 jours



+ 1 jour REX...

Phase individuelle (à titre indicatif) :

Prestation	Nb de jours	Contenu
Accompagnement individuel sans mesure	1	1 - Visite 1 ingénieur INERIS 2 - Identification des principales situations de travail exposantes 3 - Compte-rendu écrit sur les points marquants
Accompagnement individuel avec mesures PME < 5 postes de travail nano	1	1 - Visite 1 ingénieur INERIS 2 - Identification des principales situations de travail exposantes 3 - Mesures de la concentration en nombre sur 1 poste de travail potentiellement exposant + 3 prélèvements 4 - Compte-rendu écrit sur les points marquants
Accompagnement individuel avec mesures PME > 5 postes de travail nano	2	Jour 1 1 - Visite 1 ingénieur INERIS 2 - Identification des principales situations de travail exposantes Jour 2 3 - Mesures de la concentration en nombre sur 2 postes de travail potentiellement exposant + 6 prélèvements 4 - Compte-rendu écrit sur les points marquants

Les nanos : l'Ineris à votre service !

• Connaître la dangerosité des produits le long de la chaîne de valeur :

- ✓ Paramètres physiques, chimiques, toxicologiques, éco-toxicologiques, pouvoir émissif
- ✓ Positionnement réglementaire et/ou normatif (décret nano, Reach/Nano, traçabilité, étiquetage...)

• Aide au développement industriel

- ✓ Accompagner l'innovation dans une finalité safer-by-design
- ✓ Fournir des éléments décisionnels coûts/ bénéfices

• Maîtriser les risques industriels

- ✓ Audit et diagnostics de procédés, postes de travail, sites industriels
- ✓ Formation des acteurs (travailleur, préventeurs),
- ✓ Certification des postes de travail/ moyens de protection collective
- ✓ Estimation de la contribution environnementale « nano » d'un site « nano »

• Veille Réglementaire et normative

- ✓ Au niveau européen et mondial
- ✓ Par famille/typologie de nanos
- ✓ Secteurs d'activités

Maîtrise des risques des nanotechnologies



SÉCURITÉ DES PROCÉDÉS

- Incendies, explosions
- Pertes de confinement
- Paramètres de sécurité (MIE, Kst...)
- Modélisation moléculaire



DÉVELOPPEMENTS INSTRUMENTAUX

- Suivi air/eau par technique optique (LIBS, LII, LIF)
- Moyens de prélèvement (microscopie THF)
- Moyens d'étalonnage, vérification de performance
- Moyens de génération et de mise en suspension



CARACTÉRISATION DES PRODUITS

- Propriétés chimiques (MET, MEB...)
- Essais reproduisant l'usage et l'usure
- Évaluation de l'émissivité
- Fin de vie (recyclage, incinération)



TOXICOLOGIE

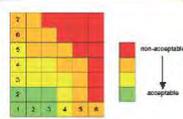
- Expérimentale (stress, inflammation, génotoxicité...)
- In vitro (barrière pulmonaire, hémato-testiculaire...)
- Moyens d'essais dédiés (in vitro, in vivo inhalation)

Accompagner les industries, les laboratoires et les autorités dans les développements de procédés propres et sûrs



MODÉLISATION

- Formation & Agglomération
- Chimie-Transport
- QSARS, QSPPs, Q. Meca



ANALYSE DU RISQUE

- Outils "Control banding"
- Maîtrise semi-quantitative
- Définition des barrières de sécurité
- Sécurité fonctionnelle



CERTIFICATION

- NanoCert Compétences
- NanoCert MTD



MAÎTRISE DES EXPOSITIONS

- Exposition en ambiance de travail
- Scénario d'exposition accidentelle
- Exposition environnementale



ANALYSE SOCIO-ÉCONOMIQUE

- Intégration de résultats d'ACV, LCC
- Analyses coût bénéfique & coût efficacité (CBA, CEA)
- Nouveaux indicateurs & analyses multicritère (MCA)



FORMATIONS SPÉCIFIQUES

- Opérateurs, préventeurs, prescripteurs
- Spécificité du risque nano



APPUI ET EXPERTISE

- Autorité, ministère (décret...)
- nanoREACH, ANSES
- ISO, CEN & AFNOR
- OECD - WPNM

Merci de votre attention

Forum SOFHYT Lyon

31 mai 2018

matériel MPS sous la verrière



Contact INERIS Nanos :

sophie.kowal@ineris.fr

Et pour tout autre sujet
sur les risques !