



**D G E**

---

***DEVELOPPEMENT & CONSEIL***

**Ingénierie sécurité pour les  
nanomatériaux**

**Rapport final d'étude**

26 septembre 2008

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>3</b>
1.1	ENJEU ET PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE .....	3
1.2	OBJECTIFS, CHAMP ET DEMARCHE DE L'ETUDE.....	4
<b>2</b>	<b>LES ENJEUX ASSOCIES A LA PROBLEMATIQUE D'INGENIERIE SECURITE DANS LE DOMAINE DES NANOMATERIAUX .....</b>	<b>8</b>
2.1	LES ETAPES DU CYCLE DE VIE DES NANOMATERIAUX, DE LA SYNTHESE A LA FIN DE VIE .....	8
2.2	LES RISQUES ET DANGERS SPECIFIQUES AU CYCLE DE VIE DES NANOMATERIAUX .....	9
2.3	DES POPULATIONS POTENTIELLEMENT EXPOSEES A CHAQUE MAILLON DE LA CHAINE INDUSTRIELLE .	13
<b>3</b>	<b>DEFINITION DU PERIMETRE DE L'INGENIERIE SECURITE DES NANOMATERIAUX .....</b>	<b>20</b>
3.1	ANALYSE COMPARATIVE DE FILIERES A RISQUES : LES MODALITES DE LA STRUCTURATION DES ACTIVITES D'INGENIERIE SECURITE DANS LES FILIERES INDUSTRIELLES MATURES .....	20
3.2	LA CHAINE DE VALEUR D'ENSEMBLE DE L'INGENIERIE SECURITE .....	27
3.3	LE POSITIONNEMENT DE LA FRANCE EN MATIERE DE STRUCTURATION DES ACTIVITES D'INGENIERIE SECURITE DANS UNE PERSPECTIVE EUROPEENNE ET INTERNATIONALE .....	33
<b>4</b>	<b>IDENTIFICATION DES ORIENTATIONS STRATEGIQUES DE L'ACTION PUBLIQUE POUR STRUCTURER UNE FILIERE INGENIERIE SECURITE DEDIEE AUX NANOMATERIAUX .....</b>	<b>35</b>
4.1	LES BESOINS ET ATTENTES DES INDUSTRIELS FRANÇAIS EN MATIERE D'INGENIERIE SECURITE AUTOUR DES NANOMATERIAUX .....	35
4.2	LES CARENCES RENCONTREES POUR STRUCTURER UNE FILIERE D'INGENIERIE SECURITE ADAPTEE AUX NANOMATERIAUX .....	39
4.3	SYNTHESE : HIERARCHISATION DES BESOINS EN FONCTION DES CARENCES REGLEMENTAIRES ET SCIENTIFIQUES .....	41
<b>5</b>	<b>LA STRATEGIE DE DEPLOIEMENT DE LA FILIERE INGENIERIE SECURITE DEDIEE AUX NANOMATERIAUX.....</b>	<b>43</b>
5.1	LES COUPLES « TECHNOLOGIES/PRODUITS/SERVICES » A DECLINER DANS LE TEMPS EN FONCTION DES AVANCEES DE LA RECHERCHE.....	43
5.2	LES MARCHES IMPACTES PAR LE DEVELOPPEMENT DE LA SECURITE AUTOUR DES NANOMATERIAUX ..	44
<b>6</b>	<b>PROPOSITIONS DE FICHES-ACTIONS POUR SOUTENIR LE DEVELOPPEMENT D'UNE NOUVELLE FILIERE ECONOMIQUE CONSACREE A L'INGENIERIE SECURITE DES NANOMATERIAUX.....</b>	<b>47</b>
6.1	STRUCTURATION DES PROPOSITIONS DE FICHES-ACTIONS .....	47
6.2	PRESENTATION DETAILLEE DES FICHES-ACTIONS PROPOSEES .....	49
6.3	LES ACTEURS CIBLES PAR LES ACTIONS PUBLIQUES EN FAVEUR DE LA CONSTITUTION D'UNE FILIERE INGENIERIE SECURITE DEDIEE AUX NANOMATERIAUX .....	71
6.4	LA STRUCTURATION SEQUENTIELLE DU PLAN D' ACTIONS .....	73
<b>7</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>76</b>
<b>8</b>	<b>ANNEXES .....</b>	<b>77</b>
8.1	LE COMITE DE PILOTAGE DE L'ETUDE .....	78
8.2	LES CONTACTS SOLLICITES EN PHASE 1.....	79
8.3	LES CONTACTS SOLLICITES EN PHASE 2.....	81
8.4	TABLES DES FIGURES ET DES TABLEAUX.....	82

---

## 1 INTRODUCTION

---

### 1.1 ENJEU ET PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE

#### Enjeu de l'étude

---

Les nanotechnologies et les nanoparticules sont un domaine d'activité prometteur et en pleine croissance. Cette situation relève principalement du fait que les nanoparticules démontrent des propriétés chimiques et physiques différentes du même matériau à plus grande dimension. Les développements technologiques actuels dans ce domaine visent justement à tirer avantage de ces nouvelles propriétés. Les nanoparticules, même si elles ont la même composition chimique que leur homologue plus volumineux, peuvent souvent être considérées comme de nouvelles substances. **Ceci constitue un défi majeur en santé et sécurité du travail** et notamment l'évaluation du risque relié à ces nouveaux produits et la prévention de l'apparition de maladies professionnelles ou de nouveaux problèmes reliés à la sécurité.

Les sommes importantes investies en R&D dans l'ensemble des pays industrialisés se traduiront par de nouvelles découvertes dont les applications affecteront notre quotidien et ce, dans un avenir relativement rapproché. Même si les impacts à court terme ne sont pas connus, de nombreux produits sont déjà accessibles à la consommation (cosmétiques, peintures automobiles, imperméabilisants textiles, etc.). Le nombre et la diversification des travailleurs exposés s'accroîtront au cours des prochaines années. **La prévention en santé et sécurité du travail appliquée dès maintenant à ce domaine constitue un atout important, l'évolution des connaissances scientifiques pouvant permettre de structurer un vaste marché en ingénierie sécurité**, caractérisé dans un premier temps par une offre de services en formation continue, en conception de solutions techniques sécuritaires et en contrôle des expositions aux postes de travail, puis à plus long terme par une offre de produits adaptés aux spécificités de la protection à l'égard des nanomatériaux.

Ainsi, **la structuration d'une filière dédiée à l'ingénierie sécurité des nanomatériaux constitue un défi de long terme** tant les connaissances actuelles concernant les risques pour la santé sont à approfondir, mais le besoin de mesures et moyens de protection adaptés constitue déjà une problématique actuelle pour les acteurs académiques et industriels exposés aux nanomatériaux.

Aussi **la force publique peut-elle d'ores et déjà s'impliquer dans la construction progressive des bases nécessaires à l'émergence de nouvelles activités économiques autour de la sécurisation des applications industrielles des nanomatériaux.**

## Problématique

---

La Direction Générale des Entreprises a souhaité réaliser une étude sur « l'ingénierie sécurité pour les nanomatériaux ».

La problématique comporte des enjeux importants dans la mesure où actuellement on peut constater un traitement « individuel » des questions de sécurité pour les nanomatériaux, mais cette démarche « individuelle » émanant de grands groupes industriels leaders ne s'accompagne ni d'une démarche commune à échelle de la filière complète, ni d'une démarche transversale entre les différents secteurs d'application des nanomatériaux. Or il semble qu'en la matière, **la prise en compte des problématiques de sécurité pour impacter sur l'ensemble de la chaîne de développement des nanomatériaux doive aller plus loin que les démarches individuelles peu connues, et a minima, qu'il y ait un échange de bonnes pratiques entre les acteurs sur toute la chaîne de la valeur des nanomatériaux**, invitant peut-être à mutualiser certaines actions.

Par conséquent, la maîtrise des risques dans le domaine des nanomatériaux comporte des **enjeux sanitaires et environnementaux de premier ordre mais aussi un enjeu économique majeur** dans la mesure où toute une chaîne d'acteurs doit se structurer pour accéder à des procédés de fabrication et d'utilisation des nanomatériaux qui soient propres et sûrs.

L'étude confiée à Développement & Conseil s'insère dans une dimension de politique publique : elle vise à **déceler les domaines d'activités qui peuvent générer de l'activité économique et les domaines de compétences à même de favoriser une création de valeur** afin de donner à la France un avantage concurrentiel dans le domaine de l'industrialisation sécurisée des nanomatériaux.

## 1.2 OBJECTIFS, CHAMP ET DEMARCHE DE L'ETUDE

### Objectifs de l'étude

---

La problématique soulevée par l'étude concerne l'inventaire des conditions à respecter, les précautions à mettre en œuvre et les activités économiques à déployer pour assurer un développement responsable

des nanomatériaux. Ce champ couvre la sécurité dans l'élaboration, la fabrication et le conditionnement des nanomatériaux, mais aussi en aval de la production des nanomatériaux, les aspects cycle de vie et recyclage des objets contenant des nanoparticules.

Ainsi, l'étude a permis :

**- de définir le périmètre recouvrant l'ingénierie sécurité des nanomatériaux**

- Sur l'ensemble du cycle de vie des nanomatériaux : élaboration, utilisation, manutention, stockage, destruction
- En prenant en compte l'ensemble des activités de prévention et gestion des risques liés aux nanomatériaux
  - Pour déterminer les développements à effectuer en matière de recherche, formation et travaux de normalisation
  - Pour favoriser l'émergence d'une offre d'outils de caractérisation et de contrôle dédiés
  - Pour permettre la mise en place d'une offre de protection individuelle et collective adaptée

**- de détecter ce qui pourrait être mutualisable à l'ensemble de la filière**, ou par famille d'acteurs sous l'angle des différentes méthodes, procédures et bonnes pratiques de contrôle de procédés ou d'environnement

**- d'envisager le potentiel marché associé à l'émergence de cette nouvelle filière et les modalités de déploiement d'un marché compétitif autour de l'ingénierie sécurité des nanomatériaux**, avec l'analyse des différentes étapes de mise en place de cette activité.

## **Champ de l'étude**

---

L'étude couvre l'ensemble des nanomatériaux, qu'ils soient métalliques, céramiques ou organiques, nanostructurés ou nanorenforcés, pour tous les secteurs industriels, à l'exception des TIC. Elle porte sur toute la chaîne de valeur, de l'élaboration au conditionnement des matériaux de base, à leur transformation et à la réalisation de composants. Ce vaste périmètre sera donc investigué sous l'angle

des enjeux de sécurité industrielle, afin d'identifier les modalités de structuration d'une filière ingénierie sécurité spécifique à l'industrialisation des nanomatériaux.

**On peut définir l'ingénierie sécurité comme l'ensemble des opérations et des procédures permettant la maîtrise des risques liés aux différentes étapes du cycle de vie des nanomatériaux.**

En 2006, l'IRSST (l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail) au Québec a effectué une étude intitulée : *Les nanoparticules : Connaissances actuelles sur les risques et les mesures de prévention en santé et en sécurité du travail*. A été identifiée lors de cette étude, une liste de stratégies :

- Les technologies de métrologie
- La protection personnelle
- La protection collective
- Les moyens organisationnels

Dans le cadre de cette étude, nous nous concentrerons sur les trois premières catégories, qui concernent plus spécifiquement « l'ingénierie sécurité ». La catégorie suivante sera cependant prise en compte afin d'offrir un aperçu complet des moyens à disposition des structures utilisant les nanomatériaux.

## Démarche de l'étude

---

La démarche d'étude effectuée par *Développement & Conseil* s'est déroulée en trois phases :

- Phase 1 : Inventaire et segmentation des risques et des méthodes sécurisées liés au développement des nanomatériaux
- Phase 2 : Définition du contour de l'ingénierie sécurité dédiée aux nanomatériaux et du potentiel marché associé
- Phase 3 : Proposition d'un scénario de déploiement de l'activité ingénierie sécurité pour les nanomatériaux, décliné sous forme de fiches-actions

Le synoptique suivant présente les différentes étapes méthodologiques de l'étude :

Objectif	Objectif
<b>Phase 1: Inventaire et segmentation des risques et des méthodes sécurisées liés au développement des nanomatériaux</b>	<b>Phase 2 : Définition du contour de l'ingénierie sécurité nanomatériaux et du potentiel marché associé</b>
<u>Etape 1</u> réunion de lancement avec le Comité de Pilotage	<u>Etape 6</u> Analyse comparative de la structuration de filières industrielles autour des problématiques d'ingénierie sécurité
<u>Etape 2</u> Décomposition des processus d'élaboration, de fabrication, de transformation et d'utilisation des différentes familles de nanomatériaux	
<u>Etape 3</u> Identification des risques au sein des processus d'élaboration, de fabrication, de transformation et d'utilisation des différentes familles de nanomatériaux	<u>Etape 7</u> Evaluation des potentialités du marché associé à cette nouvelle activité dans les nanomatériaux
<u>Etape 4</u> Classification des risques liés au développement des nanomatériaux, au regard des grandes familles de risques industriels faisant l'objet d'un suivi institutionnel	25/06/08 Réunion de présentation des résultats de la phase 2 et remise du rapport intermédiaire
<u>Etape 5</u> Inventaire et classification des méthodes permettant un manufacturing et une utilisation sécurisée des nanomatériaux	<b>Phase 3: Propositions d'un scénario de mise en œuvre de l'activité ingénierie sécurité pour les nanomatériaux</b>
23/04/08 Réunion de présentation des résultats de la phase 1 et remise du rapport intermédiaire	<u>Etape 8</u> Formalisation des conclusions et des recommandations
	09/09/08 Réunion de restitution finale des conclusions formalisées sous forme de fiches-actions - remise du rapport de fin de phase 3
	<u>Etape 9</u> Finalisation des documents d'étude

Un Comité de Pilotage, formé à l'initiative de la DGE, a été mis en place pour suivre, orienter et valider les différentes étapes de l'étude. Il regroupait à la fois des représentants de l'Etat, d'organismes de recherche et d'industriels impliqués dans le développement des nanomatériaux<sup>1</sup>.

L'analyse s'est déroulée sur le deuxième et le troisième semestre 2008 et a fait l'objet de la remise de cinq documents :

- Les 3 rapports intermédiaires présentant les résultats de chaque phase
- Le « Document de synthèse », reprenant les principales conclusions de l'ensemble de l'étude
- Le document de communication en format « 4 pages », présentant de manière synthétique et visuelle les principaux points de l'analyse

<sup>1</sup> La liste des membres du Comité de Pilotage de l'étude figure en Annexe 7.1, page 78.

## 2 LES ENJEUX ASSOCIES A LA PROBLEMATIQUE D'INGENIERIE SECURITE DANS LE DOMAINE DES NANOMATERIAUX

### 2.1 LES ETAPES DU CYCLE DE VIE DES NANOMATERIAUX, DE LA SYNTHÈSE A LA FIN DE VIE

La démarche d'industrialisation des nanomatériaux ne peut se développer sans une exigence systématique de maîtrise des risques à chaque étape du cycle de vie du produit. Par conséquent, l'accompagnement du développement responsable des nanomatériaux constitue un vaste champ qui couvre la sécurité dans l'élaboration, la fabrication et le conditionnement des nanomatériaux, mais aussi en aval de la production des nanomatériaux, les aspects cycle de vie et recyclage des objets contenant des nanoparticules.

Les différentes étapes du cycle de vie des nanomatériaux peuvent être rassemblées au regard de leurs risques en trois groupes :

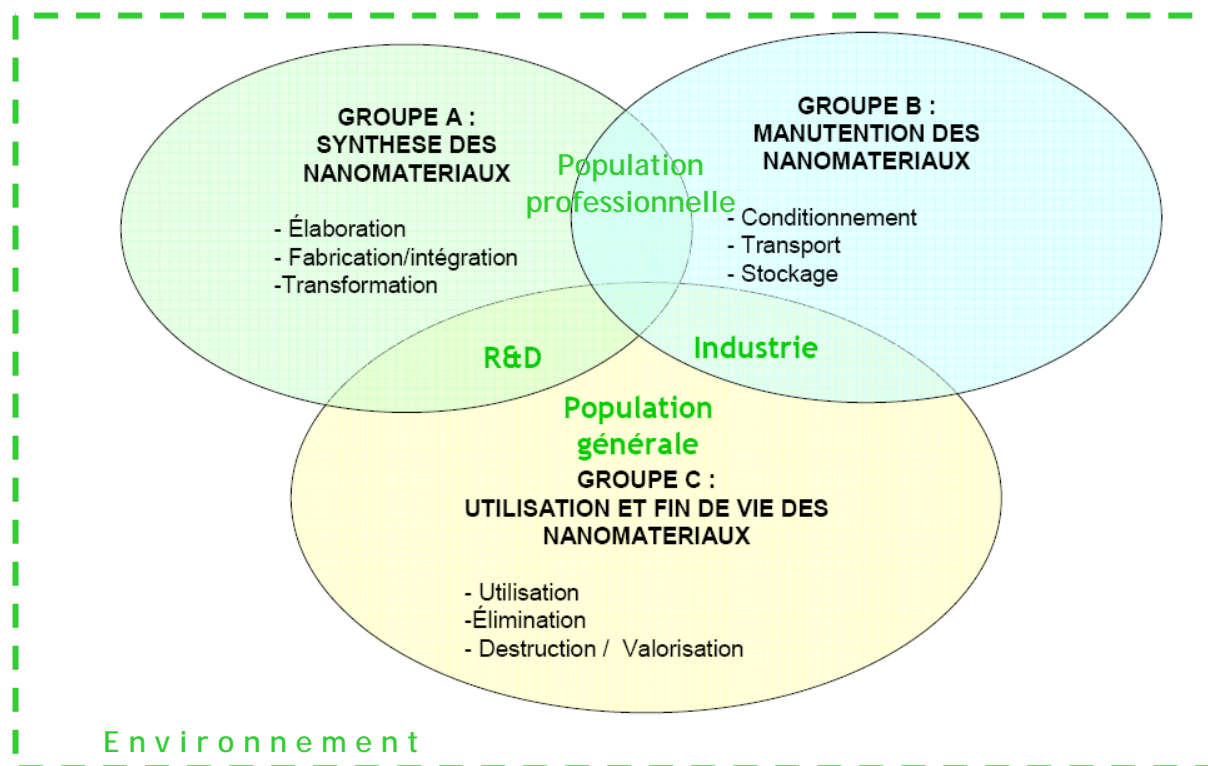


Figure 1 : Regroupement des étapes du cycle de vie des nanomatériaux

Source : Développement&Conseil, 2008



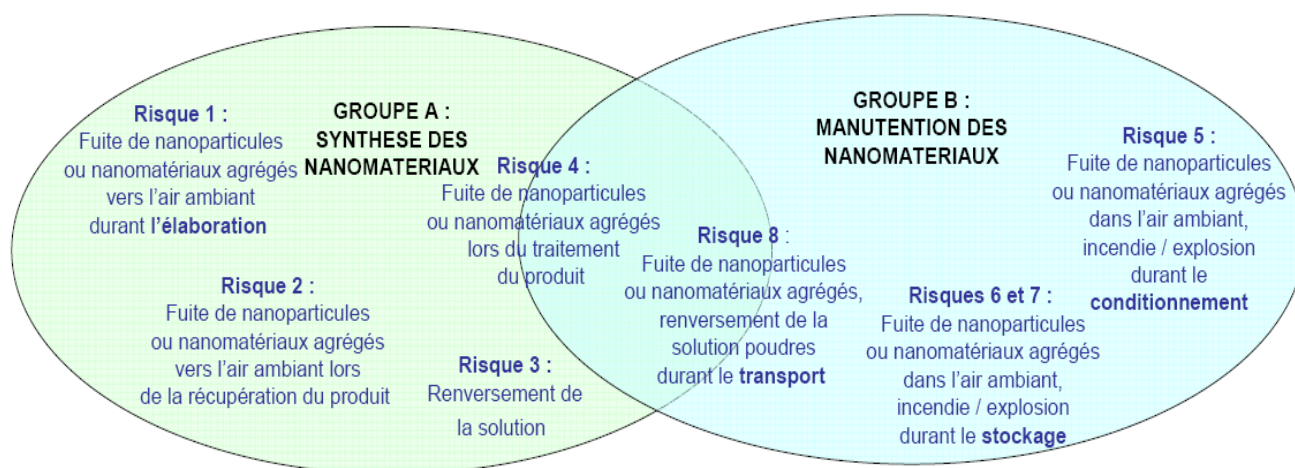
## 2.2 LES RISQUES ET DANGERS SPECIFIQUES AU CYCLE DE VIE DES NANOMATERIAUX

### DEFINITIONS :

- **«danger»**: la propriété intrinsèque d'une substance dangereuse ou d'une situation physique de pouvoir provoquer des dommages pour la santé humaine et/ou l'environnement
- **«risque»**: la probabilité qu'un danger conduise à un effet négatif dans une période donnée ou dans des circonstances déterminées

Pour chacune des 3 étapes identifiées, l'analyse des risques et dangers se fonde sur les voies d'exposition individuelles et collectives susceptibles de produire un effet néfaste sur la santé et sur l'environnement. Leur identification permet de développer des stratégies de contrôle des risques adaptés aux modes de contamination.

**Les types de risques accidentels identifiés lors des différentes étapes de synthèse (groupe A) et de manutention (groupe B) des nanomatériaux** sont rassemblés dans le schéma suivant :



**Figure 2 : Les types de risques accidentels identifiés lors des différentes étapes de synthèse et de manutention des nanomatériaux**

*Source Développement et Conseil, 2008*

→ **Les risques et stratégies de contrôle associés aux étapes d'élaboration sont identiques à ceux des phases de fabrication/ intégration et d'intégration.** En effet, ces risques dépendent essentiellement de l'environnement au sein duquel ces opérations sont réalisées.

→ **Les risques associés aux étapes de conditionnement, de transport et du stockage des nanomatériaux sont dus aux fuites et relargage de nanoparticules et dépendent du type de matrice dans laquelle se trouvent les nanomatériaux.** La distinction principale est celle entre nanoparticules et nanomatériaux. L'état des particules est donc le point clé à prendre en compte pour adapter la stratégie de contrôle des risques associés.

**Ce sont les risques accidentels qui sont ici pris en compte.** Ces risques accidentels s'ajoutent des risques chroniques encadrés par des stratégies de contrôle. Une fois que la stratégie de contrôle a été appliquée, il peut rester **des risques résiduels** liés à une mauvaise utilisation, ou une inadaptation de l'usage du nanomatériau avec l'application.

**La dimension environnementale n'est pas considérée ici car cette phase se concentre sur l'environnement de travail proche de l'élaboration des nanoparticules.** Il n'existe pas encore suffisamment de données pour prendre en compte et analyser les risques environnementaux.

**Concernant les risques relatifs aux utilisations industrielles ou académiques des nanomatériaux (groupe C),** une grande hétérogénéité des types de risques apparaît qui rend la détermination de la sécurisation des procédés industriels à mettre en œuvre plus délicate. Le tableau ci-dessous recense les risques identifiés pour les principaux nanomatériaux fabriqués en France pour l'ensemble des secteurs utilisateurs.

	Silice	Dioxyde de titane	Noir de carbone	Terres rares	Nanoargiles	Nanotubes de carbone	Alumines
ETAPE 7 UTILISATION							
Les nanomatériaux au sein des laboratoires	Risques d'inhalation, de contacts et d'ingestion sur l'ensemble du cycle de vie des nanomatériaux utilisés en laboratoire.						
Le secteur des transports			Émission en cas d'usure des pneus	Risque d'émission lors d'une utilisation comme catalyseur des pots d'échappement automobiles		Risques en cas d'usure des renforts dans carrosserie	
Le secteur de la construction	Relargage des nanoparticules dans l'air	Relargage des nanoparticules dans l'air/eau de ruissellement					
Le secteur de la chimie et des matériaux		Support de catalyseur lors d'utilisation photocatalytiques		Inhalation et contact	Risque d'émission lors de l'incinération	Risque d'émission en cas d'usure et d'incinération	
Le secteur pharmaceutique	Risques d'ingestion dans les pâtes à dentifrice	Franchissement de la barrière cutanée dans les crèmes					
Le secteur cosmétique	Risques d'ingestion dans les pâtes à dentifrice	Franchissement de la barrière cutanée dans les crèmes					
La fabrication de matière plastique			Émission dans l'environnement en cas d'usure et de destruction				Incinération et de destruction
La fabrication de caoutchouc	Dissémination si usure et incinération des pneus					Risques en cas d'usure des renforts dans pneumatiques	
La métallurgie	Émission en cas d'évaporation						
Le secteur du verre				Inhalation et contact lors de l'utilisation d'aimants			Inhalation et contact
Le secteur de l'énergie		Dissémination dans l'eau	Émission dans les sols au sein du noir d'acétylène des piles alcalines	Émission dans l'environnement - recyclage des batteries			Incinération et de destruction d'outils d'optique de précision

**Tableau 1 : Les risques des différents secteurs utilisateurs des principaux nanomatériaux**  
*Source Développement et Conseil, 2008*

Comme le groupe C intègre aussi **les risques pour le grand public** qui utilise des produits contenant des nanomatériaux, une typologie des risques encourus par la population générale est également à prendre en compte :

Utilisation des nanomatériaux par la population			
Formulation des nanomatériaux	Exemple d'utilisation	Risques potentiels respiratoires	Risques potentiels cutanés et digestifs
Nanoparticule sèche	Nanoparticules métalliques, oxydes, dioxyde de titane, nanotubes, noir de carbone	Risque d'émission dans l'air des que les nanoparticules sont à l'air libre et donc d'inhalation si les personnes sont en contact avec la source.	Risque de contacts et de dépôt cutanés si les personnes pénètrent le nuage de nanoparticules
Nanoparticules en phase liquide	<u>Peintures</u> : chargées de pigments minéraux à des teneurs de quelques pourcents. <u>Produits cosmétiques</u> : Écrans solaires, <u>Fluides industriels</u> : abrasifs, liquides de polissage, lubrifiants, etc.	Risque d'émission des nanoparticules en cas d'évaporation du solvant	En cas de contact du liquide avec la peau, les risques de dépôt de nanoparticules ne sont pas encore identifiés
Nanoparticules en matrice solide	Nanoparticules intégrées au sein de matrices polymères, Céramiques nanostructurées, nanocouches <u>Produits</u> : Pneus, raquettes de tennis, photocatalyseurs, fibres de textiles imprégnées de nanoparticules	Pas de risque à priori sauf en cas d'usure ou de rupture du matériau que des nanoparticules soient dispersées dans l'atmosphère	En cas de contact avec le matériau, les risques de dépôt de nanoparticules ne sont pas encore identifiés
Aérosols	Nanoparticules en suspension dans un milieu gazeux - Désinfectants, rafraîchisseur d'air, peintures, teintures, produits pour imprégner les tissus et les matériaux poreux	Fort risque si la personne se trouve dans le nuage de l'aérosol	Risque de dépôt cutané pas encore identifié

**Tableau 2 : Les risques liés aux utilisations de nanomatériaux par la population**

*Source Développement et Conseil, 2008*

Enfin, les **risques liés à la fin de vie des nanomatériaux** ne font pas l'objet d'une segmentation particulière dans la mesure où ils sont tous indifféremment considérés et traités a priori comme des déchets industriels dangereux et sont soumis aux mêmes réglementations pour leur traitement et leur destruction.

**La synthèse des risques accidentels identifiés sur l'ensemble des étapes du cycle de vie des nanomatériaux révèle que les risques d'inhalation sont les plus importants, notamment lors de la production et de l'intégration des nanomatériaux.**

Groupe A : Synthèse ÉLABORATION, FABRICATION / INTÉGRATION, TRANSFORMATION	Respiratoire	Cutané / Digestif	Explosif	Pollution air	Pollution eau	Pollution sol
Phase gazeuse				<b>Risque non identifiable</b>		
Formation de colloïdes						
Procédés mécaniques d'attrition						
Déposition de vapeur						
Groupe B : Manutention CONDITIONNEMENT, TRANSPORT, STOCKAGE	Respiratoire	Cutané / Digestif	Explosif	Pollution air	Pollution eau	Pollution sol
Nanoparticule sèche						
Solvant liquide						
Matrice solide						
Aérosols						
Groupe C : Fin de vie (hors utilisation) ÉLIMINATION, DESTRUCTION / VALORISATION	Respiratoire	Cutané / Digestif	Explosif	Pollution air	Pollution eau	Pollution sol
Incinération et destruction des nanomatériaux						

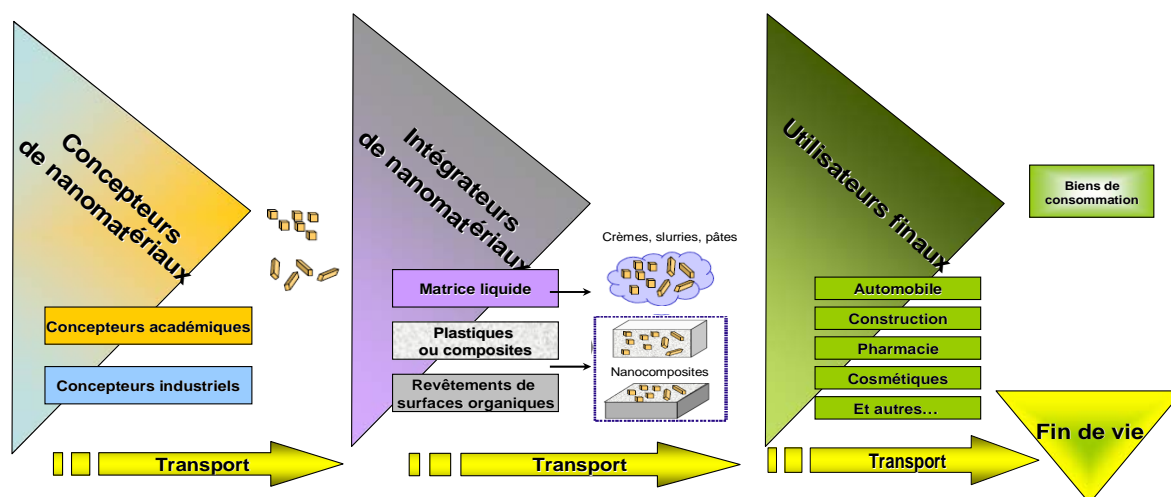
Degré de risque : Risque fort : Risque moyen : Risque faible :

**Tableau 3 : Degré de risque sur l'ensemble du cycle de vie des nanomatériaux**  
Source Développement et Conseil, 2008

## 2.3 DES POPULATIONS POTENTIELLEMENT EXPOSEES A CHAQUE MAILLON DE LA CHAÎNE INDUSTRIELLE

Cette appréciation qualitative ou quantitative -quand les données sont disponibles-, des populations exposées constitue dans le cadre de cette étude **une évaluation indicative du marché qui pourra être touché par une offre de produits et de services liés à la sécurisation des nanomatériaux.**

L'analyse des populations concernées par la production et l'utilisation des nanomatériaux fait l'objet d'une segmentation qui repose sur la chaîne de valeur industrielle des nanomatériaux. La chaîne industrielle des nanomatériaux est principalement composée de 3 activités successives : la conception des nano-objets (autrement dit la fabrication), l'intégration des nano-objets et les utilisateurs finaux. Les activités de transport et de fin de vie viennent s'intégrer à cette chaîne industrielle pour établir une « supply chain » complète.



**Figure 3 : La chaîne industrielle des nanomatériaux,**  
*Source : Yole Development, 2006, Analyse Développement&Conseil 2008*

### 2.3.1 La population concernée par la production de nanomatériaux

#### La conception académique

La base de données interne à Développement et Conseil permet de recenser le personnel des laboratoires associés à la fabrication des nanomatériaux en France.

	Nombre de laboratoires	Population concernée
Région Grand-Est	32	540
Région Sud-Ouest	46	907
Région Ile de France	67	1281
Région Nord-Ouest	28	584
Région Rhône-Alpes	36	924
<b>Total</b>	<b>209</b>	<b>4236</b>

**Tableau 4 : Evaluation du nombre de salariés exposés dans différents laboratoires académiques lors des opérations de conception de particules nanostructurées**

*Source : Développement&Conseil, 2008*

**La population concernée par les risques liés à la fabrication de nanomatériaux en laboratoires académiques** comprend les chercheurs, les ingénieurs-techniciens, les doctorants et les post-doctorants **soit environ 4 236 personnes en France.**

## La conception industrielle

---

**La conception des nano-objets** est actuellement l'activité la plus dynamique et la plus visible liée aux nanomatériaux : **plus de 150 sociétés ont été créées dans le monde depuis 10 ans**. La société allemande Nanogate est une des plus connues et développées au niveau européen. Les acteurs importants de la chimie investissent de plus en plus dans ce domaine (Bayer, Arkema, Rhodia, BASF, etc.).

**En 2007, l'INRS a recensé environ 3 800 salariés exposés dans différents secteurs industriels lors des opérations de production industrielle de particules nanostructurées**. La répartition de ces salariés par types de nanoparticules fabriquées est la suivante :

Nanoparticules	Population liée à la production
Silice amorphe	1300 salariés
Alumines	1000 salariés
Terres rares	330 salariés
Noir de carbone	280 salariés
Dioxyde de titane	270 salariés
Nanoargiles	50 salariés
Nanotubes de carbone	10 salariés

**Tableau 5 : Evaluation du nombre de salariés exposés dans différents secteurs industriels lors des opérations de production industrielle de particules nanostructurées**

*Source : INRS, 4<sup>ème</sup> trimestre 2007*

**Cette liste doit être complétée par une population estimée à 500 salariés élaborant des particules nanostructurées de caractère réfractaire ou métallique** (cermet, carbure).

**La population salariale impliquée en France dans la conception des nanomatériaux (académique et industrielle) et directement exposée aux risques professionnels** induits par cette activité industrielle atteint d'après nos analyses, près de **8 500 personnes**.

### 2.3.2 La population concernée par l'intégration des nanomatériaux

L'intégration des nanomatériaux concerne les activités de transformation des nanomatériaux et peut être segmentée en 3 domaines en fonction de la matrice du matériau final :

- Matrice liquide : crème solaires, pâtes abrasive pour le polissage des wafers semi conducteurs
- Plastiques ou composites : pièces automobiles, raquettes et balles de tennis, câbles électriques, emballages alimentaires etc.
- Revêtements de surface organiques : peinture automobile, vernis de parquet, lasures pour le bâtiment

Les intégrateurs (fabricants de plastique ou de revêtements de surface) s'investissent également en développant des offres de nanocomposites (PPG, Honeywell, PolyOne, Basell, Becker Acroma etc.). Il est prévu que la présence de ces acteurs devienne croissante grâce à la plus grande facilité d'intégration des nano-objets.

**Le dénombrement des acteurs de l'intégration et du compound des nanomatériaux ne font pas l'objet d'un recensement spécifique à ce jour.** Ils sont généralement comptés soit avec les acteurs de la production, soit avec ceux de l'utilisation de nanomatériaux.

### 2.3.3 La population concernée par l'utilisation de nanomatériaux

**Après avoir déterminé les principaux concepteurs de nanoparticules, l'INRS effectue actuellement le dénombrement des entreprises œuvrant dans la transformation et l'utilisation de nanomatériaux.** Les secteurs d'activités utilisant les nanomatériaux pour des applications commerciales sont les suivants :

Secteur d'activité	Exemples d'applications actuelles et envisagées
<b>Automobile, aéronautique et espace</b>	<i>Matériaux renforcés et plus légers ; peintures extérieures avec effets de couleur, plus brillantes, anti rayures, anticorrosion et antisalissures ; capteurs optimisant les performances des moteurs ; détecteurs de glace sur</i>



Secteur d'activité	Exemples d'applications actuelles et envisagées
	<i>les ailes d'avion ; additifs pour diesel permettant une meilleure combustion ; pneumatiques plus durables et recyclables</i>
<b>Electronique et communications</b>	<i>Mémoires à haute densité et processeurs miniaturisés ; cellules solaires ; bibliothèques électroniques de poche ; ordinateurs et jeux électroniques ultra-rapides ; technologies sans fil ; écrans plats</i>
<b>Chimie et matériaux</b>	<i>Pigments ; poudres céramiques ; inhibiteurs de corrosion ; catalyseurs multifonctionnels ; vitres antissalissures et autonettoyantes ; textiles et revêtements antibactériens et ultra résistants ; membranes pour la séparation des matériaux (traitement de l'eau) ; couches ou multicouches fonctionnelles : isolation thermique</i>
<b>Pharmacie, biomédical et biotechnologie</b>	<i>Médicaments et agents actifs ; surfaces adhésives médicales anti-allergènes ; médicaments sur mesure délivrés uniquement à des organes précis ; surfaces biocompatibles pour implants ; vaccins oraux ; régénération des os et des tissus ; kits d'autodiagnostic</i>
<b>Cosmétique</b>	<i>Crèmes solaires transparentes ; pâtes à dentifrice plus abrasives ; maquillage et notamment rouge à lèvres avec une meilleure tenue</i>
<b>Santé</b>	<i>Appareils et moyens de diagnostic miniaturisés et nano détection ; tissus et implants munis de revêtements améliorant la biocompatibilité et la bioactivité ; capteurs multifonctionnels ; analyses d'ADN ; membranes pour dialyse ; destruction de tumeurs par chauffage ; thérapie génique ; nanovecteurs pour transfert de gènes ; microchirurgie et médecine réparatrice : nano-implants et prothèses</i>
<b>Energie</b>	<i>Cellules photovoltaïques nouvelle génération ; nouveaux types de batteries ; fenêtres intelligentes ; matériaux isolants plus efficaces ; photosynthèse artificielle (énergie « verte ») ; entreposage d'hydrogène combustible</i>
<b>Environnement et écologie</b>	<i>Diminution des émissions de dioxyde de carbone ; production d'eau ultrapure à partir d'eau de mer ; pesticides et fertilisants plus efficaces et moins dommageables ; couches non toxiques fonctionnelles de capteurs pour la dépollution environnementale ; récupération et recyclage des ressources existantes ; analyseurs chimiques spécifiques</i>
<b>Défense</b>	<i>Détecteurs et correcteurs d'agents chimiques et biologiques ; systèmes de surveillance miniaturisés ; systèmes de guidage plus précis ; textiles légers et qui se réparent d'eux mêmes</i>
<b>Secteur manufacturier</b>	<i>Ingénierie de précision pour la production de nouvelles générations de microscopes et d'instruments de mesure et de nouveaux outils pour manipuler la matière au niveau atomique</i>

**Tableau 6 : Secteurs d'activités utilisant les nanomatériaux pour des applications commerciales**

*Source : Dossier de l'INRS sur les nanomatériaux*

Près de 200 entreprises ont montré un intérêt en termes de développement futur ou d'utilisation des nanomatériaux : elles ont pu être recensées à travers leur inscription volontaire sur une base de données du MINEFE, leur participation à des forums ou à des congrès sur les nanotechnologies.

**La base de données du MINEFE ([www.nanomateriaux.org](http://www.nanomateriaux.org)) compte 53 sociétés qui se sont enregistrées sur la base du volontariat comme « transformateurs et utilisateurs de nanomatériaux ». Ce tableau est donc non exhaustif et de plus, n'a pas été actualisé depuis 2005.**

#### *2.3.4 Portée et limites de la segmentation des populations concernées*

**Cette segmentation en 3 grandes familles d'acteurs industriels ne prend pas en compte la population domestique** au contact des salariés intervenant dans la fabrication et la transformation des nanomatériaux. Les proches des personnels recensés peuvent en effet être exposés aux risques d'inhalation, de contact cutané ou d'ingestion de nanomatériaux résiduels sur les vêtements souillés ou la peau contaminée du fait des opérations aux postes de travail.

D'autre part, **les salariés d'entreprises extérieures intervenant sur les sites de production comme sous-traitants ou prestataires de service en diagnostic technique et contrôle ne sont pas comptabilisés dans la segmentation proposée**. Il s'agit néanmoins d'une population importante exposée de manière ponctuelle aux mêmes types de risques que les salariés recensés.

Toutefois, il est intéressant de souligner que cette segmentation permet **de mettre en valeur le risque de santé publique au niveau de la population générale** représenté par les nanomatériaux de par leurs multiples applications commerciales. Elle permet ainsi de **comprendre que la sécurité des consommateurs dépend des mesures de gestion des risques déployées par les industriels utilisateurs de nanomatériaux**.

Cette segmentation présente également l'intérêt de proposer **un ordre de grandeur du potentiel-client visé par les activités d'ingénierie sécurité pour les nanomatériaux**. En effet, hormis les consommateurs qui ne sont pas directement visés et les salariés des secteurs industriels utilisateurs de

nanomatériaux qui sont généralement au contact de nanomatériaux déjà intégrés dans des matrices et potentiellement moins dangereux, le personnel académique et les salariés des industries productrices et transformatrices forment la principale population intéressée par le développement d'une offre de produits et de services de protection face aux risques des nanomatériaux.

**Au niveau mondial, on estime qu'à l'horizon 2015, plus de 2 millions de personnes dans le monde auront une activité dans le domaine des nanotechnologies.**

**A ce jour, 8 500 personnes sont donc directement exposées aux risques potentiels des nanomatériaux et constituent le marché cible prioritaire d'une offre marchande de protection des risques liés aux nanomatériaux.** Ce chiffre est à mettre en regard avec les résultats de l'enquête SUMER 2003<sup>2</sup> estimant à 2,3 millions le nombre de travailleurs en France exposés à des cancérogènes et 370 000 celui de ceux exposés à des mutagènes et toxiques pour la reproduction.

**Cette segmentation des populations industrielles concernées a servi de cadre d'analyse aux activités d'ingénierie sécurité pouvant se structurer autour de l'industrialisation des nanomatériaux.** En effet, les risques professionnels sont au centre des préoccupations du présent rapport et constituent le premier axe d'actions à considérer en l'état actuel des connaissances scientifiques sur les nanomatériaux.

---

<sup>2</sup> SUMER, seconde enquête en 10 ans, porte sur les expositions professionnelles de différentes natures : nuisances physiques, expositions biologiques ou chimiques et contraintes organisationnelles. Elle a été menée par le ministère, DARES et DRT (Inspection médicale du Travail), avec la collaboration de la médecine du travail. 50 000 salariés ont été interrogés par 1 800 médecins du travail.

---

### 3 DEFINITION DU PERIMETRE DE L'INGENIERIE SECURITE POUR LES NANOMATERIAUX

---

#### 3.1 ANALYSE COMPARATIVE DE FILIERES A RISQUES : LES MODALITES DE LA STRUCTURATION DES ACTIVITES D'INGENIERIE SECURITE DANS LES FILIERES INDUSTRIELLES MATURES

*L'analyse a vocation à identifier les bonnes pratiques déjà mises en œuvre dans des secteurs industriels matures (industries chimique, pharmaceutique, nucléaire, filière bois, traitement des déchets) sur les questions de santé et sécurité au travail afin de mieux déceler dans un second temps les éléments applicables aux développements industriels des nanomatériaux. Aussi, les risques liés à l'utilisation des nanomatériaux par la population générale (groupe C du cycle de vie des nanomatériaux) ne sont-ils pas abordés dans cette partie de l'étude.*

Il s'agit donc de **dresser un état des lieux transsectoriel dans les domaines de la compréhension, de l'évaluation et de la gestion des risques** dans les secteurs industriels concernés par un haut niveau de risques.

L'ensemble des industries élaborant, stockant, manipulant ou utilisant des produits sensibles et substances dangereuses est **confronté aux mêmes types de risques professionnels, sanitaires et environnementaux qui entraînent des stratégies de prévention et de gestion similaires ou proches et mobilisent les mêmes catégories d'acteurs** pour les études préalables, les mesures, les contrôles, la mise en œuvre de procédures et d'outils préventifs.

##### **3.1.1 Typologie des principaux risques rencontrés dans les différentes filières industrielles étudiées**

➤ Sur le lieu de travail, dans les secteurs d'activités à risques, les mêmes types de risques sont rencontrés en fonctionnement normal. Ils constituent des risques uniquement pour le personnel du site industriel:

- le risque lié aux agents chimiques cancérigènes
- le risque lié à l'exposition aux agents biologiques
- le risque lié aux agents physiques cancérigènes (rayons ionisants)

**Les risques liés aux produits et substances potentiellement génotoxiques regroupés dans la catégorie CMR** (*cancérigène, mutagène et/ou toxiques pour la reproduction*)

- le risque lié aux aérosols
- le risque lié aux pulvérulents

**Les risques liés à la qualité de l'air ambiant**

L'ensemble de ces risques professionnels pouvant survenir aux postes de travail en fonctionnement normal découle de l'essence même des activités industrielles et concerne des problématiques d'hygiène industrielle et de santé des travailleurs. On peut les regrouper sous le terme générique « **risques professionnels en fonctionnement normal** ». L'évaluation du risque professionnel résulte d'une opération mettant en regard le danger de la substance (sa toxicité) et le niveau d'exposition du travailleur (la pollution subsistant aux postes de travail malgré les mesures de protection adoptées).

➤ Les activités industrielles produisant ou manipulant des produits sensibles présentent d'autres types de risques de caractère accidentel, et donc plus exceptionnels. La particularité de ces risques industriels accidentels réside dans leur double impact : ils touchent en premier lieu le personnel mais présentent aussi des risques pour la population et l'écosystème environnant. L'exemple typique est celui de la catastrophe d'AZF en 2001.

- le risque d'explosion
- le risque d'inflammation
- le risque d'incendie
- le risque de transferts de polluants gazeux et aérosols dans l'atmosphère
- le risque de dispersion de gaz toxiques
- les risques d'accidents technologiques<sup>3</sup>

**Les risques industriels accidentels**

<sup>3</sup> Exemples : défaillance du système, erreur humaine, emballement réactionnel (réactions chimiques), causes externes (aléas naturels, alimentation électrique), incident sur une installation voisine (effet domino), malveillance

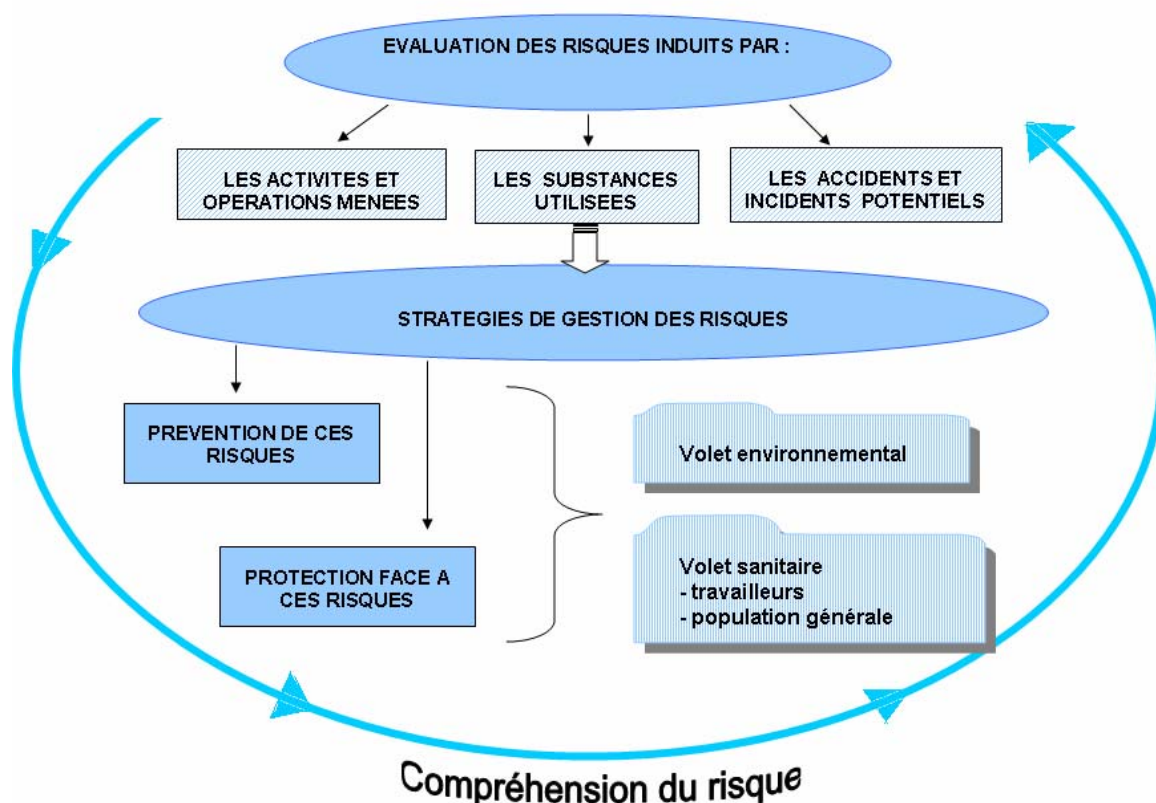
**La notion de risques industriels repose en effet sur la combinaison de l'aléa industriel** (la probabilité qu'un phénomène accidentel se produise) **et des enjeux en termes de conséquences sur les populations, les biens, l'environnement et le milieu naturel.** On parle de risque industriel dès lors qu'un phénomène dangereux est susceptible de menacer des personnes, des biens et/ou l'environnement. Ces risques accidentels concernent des problématiques de sécurité au travail.

**Dès lors, 2 grandes catégories de risques se distinguent :**

	Risques industriels en fonctionnement normal	Risques industriels accidentels
Cibles concernées par le risque	Le personnel du site industriel, notamment aux postes de travail	Le personnel + les biens/les personnes/l'environnement avoisinant
Enjeux de prévention du risque	Hygiène et santé des travailleurs	Sécurité du site et des procédés industriels
Modalités d'occurrence du risque	En fonctionnement normal	Accidents déclenchés par une cause particulière (défaillance du système, erreur humaine)

### ***3.1.2 Les mesures de prévention et de protection face à ces risques***

**Pour l'ensemble des industries à risques, on observe une même démarche d'évaluation des risques tournée vers les mêmes enjeux stratégiques de gestion de ces risques.** Autrement dit, le même cadre de référence est à l'œuvre pour la maîtrise des risques liés aux activités industrielles.



**Figure 4 : La démarche stratégique d'évaluation et de gestion des risques appliquée dans les industries à risques**

*Source : Analyse Développement&Conseil, 2008*

Ce cadre de référence favorise un déploiement similaire de mesures de prévention et de protection dans les différentes activités industrielles à risques. Ces mesures intègrent à la fois des procédures et des équipements.

➤ **La prévention des risques** correspond à l'ensemble des mesures prises en amont pour éviter que le risque potentiel ne produise un phénomène dangereux ou infectieux, c'est-à-dire pour réduire le risque.

On peut distinguer 4 grandes catégories de mesures de prévention qui peuvent être illustrées par des exemples précis pris dans le domaine de la chimie, dans celui des activités liées à l'amiante et dans les établissements industriels classés Seveso:

*Si l'information du personnel au sujet des risques auxquels il est exposé est une constante dans les activités à risques imposée par le Code du Travail, elle est mise en œuvre de différentes manières selon les secteurs d'activités et les types de risques.*

	Mesures de nature organisationnelle	Mesures de nature informationnelle	Mesures de surveillance	Mesures de management global de la sécurité
<b>Chimie et pharmacie</b>	<p><b>Temps et la durée du travail</b> et des expositions</p> <p><b>Consignes d'hygiène du personnel</b></p> <p><b>Organisation de l'activité</b> en vue du maintien de l'ordre</p> <p><b>Propreté</b> assurée par un personnel qualifié</p> <p><b>Balisage des zones de stockage</b> des produits et des déchets</p>	<p><b>Etiquetage sur les récipients</b> pour informer des propriétés dangereuses de la substance</p> <p><b>Fiches de données sécurité pour les substances toxiques et nocives</b> (FDS) qui fournit pour chaque produit chimique, des informations complémentaires sur la sécurité, la sauvegarde de la santé et de l'environnement et qui indique les moyens de protection ainsi que les mesures à prendre en cas d'urgence</p>		<p><b>Actions du CHSCT</b> (Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- analyse des conditions de travail et des risques professionnels auxquels peuvent être exposés les salariés</li> <li>- vérification du respect des prescriptions réglementaires et de la mise en œuvre des mesures de prévention</li> <li>- information et sensibilisation à la prévention</li> </ul>



	Mesures de nature organisationnelle	Mesures de nature informationnelle	Mesures de surveillance	Mesures de management global de la sécurité
<b>Installations présentant des risques industriels classées Seveso</b>	<p><b>Réduction du risque à la source</b></p> <p><b>Maîtrise des procédés et de l'exploitation des installations</b> dans tous leurs modes de fonctionnement</p> <p><b>Gestion des modifications apportées aux installations et aux procédés</b></p> <p><b>Gestion du retour d'expérience</b> pour mettre en évidence les défaillances et y remédier</p> <p><b>Distribution des rôles pour la prévention et le traitement des accidents</b></p> <p>Mise en place d'un <b>plan d'opération interne</b> (POI) pour définir les moyens propres et l'organisation à déployer pour <b>maîtriser un accident circonscrit à l'établissement</b></p>	<p><b>Diffusion d'une information large touchant les collectivités territoriales</b> et les populations voisines du site. A ces fins, sont réalisés</p> <p><b>Etudes d'impact</b> pour les installations classées ou des études de dangers pour les installations Seveso qui doivent recenser les sources et types de risques ainsi que l'analyse des moyens à mettre en œuvre pour gérer ces risques</p> <p><b>Campagnes de communication</b> avec les habitants de la zone voisine délimitée par les autorités locales.</p>	<p><b>Surveillance médicale</b> renforcée des travailleurs</p> <p><b>Surveillance en continu des milieux de travail</b>, des expositions individuelles et de l'environnement avec des instruments de détection et d'analyse</p> <p><b>Inspection et le contrôle technique des installations et des systèmes de protection</b></p>	<p><b>Politique de Prévention des Accidents Majeurs (PPAM)</b> qui recense les dispositions à prendre pour minimiser les risques d'accidents majeurs et en limiter les conséquences</p> <p><b>Système de Gestion de la Sécurité (SGS)</b> qui définit l'organisation, les fonctions des personnels, les procédures et ressources qui permettent de mettre en œuvre la PPAM</p> <p><b>Système de management de la santé et de la sécurité au travail (SMS)</b> doit être mis en place et intégré au management global de l'entreprise en vertu des précisions sur l'évaluation des risques professionnelles mentionnées dans le document unique</p> <p><b>Actions du CHSCT</b></p>
<b>Activités liées à l'amiante</b>		<p><b>Notices de postes</b></p> <p><b>Formation à la sécurité</b> centrée sur les produits susceptibles de contenir de l'amiante, sur les modalités de travail recommandées et sur le rôle et l'utilisation des équipements de protection individuelle et collective</p> <p><b>Fiches d'exposition</b> précisant pour chaque employeur les procédés de travail et les équipements utilisés</p>		

**Tableau 7 : Synthèse des mesures de prévention des risques dans 3 familles d'activités industrielles à risques**

*Source : Développement & Conseil, 2008*

➤ **La protection face à ces risques** regroupe un ensemble de mesures techniques et de dispositions pour le stockage des déchets destinées à diminuer le niveau d'exposition des travailleurs. L'aménagement des locaux et le matériel de sécurité représentent ainsi deux niveaux de protection face à ces risques.

Une segmentation en 3 grands types de protection peut être retenue à partir de l'exemple du secteur de la chimie / pharmacie :

	Equipements de protection collective	Equipements de protection individuelle	Gestion des déchets
<b>Chimie et pharmacie</b>	<p>EPC pouvant être regroupés en 3 catégories :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Matériel de confinement</b> : enceintes de sécurité comme les sorbonnes, les hottes à flux laminaires, les boîtes à gants... choisis en fonction du niveau de sécurité à atteindre</li> <li>- <b>Dispositif de ventilation</b></li> <li>- <b>Système de filtration</b></li> </ul>	<p><b>4 types d'équipement EPI<sup>4</sup></b> afin de protéger le corps, les yeux, les mains et les voies respiratoires du personnel de laboratoires</p>	<p><b>Réglementation spécifique transsectorielle</b></p> <p>Le stockage avant élimination des déchets nécessite <b>l'utilisation d'emballages résistants et étanches et prend place dans un local de stockage central</b></p> <p>Il faut ensuite faire appel à des <b>sociétés spécialisées et agréées pour la récupération et le traitement des déchets toxiques</b></p>

<sup>4</sup> Les EPI sont classés par le SYNAMAP en 8 familles : protection de la tête, yeux, ouïe, voies respiratoires, mains, pieds, corps, chutes de hauteur

### 3.2 LA CHAÎNE DE VALEUR D'ENSEMBLE DE L'INGÉNIERIE SÉCURITÉ

Le benchmark des processus de mise en œuvre de la sécurisation des filières industrielles matures, réalisé lors de la phase 2 de l'étude, a permis de **dégager l'ensemble des compétences et des activités transverses nécessaires au management des risques** dans ses dimensions techniques, technologiques, juridiques, économiques, sociales et environnementales. En effet, l'ensemble des industries élaborant, stockant, manipulant ou utilisant des produits sensibles et substances dangereuses est **confronté aux mêmes types de risques** en fonctionnement normal (hygiène, santé et sécurité du personnel) et de risques accidentels (sanitaires et environnementaux) **qui entraînent des stratégies de prévention et de gestion similaires ou proches et mobilisent les mêmes catégories d'acteurs** pour les études préalables, les mesures, les contrôles, la mise en œuvre de procédures et d'outils préventifs.

Pour parvenir à cerner les contours de la filière d'ingénierie sécurité qui pourrait s'appliquer spécifiquement aux nanomatériaux, **il est apparu essentiel d'établir dans un premier temps la schématisation de la filière d'ensemble de l'ingénierie sécurité, qui s'applique indistinctement aux différentes industries à risques.**

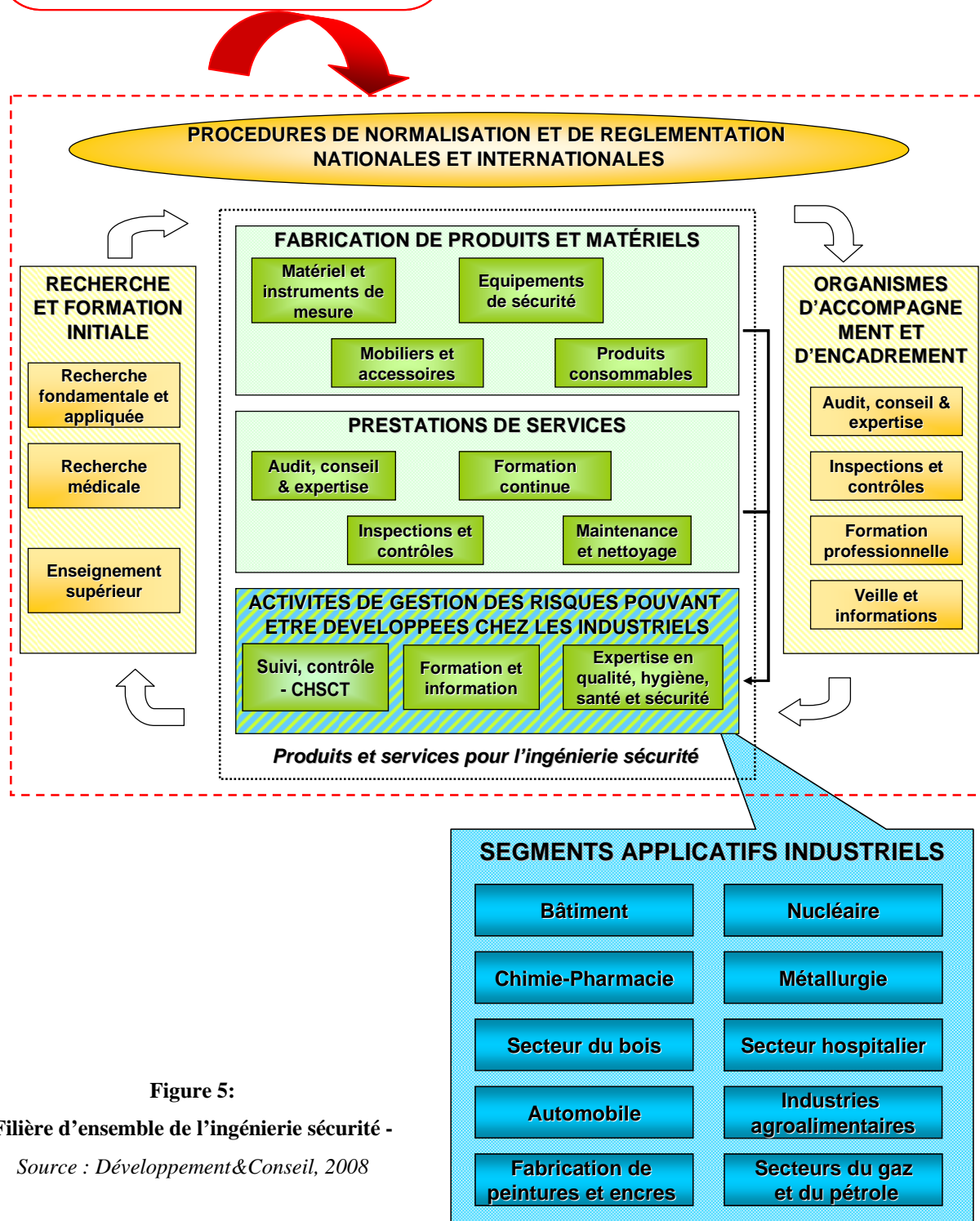
Nos analyses ont ensuite montré que **cette chaîne de valeur et les différents maillons qui la composent serviront également de cadre au déploiement des activités de sécurisation dédiée aux applications industrielles des nanomatériaux.**

Cette filière transverse aux différents secteurs industriels à risques se structure autour de 4 **dimensions sécuritaires spécifiques** : la métrologie, la sûreté des installations, la sécurité du personnel, la protection de l'environnement et de la population générale. Ces 4 aspects de la sécurité nécessaires pour garantir une activité industrielle propre et sûre constituent les champs d'investigation des différents maillons de la filière.

#### 3.2.1 Schématisation globale de la filière d'ingénierie sécurité

**THÉMATIQUES STRUCTURANT LES ACTIVITÉS D'INGÉNIERIE SÉCURITÉ :**

- **Métrologie**
- **Sûreté des installations**
- **Sécurité du personnel**
- **Protection de la population et de l'environnement**



**Figure 5:**

Filière d'ensemble de l'ingénierie sécurité -

Source : Développement&Conseil, 2008

**Le maillon central** de cette filière rassemble les activités économiques générées par la sécurisation des secteurs industriels. **3 niches d'activités** ont été répertoriées :

- la fabrication de produits et de matériel commercialisables
- les prestations de services marchands
- les activités mises en œuvre en interne dans les entreprises donnant lieu à des créations d'emploi et à des développement-process ou produit

Autour de ce maillon central, **on trouve les maillons d'appui et de soutien** dédiés à l'ingénierie sécurité, composés essentiellement d'acteurs publics, semi-publics ou para-publics. Ces maillons sont :

- les procédures de normalisation et de réglementation
- la recherche et la formation initiale
- les organismes d'accompagnement et d'encadrement

**Chacun de ces maillons se segmente en plusieurs domaines de compétences et d'activités.**

Enfin, en aval de la filière, une liste non-exhaustive des **principaux secteurs d'application** des procédés et procédures de l'ingénierie sécurité est établie. Il s'agit des secteurs industriels dits « à risques ».

### **3.2.2 Les activités de produits et services pour l'ingénierie sécurité**

**Deux grandes niches d'activités du maillon central de la filière ingénierie sécurité, proposent une offre de produits et services marchands. Cette offre recense 63 métiers que l'on peut regrouper en 3 grandes familles d'acteurs :**

- les fabricants de matériels de mesure, mobiliers, équipements et produits consommables
- les bureaux d'études : cabinets d'ingénieurs conseils et entreprises de conception
- les sociétés prestataires de services : sociétés de formation, de contrôle, de nettoyage, de maintenance

## FABRICATION DE PRODUITS ET MATÉRIELS

Développement  
de la métrologie

Sûreté des  
installations

Sûreté du personnel

Protection de  
l'environnement et de  
la population générale

### MATERIELS ET INSTRUMENTS DE MESURE

- Fabricants d'appareils de métrologie
- Constructeurs d'appareils de mesure pour le contrôle des eaux de process
- SSII: création de logiciels de calculs de prélèvement et dépôt
- SSII: création de logiciels de mesurage en continu des paramètres
- Fournisseurs de bancs d'essais expérimentaux

### MOBILIERS ET ACCESSOIRES

- Matériels et équipements de mesures de laboratoires

- Fabricants et installateurs de cloisons
- Construction et pose de matériels électriques
- Fabricants de mobiliers équipant les salles propres et leurs sas
- Fabricants de plafonds répondant aux critères spécifiques des salles propres
- Fabricants de sols et de planchers perforés et surélevés
- Fabricants de portes compatibles avec les salles propres
- constructeurs d'appareils pour stérilisation de surfaces
- Fabricants de systèmes de traitement des impuretés dans les gaz et les liquides
- Fabricants d'équipements de lavage industriel

- Fabricants d'emballages spéciaux pour déchets préjudiciables

### EQUIPEMENTS DE SECURITE

- Ensembliers: sociétés intégrant d'autres sociétés spécialisées pour assembler les éléments de la salle propre
- Constructeurs d'équipements de traitement d'air
- Fabricants d'EPC de ventilation et filtration
- Fabricants d'EPC: encoffrement, enceintes ventilées et Poste de Sûreté Microbiologique
- Fabricants d'isolateurs entre un environnement maîtrisé interne et l'extérieur

- Fabricants d'EPI face à l'inhalation
- Fabricants d'EPI pour les yeux
- Fabricants d'EPI pour le corps
- Fabricants d'isolateurs (barrières physiques étanches) entre un procédé et le personnel

- Fabricants de technologies de transports de produits instables ou dangereux.

### PRODUITS CONSOMMABLES

- Fabricants d'EPI consommables: gants, tenues jetables ou réutilisables, charlottes
- Fabricants de produits consommables: tissus d'essuyages, supports papiers



## PRESTATIONS DE SERVICES

### Développement de la métrologie

### Sûreté des installations

### Sûreté du personnel

### Protection de l'environnement et de la population générale

#### AUDIT, CONSEIL & EXPERTISE

- Ingénierie et bureaux d'études
- Prestations de mesurages des fluides de process
- Prestations de mesurages des paramètres de salles propres
- Prestations de services d'analyses en laboratoires
- Laboratoires d'analyse des prélèvements et dépôts accrédités

- Editeurs techniques
- Ingénierie et bureaux d'études pour la conception d'un projet de salle propre
- Ingénieries spécialisées de process propre assurant la conception d'un projet en intégrant les équipements de production et l'environnement d'une entreprise
- Sociétés d'audit des risques

- Editeurs techniques
- Ingénierie et bureaux d'études
- Cabinets de conseil en QHSE

- Ingénierie et bureaux d'études
- Organismes agréés pour rédiger des études d'impacts et de dangers
- Etudes techniques d'optimisation des rejets et pollutions
- Cabinets de conseil

#### FORMATION CONTINUE

- Sociétés formant le personnel aux mesures de sécurité en salles propres
- Sociétés et centres de formation: sécurité au travail

- Sociétés formant le personnel aux mesures de sécurité en salles propres
- Sociétés et centres de formations : santé au travail, risques professionnels

- Sociétés formant aux enjeux environnementaux: dossier ICPE, gestion des déchets...

#### INSPECTIONS ET CONTROLES

- Diagnostic des conduits aérauliques
- Qualification des équipements et des matériels intégrés
- Organismes de contrôles des risques, des équipements ou des constructions agréés

- Sociétés agréées pour les contrôles aux postes de travail

- Sociétés agréées pour contrôler les véhicules de matières dangereuses

#### MAINTENANCE ET NETTOYAGE

- Sociétés de maintenance des appareils de mesures

- Sociétés de nettoyages pour la mise à blancs des salles propres
- Hygiénisation des réseaux aérauliques
- Installation et maintenance d'un réseau de traitement d'air
- Maintenance d'une installation complète
- Maintenance de tous les équipements et matériels intégrés

- Sociétés de nettoyages pour la mise en propreté périodique des surfaces

- Sociétés de collecte et de transports des déchets à risques
- Usines de traitement et d'élimination des déchets
- Sociétés de remédiation et dépollution des sols

Ce recensement s'approche des analyses de l'ASPEC, l'Association pour la Protection et l'Etude de la Contamination qui regroupe des entreprises fournissant ou utilisant des salles propres. Ce secteur d'activité constitue le cœur de cible des activités d'ingénierie sécurité car les problématiques de maîtrise de la contamination et de l'ultra-propreté intègrent la prévention des principaux risques professionnels et sanitaires et s'appliquent à la plupart des secteurs industriels dans une logique transsectorielle.

Les **184 entreprises** membres de l'Association qui interviennent dans la conception et la maintenance des salles propres, sont en effet classées dans une base de données répertoriant **52 métiers**. Les adhérents sont essentiellement concentrés dans les métiers suivants :

	Ingénierie	Traitement de l'air	Assemblage de salle propre	Fabrication produits consommables et EPI	Formation	Mesurage en salles propres	Analyse en laboratoires	Confinement
<b>Nombre d'entreprises</b>	<b>50</b>	<b>37</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>8<sup>5</sup></b>

On peut estimer que **ces chiffres représentent 50% des entreprises françaises qui ont la maîtrise de la contamination comme cœur de métier**. Néanmoins, ces métiers ne constituent souvent qu'une des activités de grandes entreprises aux marchés diversifiés comme en témoigne l'exemple de Gerflor, fabricants de revêtements de sols en PVC pour les particuliers mais aussi pour les hôpitaux.

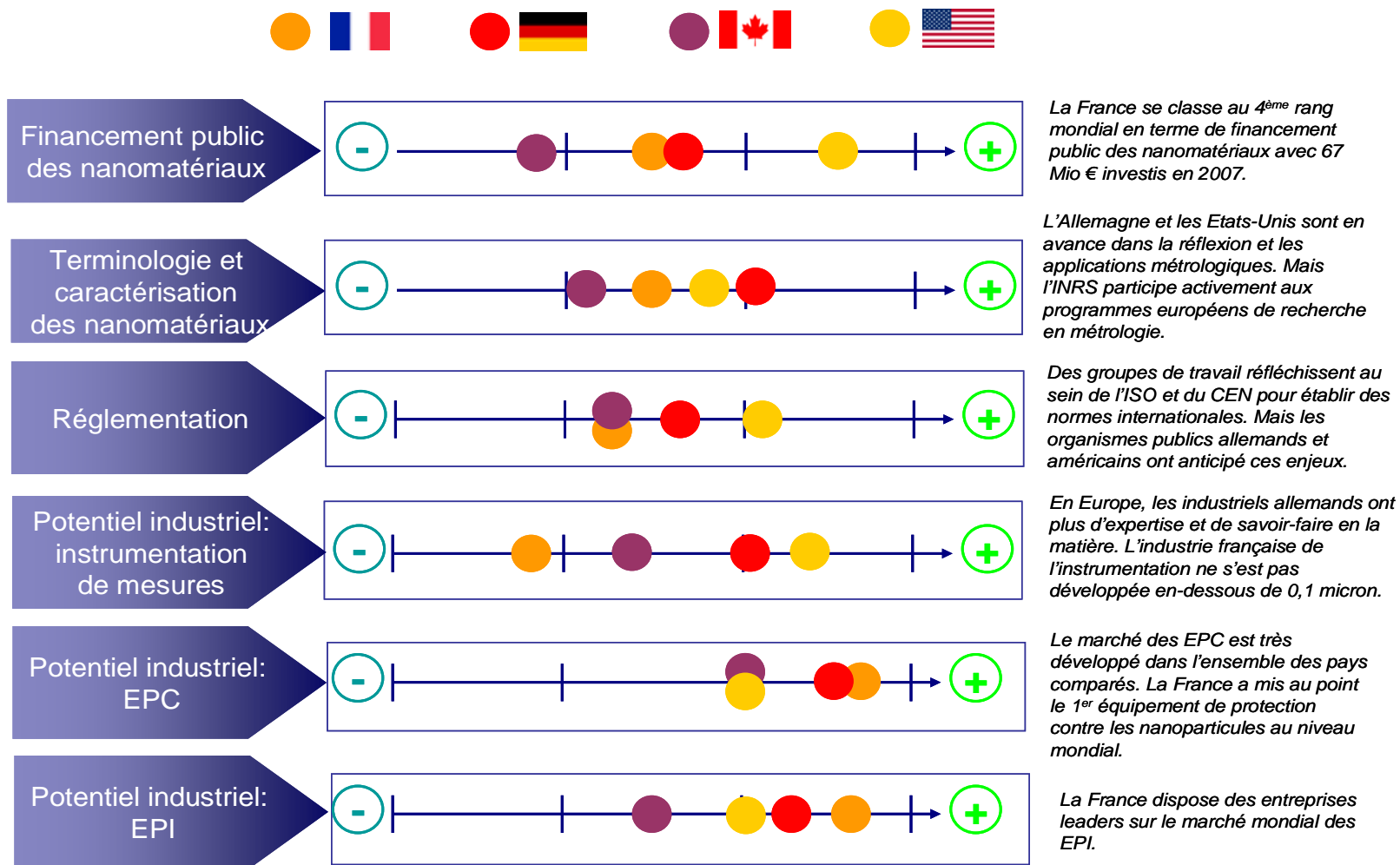
---

<sup>5</sup> Il s'agit essentiellement de fabricants d'enceintes ventilées et de PSM.



### **3.3 LE POSITIONNEMENT DE LA FRANCE EN MATIERE DE STRUCTURATION DES ACTIVITES D'INGENIERIE SECURITE DANS UNE PERSPECTIVE EUROPEENNE ET INTERNATIONALE**

Une comparaison de la France avec 3 autres pays largement impliqués dans un processus de sécurisation des activités industrielles liées aux nanomatériaux a été effectuée afin d'apprécier qualitativement le positionnement français sur les principaux enjeux relatifs au déploiement d'une industrialisation sécurisée des nanomatériaux. Ce benchmark vise à établir les potentialités françaises en matière de structuration d'activités d'ingénierie sécurité dédiée aux nanomatériaux. Il se fonde sur une analyse critique du rapport sur l'Atelier de l'OCDE organisé autour de la thématique « *La Sécurité des nanomatériaux manufacturés* » ainsi que sur les données contenues dans le dossier de l'IRSST intitulé « *Nanoparticules : connaissances actuelles sur les risques et les mesures de prévention en santé et sécurité du travail* ».



**Figure 6 : Positionnement français sur les principaux enjeux relatifs au déploiement d'une industrialisation sécurisée des nanomatériaux**

Source : Analyse Développement&Conseil, 2008

---

## 4 IDENTIFICATION DES ORIENTATIONS STRATEGIQUES DE L'ACTION PUBLIQUE POUR STRUCTURER UNE FILIERE INGENIERIE SECURITE DEDIEE AUX NANOMATERIAUX

---

### 4.1 LES BESOINS ET ATTENTES DES INDUSTRIELS FRANÇAIS EN MATIERE D'INGENIERIE SECURITE AUTOUR DES NANOMATERIAUX

Afin de parvenir à structurer une filière d'ingénierie sécurité autour des nanomatériaux et de produire des matrices déterminant les procédures sécuritaires spécifiques à mettre en œuvre, un certain nombre de besoins ont été exprimés par les experts de la sécurité issus du monde industriel et de la recherche.

Pour cette analyse, la priorisation des besoins constitue un aspect essentiel. En effet, ces besoins prennent place dans le cadre d'une problématique émergente (la « nanosécurité ») qui s'inscrit elle-même dans le développement récent et rapide d'un secteur émergent (les nanotechnologies).

☑ **Fixer un seuil d'exposition à garantir aux postes de travail.** La question qui doit être résolue dans un premier temps pour savoir quelles procédures sécuritaires peuvent être transférées et quels produits en termes d'EPI et d'EPC peuvent être utilisés concerne la détermination du niveau de protection à mettre en place face aux nanomatériaux.

*Plus qu'un guide de bonnes pratiques, les industriels attendent des lignes directrices à portée technique avec des renseignements opérationnels sur les dispositifs de sécurité et le matériel de protection à déployer.*

☑ **Disposer des normes encadrant l'industrialisation des nanomatériaux.** La normalisation permettra aux industriels de cibler leurs programmes de R&D et d'éviter des investissements inutiles sur des nanomatériaux qui pourraient être interdits par la suite. Dans ce domaine encore, certains industriels ont souligné la nécessité de réglementer la commercialisation des nanomatériaux et de leur transport afin de garantir une gestion globale de la sécurité à l'échelle de la supply chain. L'enjeu sous-jacent de cette question se situe également au niveau de la législation entourant l'importation des nanomatériaux.

☑ Les fédérations professionnelles des entreprises utilisatrices de nanomatériaux insistent particulièrement sur le **besoin de traçabilité des produits contenant des nanomatériaux**. L'étiquetage des nanomatériaux fondé sur le principe de déclaration ainsi que la publication d'une liste recensant l'ensemble des produits élaborés à partir de nanomatériaux favoriseraient la traçabilité des substances nanométriques incorporées dans les produits utilisés par les industries situées en aval de la chaîne industrielle des nanomatériaux.

*Si ce principe est déjà largement appliqué pour un grand nombre de substances chimiques toxiques par l'intermédiaire des Fiches de Données de Sécurité (FDS), il doit être entendu aux nanomatériaux.*

☑ **Développer une offre d'instruments de mesures adaptés aux contrôles et au suivi des expositions** dans les entreprises par du personnel interne ou par des prestataires de service externes forme également un besoin pressant. Il s'agit en effet de concevoir une offre de produits de mesurage transportables, plus faciles à utiliser et moins onéreux que les appareils existants dans les centres de recherche publics.

☑ **Soutenir la formation continue** aux problématiques sécuritaires soulevées par les nanomatériaux fait l'objet d'une forte demande. Il s'agit en effet de former prioritairement les préventeurs industriels et les ingénieurs conseils des organismes publics aux bonnes pratiques de prévention et de protection à mettre en œuvre dans les entreprises en contact avec des nanomatériaux, mais aussi les dirigeants de sociétés qui veulent développer une activité autour des nanomatériaux<sup>6</sup>.

	2006	2007	depuis le 01/012008
<b>nombre d'entreprises ayant demandé un conseil sur la sécurisation des procédés industriels liés aux nanomatériaux</b>	8	12	12

*La formation professionnelle doit être étendue aux fabricants, distributeurs et installateurs d'équipements de protection collective, notamment des appareils de filtration et de confinement, qui ignorent le degré d'efficacité de leurs produits contre les nanomatériaux.*

---

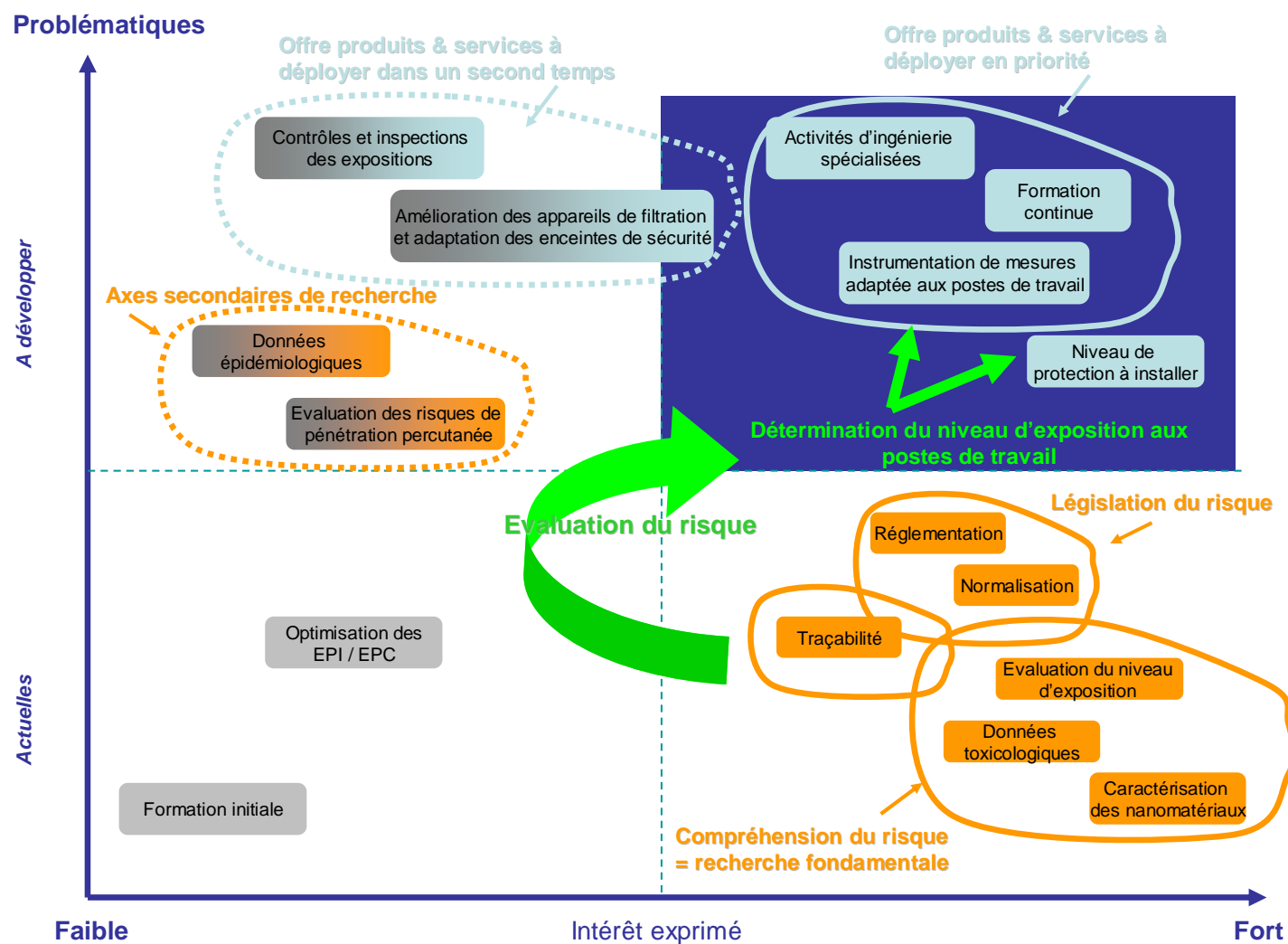
<sup>6</sup> Le département « expertise et conseil technique » de l'INRS a en effet constaté une croissance forte des demandes des entreprises concernant la protection à déployer face aux nanomatériaux.

☑ **Développer une offre de services en audit, conseil et expertise technique** délivrée par des bureaux d'études spécialisés dans l'ingénierie sécurité des nanomatériaux peut être envisagé. Ces activités d'ingénierie et d'études techniques viseraient des PME positionnées sur l'intégration des nanomatériaux, des grands groupes producteurs faisant de la R&D mais aussi des laboratoires de recherche universitaire. Ces prestations seraient le fruit d'une diversification de l'offre de sociétés assurant déjà la conception de projets de salle propre ou d'enceintes de confinement, ou de l'évolution de bureaux d'études déjà positionnés dans le domaine de la gestion du risque chimique vers le segment de marché des nanomatériaux.

*En effet, vu le degré d'expertise technique et scientifique que nécessite l'ingénierie dans les nanomatériaux, seuls des bureaux d'études déjà initiés à la conception de système de protection industrielle seront à même de se positionner sur ce nouveau marché. Cette analyse peut notamment être illustrée par le cas du bureau d'études Faure Ingénierie qui a su capitaliser son expérience dans la conception et la réalisation de salles blanches et de systèmes de traitement d'air pour réaliser une enceinte de confinement adaptée aux besoins de son client industriel qui faisait de la recherche sur nanoparticules.*

☑ **Vérifier la qualification des EPI et EPC existant face au niveau de protection exigé par les nanomatériaux.** Cela constitue un besoin à même d'orienter les préventeurs sur les meilleurs équipements à déployer et éventuellement de soulever les axes d'optimisation à apporter notamment aux appareils de filtration et aux postes de sécurité. Un document publié par le comité d'experts européen dans le cadre de Nanosafe porte d'ailleurs sur l'évaluation de l'efficacité des moyens de protection conventionnels à l'encontre des nanomatériaux.

☑ Un aspect de la protection à mettre en œuvre face aux nanomatériaux semble absent des thématiques de recherche des experts scientifiques et médicaux. En effet, les recherches se concentrent aujourd'hui essentiellement sur l'observation des nanoparticules et l'évaluation des risques d'inhalation. Or, **les risques de pénétration percutanée constituent un enjeu important de la sécurisation des procédés industriels touchant aux nanomatériaux** et ils doivent faire l'objet d'études scientifiques et médicales afin de mieux les caractériser.

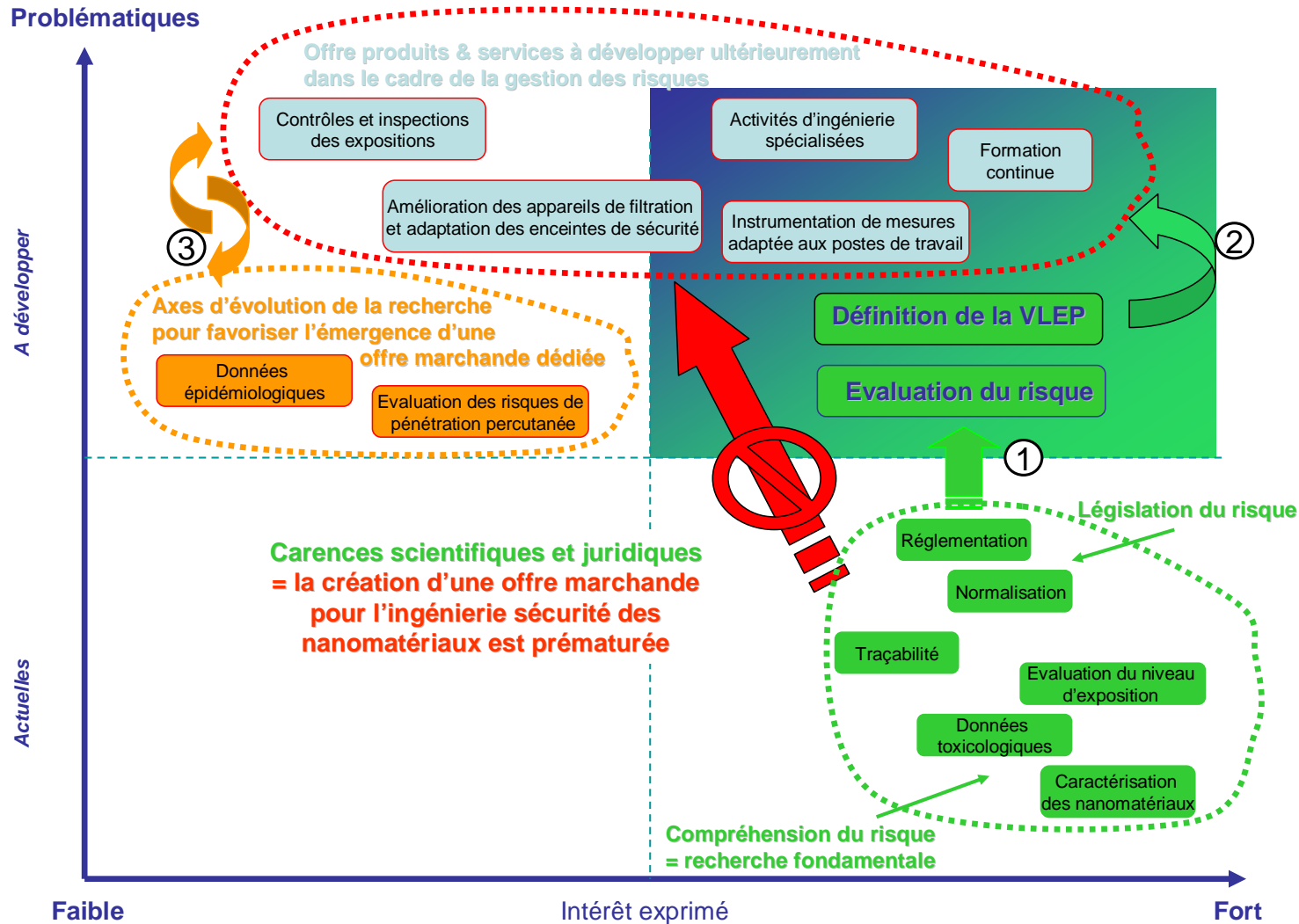


**Figure 7 : Priorisation des besoins des industriels en matière d'ingénierie sécurité pour les nanomatériaux**

*Source Développement&Conseil, 2008*

#### **4.2 LES CARENCES RENCONTREES POUR STRUCTURER UNE FILIERE D'INGENIERIE SECURITE ADAPTEE AUX NANOMATERIAUX**

Si la structuration de l'ingénierie sécurité dédiée aux nanomatériaux correspond bien à une demande des industriels et si un marché potentiel se dessine autour de cette offre, il apparaît néanmoins que la mise en œuvre de cette offre de produits et services adaptée à l'industrialisation des nanomatériaux est prématurée. L'état actuel de la connaissance scientifique ainsi que l'absence de toute normalisation précisant la place des nanomatériaux au sein des différentes réglementations ne permettent pas à l'heure actuelle de mettre en place une gestion des risques spécifiquement conçue pour les nanomatériaux.



**Figure 8 : Synthèse des freins au développement rapide d'une offre marchande pour l'ingénierie sécurité des nanomatériaux**  
*Source Développement&Conseil 2008*

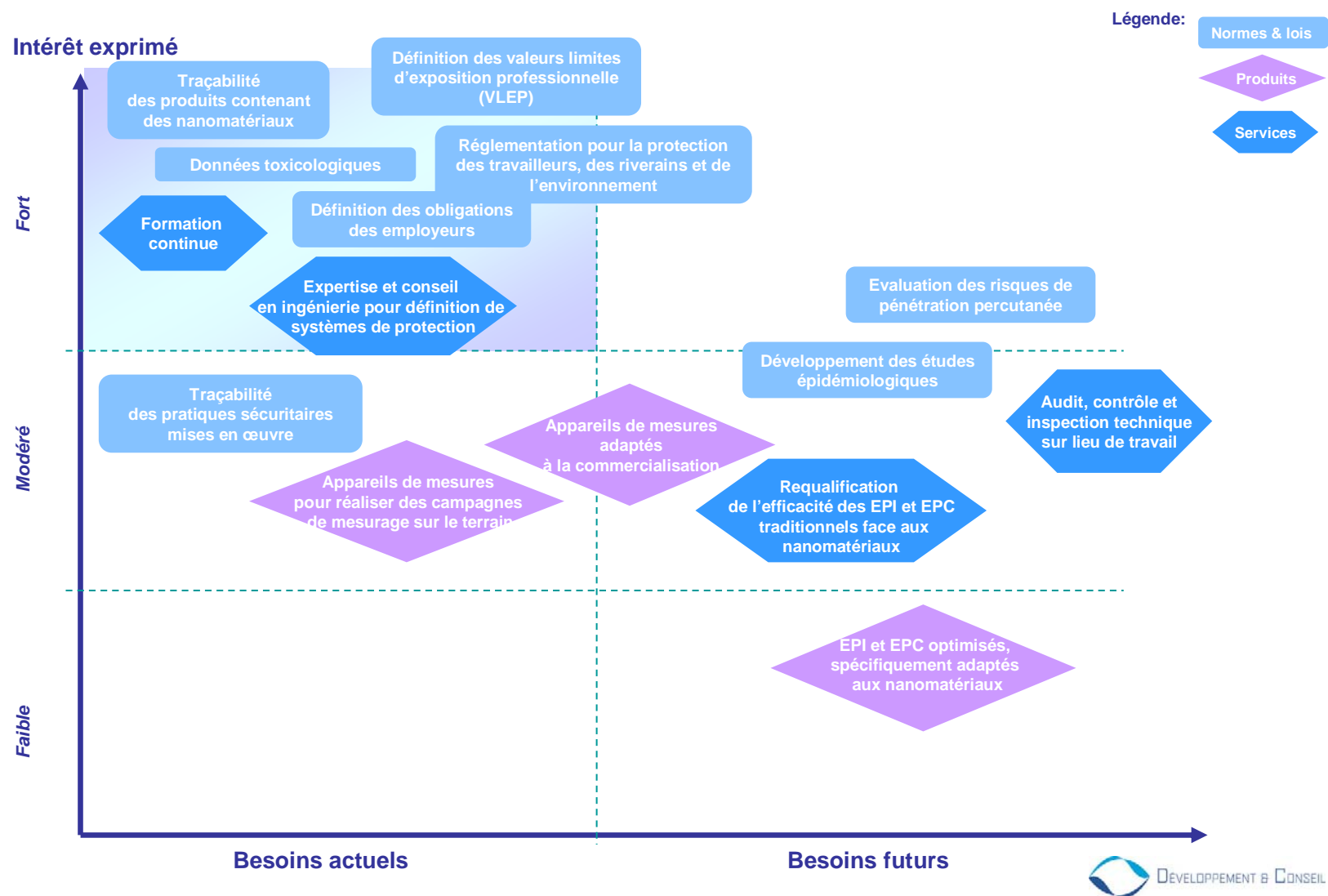


### 4.3 SYNTHÈSE : HIERARCHISATION DES BESOINS EN FONCTION DES CARENCES RÉGLEMENTAIRES ET SCIENTIFIQUES

La mise en perspective des besoins exprimés par les acteurs industriels avec les carences actuelles d'ordre réglementaire et scientifique retardant la mise en œuvre de réponses appropriées permet d'établir **une hiérarchisation des enjeux de la structuration** de la nouvelle filière d'ingénierie sécurité.

Le synoptique suivant présente **une typologie des besoins qui ont été dégagés en matière de sécurisation des opérations liées à la conception ou à l'utilisation des nanomatériaux**. Cette typologie permet de mettre en valeur :

- **la hiérarchisation dans le temps** de ces besoins, conformément à la chronologie envisagée des évolutions scientifiques et technologiques inhérentes à ce sujet prospectif
- **la priorisation de ces besoins**, rattachée au degré d'intérêt exprimé
- **la nature du besoin** : normes et lois émanant des autorités compétentes, produits et services liés à une offre commerciale



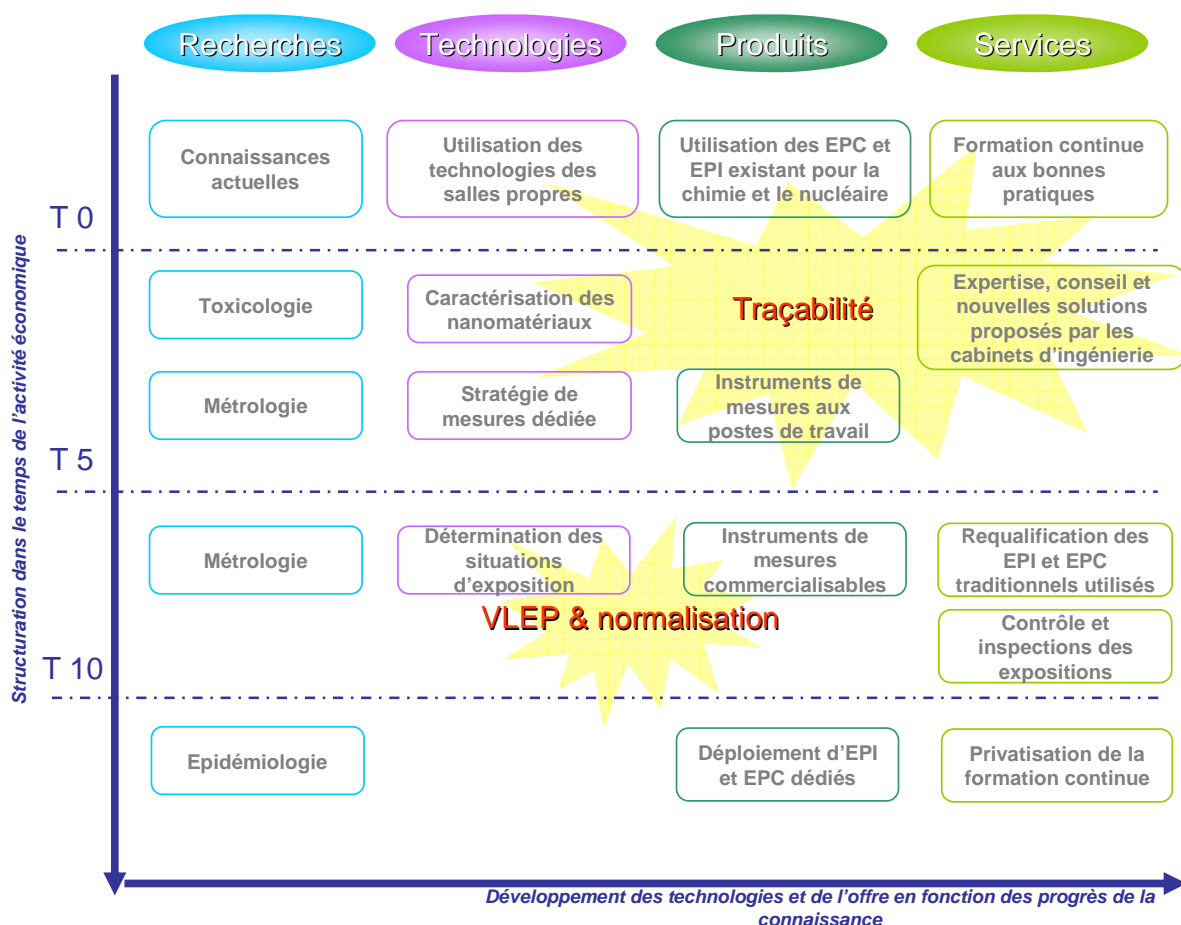
**Figure 9 : Hiérarchisation des besoins en matière d'ingénierie sécurité pour les nanomatériaux**

Source : Développement&Conseil, 2008

## 5 LA STRATEGIE DE DEPLOIEMENT DE LA FILIERE INGENIERIE SECURITE DEDIEE AUX NANOMATERIAUX

Il s'agit à présent de s'appuyer sur l'identification et la hiérarchisation des besoins dans le domaine de la sécurisation des nanomatériaux afin de proposer une déclinaison dans le temps des technologies, produits et services associés au développement économique de l'ingénierie sécurité des nanomatériaux, en fonction des progrès de la recherche, puis de cibler les premiers marchés qui seront impactés par le déploiement progressif de cette filière.

### 5.1 LES COUPLES « TECHNOLOGIES/PRODUITS/SERVICES » A DECLINER DANS LE TEMPS EN FONCTION DES AVANCEES DE LA RECHERCHE



**Figure 10 : Les couples « technologies/produits/services- marché » à décliner autour de l'ingénierie sécurité des nanomatériaux**

Source : Analyse Développement&Conseil, 2008

## 5.2 LES MARCHES IMPACTES PAR LE DEVELOPPEMENT DE LA SECURITE AUTOUR DES NANOMATERIAUX

Etant donné la disparité flagrante entre l'évolution rapide des nanotechnologies et le temps nécessaire à l'évaluation du risque et à la normalisation des procédures sécuritaires, deux étapes chronologiques doivent être distinguées dans la mise en place d'une offre commerciale dédiée à l'ingénierie sécurité des nanomatériaux.

☑ **Première étape : le développement sur le court terme de services en formation continue et en ingénierie**

➤ **La première niche d'activité commerciale à développer concerne la formation continue.** La diffusion des bonnes pratiques de prévention et de protection à mettre en œuvre en l'état actuel des connaissances constitue un impératif du fait du développement rapide des applications industrielles des nanomatériaux en l'absence de toute évaluation certaine des risques encourus :

- Les organismes para-publics d'accompagnement de la gestion des risques, qui disposent des compétences en matière de prévention et des connaissances dans le domaine des nanomatériaux les plus abouties doivent se mobiliser pour proposer une offre de formation sur les risques des nanomatériaux. La demande de formation continue sur ces enjeux émanant des industriels est déjà une réalité et la formation des 600 préventeurs du public constitue une nécessité urgente,
- **Il apparaît encore trop prématuré de confier cette formation à des sociétés privées** vu l'absence de normes et de consensus scientifiques, mais la privatisation de ce service sur le moyen et long terme est tout à fait envisageable.

➤ **La deuxième niche d'activité commerciale susceptible de se développer sur le marché de l'ingénierie sécurité des nanomatériaux est celle de l'expertise et du conseil en ingénierie.** Cette offre de services proposée par des bureaux d'études consisterait à évaluer les besoins en protection face à la manipulation des nanomatériaux d'entreprises clientes afin de :

- leur fournir une expertise à même de les aider à déployer des procédures de contrôle et de gestion des risques en l'absence de VLEP et d'EPI/EPC dédiés
- éventuellement, leur proposer une solution technique appropriée à leur besoin.

Les acteurs qui pourront s'impliquer dans cette activité seront :

- Les 50 cabinets d'étude membres de l'ASPEC, spécialisés dans la conception de salles propres ou de systèmes de traitement d'air et de confinement, disposent du degré d'expertise scientifique et technique en matière de gestion des risques liées à la contamination, pour développer une nouvelle activité commerciale à destination des concepteurs, intégrateurs et utilisateurs de nanomatériaux, car les technologies sont disponibles pour assurer la maîtrise de l'exposition aux nanomatériaux par prévention primaire, même si on exige des marges de sécurité importante par précaution,
- Les cabinets de conseil en QHSE peuvent également effectuer cette diversification de leur offre, à condition que leurs équipes comprennent des ingénieurs et des techniciens formés aux risques chimiques ou industriels.

Par contre, il est difficile d'envisager la création de nouveaux bureaux d'études spécifiquement dédiés aux nanomatériaux sur le court et moyen terme, même si cette hypothèse n'est pas à exclure complètement, notamment sur le plus long terme.

Pour favoriser le développement des activités d'études techniques et d'ingénierie relatives aux nanomatériaux, une rencontre de l'offre et de la demande pourrait être organisée : les industriels exposeraient leurs besoins aux bureaux d'études déjà initiés à la conception de zones sécurisées et de systèmes de protection qui réfléchiraient alors aux développements de solutions à élaborer. Ce principe va être concrétisé en 2009 par un projet de « journée technique » organisé par l'ASPEC.

*La première offre d'ingénierie sécurité des nanomatériaux à mettre en place dans l'immédiat se situe au niveau de ces deux services. Le développement d'une nouvelle instrumentation de mesure pour permettre aux chercheurs d'effectuer le mesurage des expositions sur le lieu de travail afin de déterminer une VLEP constitue également un besoin pressant. Toutefois, il est apparu au gré de nos analyses qu'il n'est pas pertinent de stimuler l'émergence de cette offre de produits en France car le tissu industriel dans le domaine des appareillages de mesures n'est pas assez expérimenté et pointu : cette activité ne semble donc pas concurrentielle au niveau européen et international, à moins que l'industrie française ne se positionne sur une niche très particulière et non encore exploitée de la nanométrie.*

☑ **Deuxième étape : le développement à moyen et long terme d'une seconde offre commerciale de produits et services**

➤ Lorsque la caractérisation des nanomatériaux et des risques présentés par les différents niveaux d'exposition sera établie, **une offre de produits permettant une protection plus adaptée aux spécificités des nanomatériaux** à l'instar de ce que Faure Ingénierie a déjà commencé à développer, pourrait éventuellement voir le jour.

Il s'agirait d'**optimiser les équipements de protection individuelle et collective déjà présents sur le marché** pour garantir une efficacité maximale à l'encontre des nanomatériaux. Toutefois, la production et l'utilisation de nanomatériaux ne donnera certainement pas lieu à la conception ex nihilo de nouveaux matériels. Par conséquent, on peut considérer que le développement d'une offre « produits » autour de la sécurité des nanomatériaux ne prendra pas la forme d'un marché très porteur dans la mesure où les solutions existantes en matière de réduction des expositions garantissent déjà des niveaux de protection très élevés.

➤ **L'extension des activités d'inspection et de contrôle techniques menées par quelques grandes sociétés leader accréditées** pour vérifier la conformité à des normes, à des textes réglementaires ou à un cahier des charges constitue un développement certain et prometteur de services dédiés à la sécurisation des procédés industriels des nanomatériaux. Il s'agit là d'un vaste marché dans la mesure où le contrôle sera élargi à l'ensemble de la chaîne industrielle des nanomatériaux, depuis la recherche jusqu'à la production et la fin de vie. Cependant, le développement de cette offre commerciale n'est pas envisageable tant que la définition des seuils à respecter ne fera pas l'objet d'une normalisation et d'une réglementation.

---

## **6 PROPOSITIONS DE FICHES-ACTIONS POUR SOUTENIR LE DEVELOPPEMENT D'UNE NOUVELLE FILIERE ECONOMIQUE CONSACREE A L'INGENIERIE SECURITE DES NANOMATERIAUX**

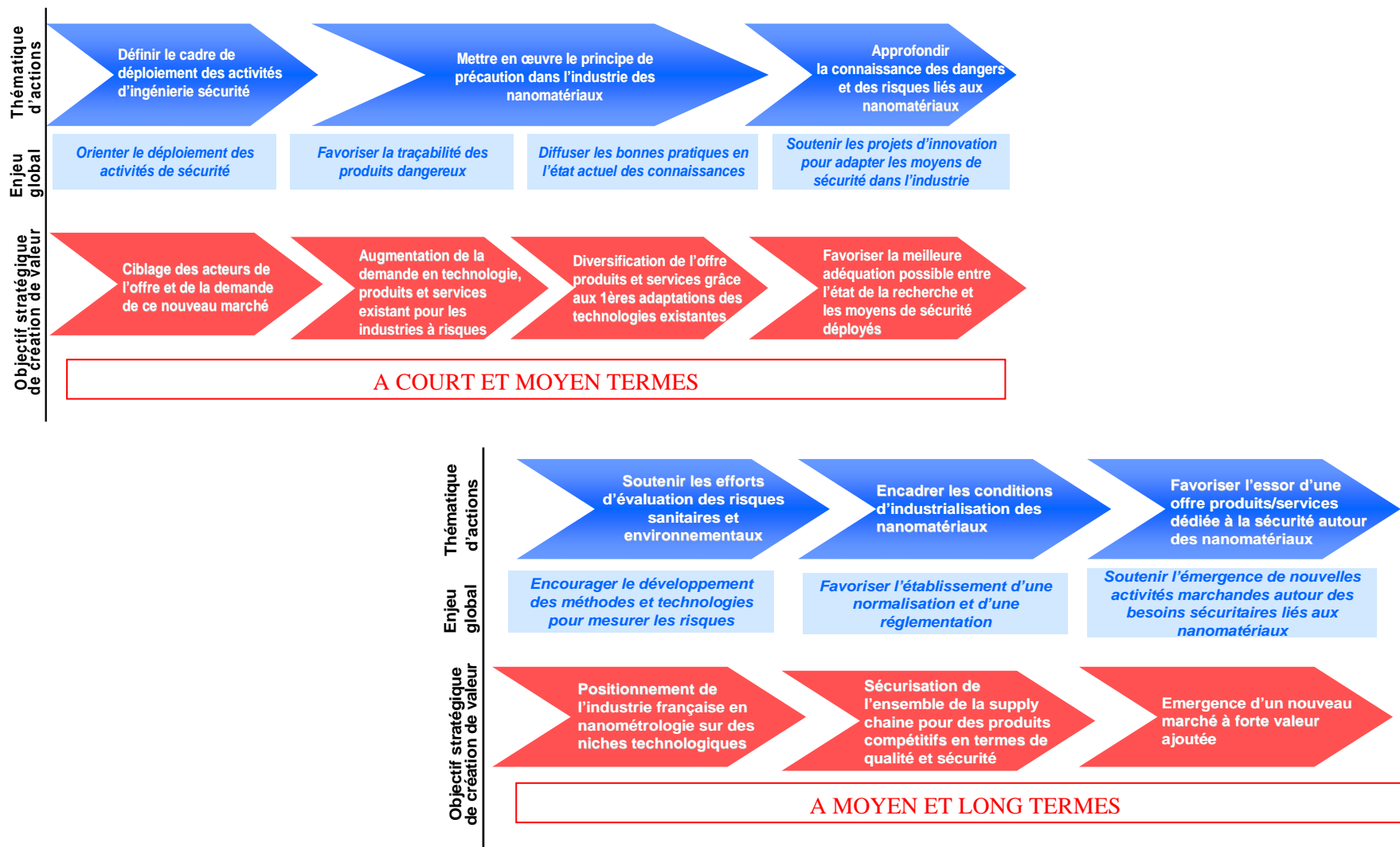
---

La synthèse des principaux résultats obtenus à la suite de nos analyses en phase 1 et 2 de l'étude ont permis de cheminer vers l'élaboration de recommandations à destination de la force publique pour favoriser et encadrer l'émergence d'une filière d'ingénierie sécurité dédiée aux nanomatériaux.

### **6.1 STRUCTURATION DES PROPOSITIONS DE FICHES-ACTIONS**

La formalisation des conclusions sous forme de fiches-actions permet de structurer un cadre d'organisation et de déploiement **des politiques publiques dans le domaine de l'ingénierie sécurité pour les nanomatériaux.**

Ce cadre est organisé autour de **6 grandes thématiques d'actions publiques, chacune adossée à la réalisation d'un objectif visant la structuration progressive de la filière** ingénierie sécurité des nanomatériaux.



**Figure 11 : Synoptique des propositions de fiches-actions**

Source : Développement&Conseil, 2008



## 6.2 PRESENTATION DETAILLEE DES FICHES-ACTIONS PROPOSEES

Il s'agit de **présenter le mode de déploiement de chaque thématique d'actions envisagée**. Au total, **26 actions potentielles peuvent être mises en œuvre par la force publique** pour participer à la structuration et à l'émergence de nouvelles activités économiques autour de la sécurisation de l'industrialisation des nanomatériaux.

**Chaque action s'insère au sein d'une problématique générale et d'un enjeu global** avant d'être **resituée dans son contexte spécifique**. Enfin, les **modalités possibles de mise en œuvre de chaque action** sont suggérées afin de mieux en saisir les implications concrètes.

## FICHE - ACTIONS N° 1



### Problématique globale

Si la structuration de l'ingénierie sécurité dédiée aux nanomatériaux correspond bien à une demande des industriels et des chercheurs et si un marché potentiel se dessine autour de cette offre, il apparaît néanmoins que la mise en œuvre de cette offre de produits et services est à l'heure actuelle prématurée.

Il s'agit donc en premier lieu de mettre en place le cadre de déploiement futur de cette nouvelle filière économique, c'est-à-dire préparer dès aujourd'hui les possibilités et les modalités d'émergence des activités d'ingénierie sécurité dédiées aux nanomatériaux, en précisant le champ d'application, les métiers concernés, les acteurs de l'offre et de la demande impliqués, mais aussi en stimulant la concrétisation de la sécurisation à partir des connaissances, des moyens et des méthodes actuels.

### Propositions d'actions à encourager

➤ **1.1 Caractériser et quantifier le marché de l'ingénierie sécurité** existant en France et en Europe à travers une étude sectorielle



➤ **1.2 Proposer une méthode et des moyens pour recenser précisément les acteurs industriels et académiques** de la filière des nanomatériaux



➤ **1.3 Créer une plateforme technologique fédérant les compétences et mutualisant les outils pour accompagner la sécurisation de l'industrialisation des nanomatériaux** : conseils et expertise, aide à la concrétisation de la sécurisation, réalisation d'études et d'enquêtes, diffusion de l'information scientifique et technologique



## FICHE - ACTIONS N° 1

### Propositions d'actions à encourager

➤1.1 Caractériser et quantifier le marché de l'ingénierie sécurité existant en France et en Europe à travers une étude sectorielle

➤1.2 Proposer une méthode et des moyens pour recenser précisément les acteurs industriels et académiques de la filière des nanomatériaux

➤1.3 Créer une plateforme technologique fédérant les compétences et mutualisant les outils pour accompagner la sécurisation de l'industrialisation des nanomatériaux

### Insertion des actions dans leur contexte

La réalisation de l'étude prospective mandatée par la DGE sur les modalités de structuration d'une filière ingénierie sécurité dédiée aux nanomatériaux a révélé **l'absence de définition d'une chaîne de valeur d'ensemble de l'ingénierie sécurité en France**. Aucune étude à ce jour n'établit le périmètre des activités économiques générées par la sécurisation des secteurs industriels à risques et le dimensionnement des marchés associés à l'échelle nationale et européenne.

*Seuls certains segments ont fait l'objet d'études de marché ciblées (le marché des salles propres, le marché des EPI, le marché du contrôle et inspections techniques) et la nomenclature statistique nationale ne permet pas un repérage précis des activités liées à la sécurisation des filières industrielles.*

Si l'inventaire des activités de recherche sur les nanotechnologies et nanomatériaux réalisées par les laboratoires du réseau Nanomat permet d'appréhender une valeur réaliste du nombre d'individus du monde académique concernés par l'exposition aux risques des nanomatériaux (environ 6000), **il est par contre difficile de fournir à ce jour une indication précise des différentes applications industrielles des nanomatériaux**: les données concernant les différents types de matériaux, les quantités et les procédures pour les fabriquer et les manipuler, ainsi que l'effectif concerné ne sont pas disponibles. Le seul document indirect est une publication récente de l'INRS qui comptabilise le nombre de salariés de l'industrie exposés lors des opérations de production des principales particules nanostructurées.

*L'INRS a commencé en 2007 le dénombrement des entreprises œuvrant dans l'utilisation des nanomatériaux. Toutefois, la question de la prise en compte des entreprises impliquées dans l'intégration et le compound de nanomatériaux, le transport et le recyclage n'est pas résolue.*

La sécurité à mettre en œuvre autour des nanomatériaux manufacturés implique des synergies autour de 4 champs d'expertise : la métrologie, la sûreté des installations, la sécurité du personnel et la protection de la population et de l'environnement. **Aussi la mise en œuvre concrète de procédés propres et sûrs dans les entreprises produisant ou utilisant des nanomatériaux et plus particulièrement dans les PME est-elle délicate et coûteuse.**

## FICHE - ACTIONS N° 1

### Propositions d'actions à encourager

➤ **1.1 Caractériser et quantifier le marché de l'ingénierie sécurité existant en France et en Europe** à travers une étude sectorielle

➤ **1.2 Proposer une méthode et des moyens pour recenser précisément les acteurs industriels et académiques** de la filière des nanomatériaux

➤ **1.3 Créer une plateforme technologique** fédérant les compétences et mutualisant les outils pour accompagner la sécurisation de l'industrialisation des nanomatériaux

### Modalités de mise en œuvre des actions

Pour mieux appréhender le potentiel marché que génèrerait le développement d'une offre de produits et services propre à l'industrialisation des nanomatériaux, **une étude visant à préciser les contours du marché de la sécurité en France et en Europe permettrait de cerner les niches d'activités et les types d'acteurs susceptibles de diversifier leur offre commerciale en vue d'une adaptation aux spécificités des nanomatériaux.**

**La nécessité de mener une étude permettant le recensement exhaustif de l'ensemble des acteurs industriels intervenant dans la chaîne industrielle des nanomatériaux** s'avère essentielle pour identifier la population concernée par les risques et préciser les actions publiques à mener en termes de prévention.

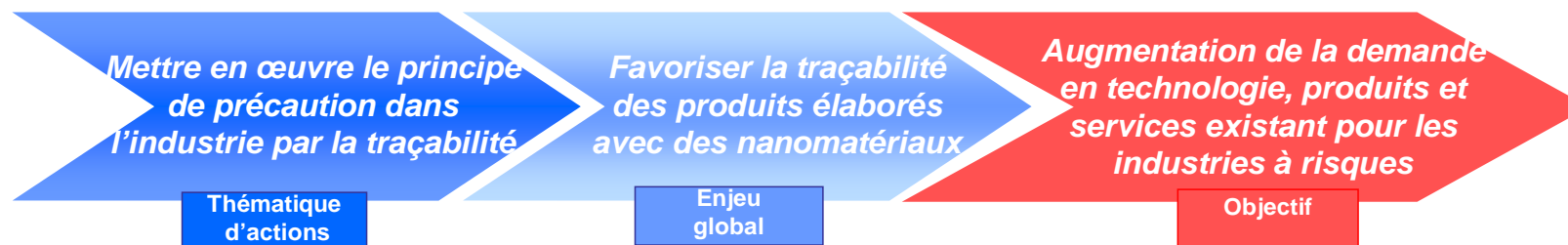
*Dans son dernier rapport, l'Affset propose de créer et de gérer une base de données répertoriant les principales utilisations de nanomatériaux sur le territoire. Cette recommandation rejoint notre proposition mais se fonde sur le volontariat du principe de déclaration qui limitera les possibilités de dénombrement exhaustif.*

**La plateforme technologique chargée de promouvoir la diffusion et l'application dans l'industrie des bonnes pratiques en matière de sécurité** permettrait de simplifier les démarches à engager par les entreprises pour obtenir l'information, réaliser des tests et acquérir les méthodes nécessaires à mettre en place pour garantir la sécurisation de leurs activités et de leurs produits.

Cette plateforme permettrait de **fédérer les compétences associées aux 4 thématiques structurant la sécurité des nanomatériaux**, incarnées jusqu'à présent séparément par divers organismes publics et para-publics. Elle pourrait **se consacrer prioritairement à l'identification de familles de nanomatériaux pour définir les moyens de protection et les outils à mettre en face de chacune d'elles.**

*Elle serait sollicitée pour prodiguer conseils et expertises techniques, réaliser des tests sur les moyens de protection, fournir de la documentation ciblée et soutenir l'effort d'équipement sécuritaire des entreprises.*

## FICHE - ACTIONS N° 2a



### Problématique globale

La sécurisation des activités industrielles de fabrication et d'utilisation des nanomatériaux ne peut attendre les conclusions des recherches toxicologiques et épidémiologiques concernant les effets sanitaires des nanomatériaux, ni les progrès effectués par la métrologie pour caractériser l'atmosphère des lieux de travail.

Les moyens doivent se concentrer en premier lieu sur la promotion du principe de précaution afin de prévenir les risques potentiels liés aux nanomatériaux.

Il s'agit donc de favoriser l'application du principe de traçabilité aux nanomatériaux qui pourra conduire à une augmentation de la demande de produits et services d'ingénierie sécurité disponibles sur le marché.

### Propositions d'actions à encourager

➤ **2a.1 Promouvoir base de données des produits élaborés avec des nanomatériaux** et communiquer sur ses enjeux



➤ **2a.2 Poursuivre la réflexion sur un la mise en œuvre d'un étiquetage de ces produits** fondés sur le principe de déclaration



➤ **2a.3 Imposer** au sein des entreprises **des mesures de traçabilité des méthodes et moyens de protection** déployés



➤ **2a.4 Rendre obligatoire la surveillance médicale du personnel exposé ou ayant été exposé aux nanomatériaux** pour un suivi préventif



Degré actuel de maturité de l'action

## FICHE - ACTIONS N° 2a

### Propositions d'actions à encourager

➤ **2a.1 Promouvoir base de données des produits élaborés avec des nanomatériaux** et communiquer sur ses enjeux

### Insertion des actions dans leur contexte

Les industries utilisatrices de nanocomposites ou de produits finaux incorporant des nanomatériaux ont exprimé le fort **besoin de disposer d'un inventaire de ces produits à l'échelle nationale et internationale. Le Grenelle de l'environnement a déjà mis en place le cadre de déploiement** de cette base de données recensant les produits élaborés avec des nanomatériaux et établissant leurs caractéristiques en l'état actuel de la connaissance.

➤ **2a. 2 Poursuivre la réflexion sur un la mise en œuvre d'un étiquetage de ces produits** fondés sur le principe de déclaration

L'étiquetage systématique **favoriserait la traçabilité des substances nanométriques incorporées dans les produits utilisés par les industries situées en aval de la chaîne industrielle des nanomatériaux. Toutefois, les modalités concrètes que pourrait prendre cet étiquetage, débattu lors du Grenelle de l'environnement, ne font pas encore l'objet d'un consensus en voie de normalisation.**

➤ **2a.3 Imposer** au sein des entreprises **des mesures de traçabilité des méthodes et moyens de protection** déployés

Cette mesure constituera une **incitation à l'application du principe de précaution et également le moyen de recenser les bonnes pratiques mises en œuvre**. Sur le long terme, la traçabilité des pratiques sécuritaires qui auront été déployées sera d'un grand intérêt pour l'avancée des **recherches épidémiologiques**.

➤ **2a.4 Rendre obligatoire la surveillance médicale du personnel exposé ou ayant été exposé aux nanomatériaux** pour un suivi préventif

**Les salariés affectés à certains travaux et exposés à des risques professionnels** avérés bénéficient, conformément à l'article R. 4624-17 du Code du travail, d'une **surveillance médicale renforcée**, avec une **visite médicale périodique au moins annuelle**.

## FICHE - ACTIONS N° 2a

### Propositions d'actions à encourager

➤ **2a.1 Promouvoir base de données des produits élaborés avec des nanomatériaux** et communiquer sur ses enjeux

➤ **2a.2 Poursuivre la réflexion sur un la mise en œuvre d'un étiquetage de ces produits** fondés sur le principe de déclaration

➤ **2a.3 Imposer** au sein des entreprises **des mesures de traçabilité des méthodes et moyens de protection** déployés

➤ **2a.4 Rendre obligatoire la surveillance médicale du personnel exposé ou ayant été exposé aux nanomatériaux** pour un suivi préventif

### Modalités de mise en œuvre des actions

Cette **base de données exhaustive relative aux produits existants sur le marché vise à faciliter la traçabilité des substances incorporées dans le produit**, au premier rang desquels les nano-objets, pour pouvoir mieux caractériser dans le futur la toxicité du produit. Aussi, il s'agit de **communiquer largement auprès des entreprises sur les enjeux de la traçabilité des nanomatériaux et sur l'utilité de recourir à cette base de données soit pour la renseigner soit pour la consulter.**

Les autorités compétentes pourraient poursuivre la réflexion entamée au Grenelle de l'environnement sur les modalités concrètes d'un **étiquetage des produits contenant des nanomatériaux fondé sur le principe de déclaration**. On pourrait éventuellement envisager de créer un nouveau type de FDS (Fiche de Données de Sécurité) dédié aux produits contenant des nanomatériaux ou **d'ajouter dans la liste des indications que doit contenir la FDS telle que définie dans la circulaire DRT n° 94/14, une nouvelle rubrique spécifiquement consacrée aux informations sur les nanomatériaux** éventuellement contenus dans le produit et les dangers connus qu'il peut présenter.

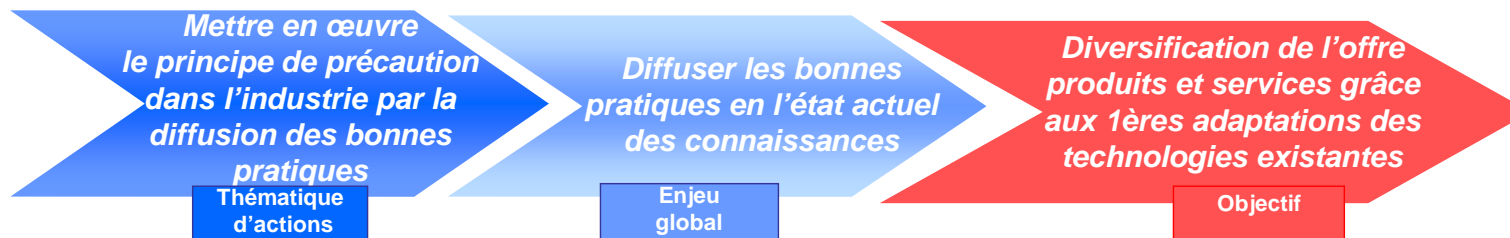
*Un groupe de travail associant les acteurs leaders du monde industriel, des PME et les autorités compétentes pourrait être organisée dans le but de discuter des possibilités de mise en œuvre de l'étiquetage.*

Pour les entreprises de plus de 50 salariés, **le CHSCT** (le Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail) dont la constitution est obligatoire, **peut être chargé de rédiger un compte-rendu annuel sur les moyens et méthodes de protection déployés pour le personnel exposé aux nanomatériaux**, qui pourra **éventuellement être remis aux représentants de l'Etat sur le territoire d'implantation du site industriel**. Pour les PME, le chef d'entreprise pourra se charger de la rédaction d'une note.

**Un arrêté complétant la loi en vigueur pourrait rendre obligatoire le suivi médical des salariés exposés ou ayant été exposés aux nanomatériaux**. Ce suivi médical pourrait être composé d'**examens médicaux « conventionnels » et cibler plus spécifiquement certains organes potentiellement menacés**. Pour cela, **la liste des postes de travail et des employés concernés** devra être transmise au médecin du travail par l'employeur ou le chef du laboratoire. Il s'agit de **veiller à la santé du personnel en l'absence d'évaluation des risques et en parallèle, de collecter des données utiles aux recherches épidémiologiques.**



## FICHE - ACTIONS N° 2b



### Problématique globale

La promotion du principe de précaution passe dans un second temps par la capacité de la force publique à encourager l'application des bonnes pratiques en matière de sécurité par l'ensemble des acteurs académiques et industriels concernés par la production et l'utilisation des nanomatériaux.

La diffusion des bonnes pratiques de prévention et de protection à mettre en œuvre en l'état actuel des connaissances scientifiques et en l'absence de normes constitue un impératif du fait du développement rapide des applications industrielles des nanomatériaux.

Les mesures de prévention et de protection doivent d'ores et déjà se déployer dans l'ensemble des industries et laboratoires manipulant des nanomatériaux, notamment dans les PME moins au fait des systèmes de management des risques, et les solutions mises en œuvre par les grands groupes pionniers dans la sécurisation des nanomatériaux doivent être diffusées et dupliquées.

### Propositions d'actions à encourager

➤ **2b.1 Répertorier les moyens et bonnes pratiques de prévention et de protection pour les harmoniser et faciliter leur application**



➤ **2b.2 Développer la formation continue sur les pratiques sécurisées à mettre en œuvre**



➤ **2b.3 Créer un club des producteurs et utilisateurs de nanomatériaux** rassemblant les grands groupes et les PME dans le but d'échanger sur les pratiques de sécurisation et d'en promouvoir les meilleures



➤ **2b.4 Publier une liste des cabinets d'ingénierie et bureaux d'études compétents** dans le domaine des solutions de maîtrise des risques et de confinement à diffuser largement





## FICHE - ACTIONS N° 2b

## Propositions d'actions à encourager

➤ **2b.1 Répertorier les moyens et bonnes pratiques** de prévention et de protection pour les **harmoniser et faciliter leur application**

➤ **2b.2 Développer la formation continue** sur les pratiques sécurisées à mettre en œuvre

➤ **2b.3 Créer un club des producteurs et utilisateurs de nanomatériaux** rassemblant les grands groupes et les PME dans le but d'échanger sur les pratiques de sécurisation et d'en promouvoir les meilleures

➤ **2b.4 Publier une liste des cabinets d'ingénierie et bureaux d'études compétents** dans le domaine des solutions de maîtrise des risques et de confinement à **diffuser largement**

## Insertion des actions dans leur contexte

Un état des lieux sous la forme d'un guide de bonnes pratiques à destination des acteurs français impliqués dans l'industrialisation des nanomatériaux pourrait être réalisé. La communication sur la production et l'utilisation sûres des nanomatériaux doit prendre des formes variées pour **toucher un large public, notamment les dirigeants de PME**. C'est en fait **une campagne de sensibilisation et d'information** qu'il est nécessaire de déployer.

La mise en place de **formations courtes à destination des professionnels experts** de la sécurité ou exposés aux nanomatériaux et centrées sur les problématiques sécuritaires soulevées par les nanomatériaux fait l'objet **d'une demande en forte croissance de la part du monde industriel**. D'autre part, **la nécessité de former les experts sécurité du public (DRIRE) constitue une urgence**.

Une telle association aurait pour mission **d'optimiser la filière et d'informer sur les avantages des nanomatériaux tout en garantissant une sécurité maximale** par la création, par exemple, d'un label « sécurité nanomatériaux ».

Les organismes parapublics spécialisés ou le secrétariat de la plateforme technologique mise en place pourraient **réorienter les entreprises qui les consultent pour obtenir des solutions techniques**, notamment en matière d'EPC et de systèmes confinés, **vers des cabinets d'ingénierie et des bureaux d'études compétents**. Ces sociétés proposeraient ainsi **une offre de services fondée sur l'expertise technique, le conseil en ingénierie et éventuellement la création d'une solution ad hoc** à destination des PME intégratrices de nanomatériaux, des centres de R&D des grands groupes producteurs mais aussi des laboratoires académiques

## FICHE - ACTIONS N° 2b

### Propositions d'actions à encourager

➤ **2b.1 Répertorier les moyens et bonnes pratiques** de prévention et de protection pour les **harmoniser et faciliter leur application**

➤ **2b.2 Développer la formation continue** sur les pratiques sécurisées à mettre en œuvre

➤ **2b.3 Créer un club des producteurs et utilisateurs de nanomatériaux** rassemblant les grands groupes et les PME dans le but d'échanger sur les pratiques de sécurisation et d'en promouvoir les meilleures

➤ **2b.4 Publier une liste des cabinets d'ingénierie et bureaux d'études compétents** dans le domaine des solutions de maîtrise des risques et de confinement à **diffuser largement**

### Modalités de mise en œuvre des actions

**Un guide de bonnes pratiques à destination des acteurs français impliqués dans l'industrialisation des nanomatériaux** constituerait un premier moyen efficace pour faciliter l'application de méthodes de prévention et de protection mais aussi pour faciliter leur harmonisation au niveau national. Ce guide **présenté sous forme opérationnelle et synthétique** pourra être **mis à disposition des intéressés en version papier** dans les DRIRE et les Médecines du Travail **et sur internet** sur les sites du Ministère, de l'INERIS et de l'INRS. Une traduction en langue française des guides de bonnes pratiques publiées en Allemagne par le BAUA-VCI et au Royaume-Uni par le BSI pourrait également être mise en ligne. Les autres media, comme **la presse quotidienne nationale et la radio**, doivent également être mobilisés pour diffuser les bonnes pratiques. Enfin, un **guide des bonnes pratiques**.

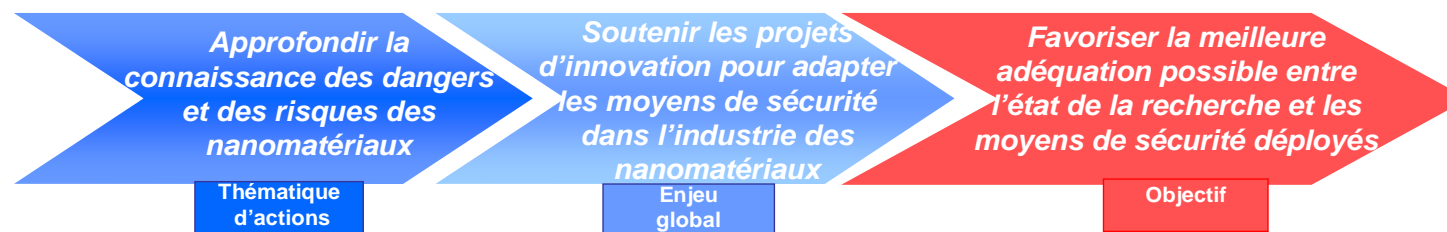
Il s'agit de **former prioritairement les 600 préventeurs industriels et ingénieurs-conseil des organismes publics** aux risques potentiels des nanomatériaux et aux bonnes pratiques de prévention et de protection à mettre en œuvre dans les entreprises. **La formation des dirigeants de sociétés** qui développent une application industrielle des nanomatériaux doit aussi être vivement encouragée. **Les organismes para-publics d'accompagnement de la gestion des risques (INERIS, INRS), qui disposent des compétences en matière de prévention et des connaissances dans le domaine des nanomatériaux les plus abouties, doivent élargir leur offre de formation** sur les risques liés aux nanomatériaux et les moyens de prévention adaptés.

Le rôle premier de ce club rassemblant des **sociétés de taille variées (grands groupes, multinationales, PME) et positionnées sur différents maillons de la chaîne industrielle des nanomatériaux** (production, compound, utilisation, transport, stockage) pourrait également **servir de lieu d'élaboration des meilleures pratiques et promouvoir les nanomatériaux français à l'international**.

Ce recensement des cabinets et bureaux d'études pourrait être effectué par une autorité compétente en la matière. Les sociétés sélectionnées répondraient à un cahier des charges préalablement établi par l'autorité en charge de la mission et pourraient faire l'objet d'une accréditation spécifique, attestant de leurs compétences et expertises scientifiques et techniques dans le domaine de la conception de solutions de réduction des risques liés à la contamination. Les prestations qui seront proposées seront le fruit d'une **diversification de l'offre de sociétés assurant déjà la conception de salles propres ou d'enceintes de confinement, ou de l'évolution de bureaux d'études déjà experts** dans la gestion du risque chimique vers le segment de marché des nanomatériaux.

*Lorsqu'une de ces mises en relation aboutit à la réalisation d'un prototype répondant à des besoins spécifiques, un soutien financier à cet investissement en innovation technologique pourrait être envisagé.*

## FICHE - ACTIONS N° 3



### Problématique globale

Malgré le nombre croissant de publications, les données et les connaissances scientifiques relatives aux caractéristiques des nanomatériaux, à leur comportement au sein des systèmes vivants et à tous les aspects de toxicité et de nocivité pour l'homme et l'environnement sont encore insuffisantes pour que des évaluations de risques satisfaisantes pour l'homme et les écosystèmes soient réalisées.

La phase d'évaluation des risques, destinée à établir scientifiquement les choix des options de prévention et de protection à déployer puis à les instituer sous forme de normes, n'est pas achevée car la recherche scientifique n'est pas encore assez avancée pour permettre de caractériser précisément les risques liés aux nanomatériaux et d'établir une Valeur Limite d'Exposition Professionnelle (VLEP) qui fasse figure de norme.

L'opportunité de développer fortement le potentiel de recherche dans ce domaine se manifeste avec acuité car il vise à garantir au sein des acteurs industriels des nanomatériaux le meilleur niveau de protection à chaque étape de progression de la connaissance.

### Propositions d'actions à encourager

➤ **3.1 Définir un programme de recherche en matière de toxicologie, épidémiologie et métrologie** pour caractériser les expositions et les risques dans le cadre d'un partenariat industrie/laboratoire



➤ **3.2 Créer un observatoire scientifique et technologique assurant la coordination de la recherche transdisciplinaire** dans le domaine des effets sanitaires et environnementaux des nanomatériaux



➤ **3.3 Mettre en place un dispositif de veille scientifique** qui collectera et intégrera à une base de donnée libre d'accès les conclusions des études.



## FICHE - ACTIONS N° 3

### Propositions d'actions à encourager

➤ **3.1 Définir un programme de recherche en matière de toxicologie, épidémiologie et métrologie** pour caractériser les expositions et les risques dans le cadre d'un partenariat industrie/laboratoire

➤ **3.2 Créer un observatoire scientifique et technologique assurant la coordination de la recherche transdisciplinaire** dans le domaine des effets sanitaires et environnementaux des nanomatériaux

➤ **3.3 Mettre en place un dispositif de veille scientifique** qui collectera et intégrera à une base de donnée libre d'accès les conclusions des études.

### Insertion des actions dans leur contexte

La définition d'un **programme de recherche en sécurité des nanomatériaux** précisant les thématiques de recherche, les projets collaboratifs à mener et les objectifs à atteindre **permettrait de stimuler la R&D dans l'industrie autour de ces thématiques**. L'objectif global est d'obtenir un **avantage concurrentiel sur la scène internationale en valorisant les compétences existant sur le territoire français**, notamment celles acquises par l'INRS et en amplifiant les travaux déjà engagés. A noter l'attention à porter à la prise en compte des actions menées par d'autres organismes scientifiques internationaux et à favoriser la mise en place de démarches pluridisciplinaires.

Un **observatoire scientifique et technologique décisionnel français au niveau du pôle de compétence national Minatéc**, en pointe dans le domaine des nanotechnologie, pourrait être dédié à la coordination effective de la recherche transdisciplinaire.

Sa fonction englobera **l'ensemble des activités de veille dans le but de maintenir à jour une base de données exhaustive** sur les différentes thématiques inhérentes aux dangers et aux risques liés aux applications industrielles des nanomatériaux. Cette information visera à la fois le grand public et les acteurs des nanomatériaux. Elle aura vocation à **favoriser la meilleure adéquation possible entre l'état de la recherche et les moyens de sécurité adaptés à déployer dans l'industrie**.

## FICHE - ACTIONS N° 3

### Propositions d'actions à encourager

➤ **3.1 Définir un programme de recherche en matière de toxicologie, épidémiologie et métrologie** pour caractériser les expositions et les risques dans le cadre d'un partenariat industrie/laboratoire

➤ **3.2 Créer un observatoire scientifique et technologique assurant la coordination de la recherche transdisciplinaire** dans le domaine des effets sanitaires et environnementaux des nanomatériaux

➤ **3.3 Mettre en place un dispositif de veille scientifique** qui collectera et intégrera à une base de donnée libre d'accès les conclusions des études.

### Modalités de mise en œuvre des actions

Ce programme **pourrait s'articuler autour de 3 axes** : 1/ **l'amélioration des connaissances toxicologiques** pour mesurer les dangers des nanomatériaux 2/ **le développement d'une nouvelle stratégie de mesures** : paramètres prioritaires, méthodes, outils pour évaluer les expositions professionnelles 3/ **l'élaboration de normes et d'un code de bonnes conduites** pour prévenir les risques.

Il se concrétiserait notamment par des **projets de R&D collaboratifs entre les industriels et les laboratoires de recherche académique**.

Il devrait notamment être chargé de **recenser en continu toutes les recherches réalisées, en cours ou prévues** dans le domaine de nanoparticules et nanomatériaux et de leurs effets sur la santé au niveau français et européen, qu'il s'agisse d'instituts de recherche publics ou encore du secteur industriel. Ses autres missions pourraient consister à **favoriser les coopérations transdisciplinaires des équipes de recherche françaises, à établir une coopération étroite entre le secteur industriel producteur et les laboratoires de recherche et à inciter par des programmes ciblés au mélange des cultures** chimistes, physiciennes et hygiénistes. *L'Affset, dans son premier rapport sur les effets sur la santé de l'homme et sur l'environnement en juillet 2006, recommande également la coordination de la recherche nationale.*

Ce dispositif de veille pourra **être intégré à la plateforme technologique ou à l'observatoire**. Cette base de données **pourra s'articuler autour de 4 grands thèmes** : la métrologie, la sûreté des installations, la sécurité du personnel et la protection de la population et de l'environnement. Elle pourra **être disponible gratuitement sur un site internet dédié**.

## FICHE - ACTIONS N° 4





## FICHE - ACTIONS N° 4

### Propositions d'actions à encourager

➤ **4.1 Encourager la collaboration entre les centres de recherche pour développer des méthodes appropriées de détection des nanoparticules et de mesures de nanomatériaux**

➤ **4.2 Favoriser les partenariats collaboratifs entre les centres de recherche et les cabinets d'ingénierie pour mettre au point des prototypes d'appareils de mesure**

➤ **4.3 Communiquer sur les enjeux environnementaux des nanomatériaux pour sensibiliser et stimuler l'émergence de la R&D et de bonnes pratiques autour de ces questions**

➤ **4.4 Communiquer sur les enjeux liés à la santé et sécurité du consommateur autour des nanomatériaux pour sensibiliser et impulser l'émergence de la R&D et de bonnes pratiques autour de ces questions**

### Insertion des actions dans leur contexte

La recherche en métrologie doit avancer sur **la définition de la stratégie de mesures propre aux nanomatériaux**. Elle doit **développer un savoir-faire nouveau en termes d'échantillonnages et d'analyses pour s'adapter aux contraintes des mesures de nanomatériaux** avant de pouvoir réaliser une **campagne de mesures sur le terrain** nécessaire à déterminer les doses d'expositions aux postes de travail. L'enjeu est de parvenir au plus vite à assurer la surveillance en continu des milieux de travail, des expositions individuelles et de l'environnement.

Les recherches effectuées pour adapter la métrologie doivent permettre à terme **le suivi et le contrôle des ambiances aux postes de travail**, et pourront **aboutir à l'élaboration d'une nouvelle instrumentation, transportable, plus facile d'utilisation et moins coûteuse**. **Le partenariat entre les laboratoires académiques et industriels et les cabinets d'ingénierie compétents viserait à mettre au point des appareils de mesure** spécifiquement adaptés à certains nanomatériaux, certains environnements de travail et/ou certains procédés non encore investigués dans les autres pays.

Bien que **la problématique environnementale ne constitue pas une priorité de premier ordre pour les industriels en l'état actuel des connaissances** sur les dangers et les risques des nanomatériaux, **il semble important d'initier une action à ce sujet**. En effet, si les risques pour le personnel exposé reste le champ premier d'investigation, il est nécessaire de **favoriser le développement dans l'industrie de l'approche environnementale des nanomatériaux, surtout concernant les aspects fin de vie, recyclage et remédiation**.

Les enjeux d'acceptation sociétale et de santé publique posés par l'industrialisation des nanomatériaux revêtent une importance économique majeure. Toutefois, **l'état actuel des connaissances sur le cycle de vie des nanomatériaux et notamment, leur évolution au sein des produits, est trop lacunaire pour pouvoir orienter précisément des actions publiques en faveur de la santé et de la sécurité des consommateurs**. Une première action amont pourrait tout de même **préparer le déploiement de la R&D et de l'information grand public pour un bon usage**.

## FICHE - ACTIONS N° 4

### Propositions d'actions à encourager

➤4.1 Encourager la collaboration entre les centres de recherche pour développer des méthodes appropriées de détection des nanoparticules et de mesures de nanomatériaux

➤4.2 Favoriser les partenariats collaboratifs entre les centres de recherche et les cabinets d'ingénierie pour mettre au point des prototypes d'appareils de mesure

➤4.3 Communiquer sur les enjeux environnementaux des nanomatériaux pour sensibiliser et stimuler l'émergence de la R&D et de bonnes pratiques autour de ces questions

➤4.4 Communiquer sur les enjeux liés à la santé et sécurité du consommateur autour des nanomatériaux pour sensibiliser et impulser l'émergence de la R&D et de bonnes pratiques autour de ces questions

### Modalités de mise en œuvre des actions

**La collaboration initiée entre l'INRS et l'IRSN pourrait être renforcée et élargie à d'autres partenaires français**, notamment industriels, afin d'accélérer d'une part **l'élaboration d'une stratégie globale de surveillance** des ateliers et laboratoires (en précisant les paramètres à mesurer, la fréquence des mesures, la durée des mesures, en temps réel ou pas), d'autre part le **développement des appareils et dispositifs** correspondant à ces objectifs.

Aussi est-il intéressant de **favoriser au plus tôt les mises en relation entre les chercheurs en métrologie et des cabinets d'ingénierie et l'émergence de partenariats afin de développer les prototypes des nouveaux instruments identifiés et définis par les chercheurs**. Toutefois, comme le tissu industriel français des fabricants d'instrumentation est peu développé en-deçà de 0,1 micron au regard de ses concurrents étrangers, **il s'agirait de se focaliser sur un type d'instruments précis et spécifiques à certains nanomatériaux**, non encore investigués dans les autres pays.

Comme l'approche environnementale est encore prématurée en l'état actuel des connaissances, **une première action centrée sur la communication autour des enjeux environnementaux liés aux nanomatériaux manufacturés** permettrait de préparer le terrain à des actions futures plus volontaristes. Aussi est-il important de **sensibiliser les acteurs industriels concernés**. Ce travail de sensibilisation pourra être le terreau d'applications concrètes en R&D ou de développements de bonnes pratiques industrielles.

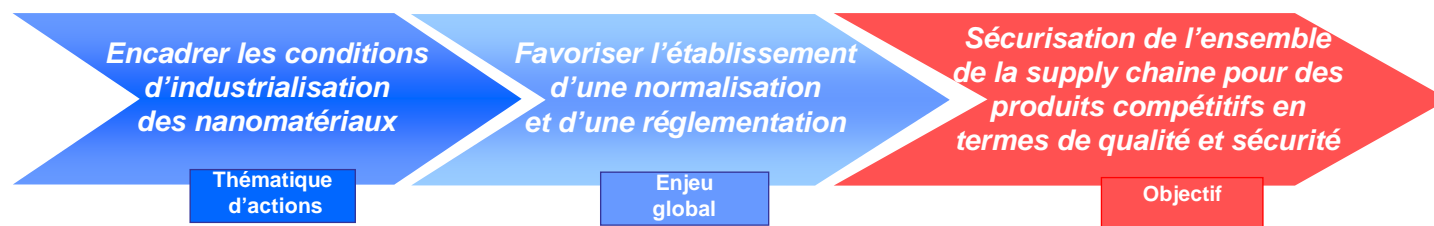
*Un colloque consacré à cette question et réunissant des experts et des industriels impliqués dans la recherche sur la sécurité liée aux nanomatériaux et dans le développement durable pourrait être organisé de manière à dresser un état des lieux de la connaissance à ce sujet et à cibler les axes de R&D.*

Bien que centraux dans une approche économique et sanitaire du développement industriel des nanomatériaux, les enjeux liés à la santé et sécurité du consommateur ne peuvent à l'heure actuelle ne faire l'objet que **d'une action de communication vouée à la sensibilisation des acteurs industriels et des consommateurs**. Cette sensibilisation de la population constituera également **un moyen indirect de stimuler la R&D consacrée à ces questions et de développer des bonnes pratiques au sein de l'industrie et un bon usage chez les consommateurs**.

*Une étude menée par l'AFSSA pourrait être réalisée et faire l'objet d'une large diffusion par le biais des différents media disponibles (internet, radio, TV, magazines...).*



## FICHE - ACTIONS N° 5



### Problématique globale

Il n'existe pas encore de dispositifs réglementaires spécifiques relatifs à la protection des travailleurs exposés aux nanomatériaux, aux nanoparticules en particulier. Les producteurs et utilisateurs de nanomatériaux sont en attente de la publication des normes encadrant l'industrialisation des nanomatériaux. Il devient donc nécessaire de mettre au point des normes favorables à nos acteurs nationaux, qui leur permettront de cibler leurs programmes de R&D et d'éviter des investissements inutiles sur des nanomatériaux qui pourraient être interdits par la suite.

La normalisation et la réglementation des applications industrielles des nanomatériaux devra couvrir de nombreux champs d'investigation : l'étiquetage des produits et le suivi médical du personnel déjà évoqués, mais aussi l'interdiction de certaines nanoparticules jugées trop dangereuses, la définition des conditions de production et de manipulation des nanomatériaux, la fixation du seuil d'exposition à garantir aux postes de travail, la commercialisation des nanomatériaux et les modalités de leur transport.

### Propositions d'actions à encourager

- **5.1** En matière de normalisation, **encourager, reconnaître et soutenir financièrement la participation aux différents groupes de normalisation** nationaux et internationaux
- **5.2** **Clarifier la réglementation pour expliciter la place des nanomatériaux** dans les différents règlements et textes de lois **puis diffuser ces explications**
- **5.3** **Solliciter la création d'un groupe de travail européen piloté par des experts français** pour réfléchir à la législation de la commercialisation et du transport des nanomatériaux
- **5.4** **Imposer des choix réglementaires même en l'absence de VLEP** définie pour tous les nanomatériaux
- **5.5** **Evaluer l'efficacité des différents moyens de protection** actuellement utilisés **et les adapter localement** en fonction des spécificités des nanomatériaux employés sur le site



Degré actuel de maturité de l'action

## FICHE - ACTIONS N° 5

### Propositions d'actions à encourager

➤ **5.1** En matière de normalisation, **encourager, reconnaître et soutenir financièrement la participation aux différents groupes de normalisation nationaux et internationaux**

➤ **5.2** Clarifier la réglementation pour expliciter la place des nanomatériaux dans les différents règlements et textes de lois puis diffuser ces explications

➤ **5.3** Solliciter la création d'un groupe de travail européen piloté par des experts français pour réfléchir à la législation de la commercialisation et du transport des nanomatériaux

➤ **5.4** Imposer des choix réglementaires même en l'absence de VLEP définie pour tous les nanomatériaux

➤ **5.5** Evaluer l'efficacité des différents moyens de protection actuellement utilisés et les adapter localement en fonction des spécificités des nanomatériaux employés sur le site

### Insertion des actions dans leur contexte

La France, par l'intermédiaire de l'AFNOR, participe aux **différents groupes de normalisation à l'échelle internationale (ISO TC 229) et européenne (CEN TC 352)**. Dans les travaux actuellement en cours au sein de ces deux instances, les Etats-Unis et l'Asie sont fortement représentés et au sein des groupes de travail européens, l'Allemagne a pris une position de leader.

La place des nanomatériaux a **déjà fait l'objet d'une réflexion qui a donné lieu à une précision législative des textes au niveau européen et national**, notamment dans les directives REACH et ATEX. Toutefois, la **connaissance des lois et réglementations qui s'appliquent aux cas des nanomatériaux est faiblement répandue chez les industriels**.

Les questions liées à la **législation de la commercialisation et du transport des nanomatériaux, pourtant essentielles dans le cadre d'une sécurisation complète de la chaîne industrielle des nanomatériaux, semblent encore insuffisamment prises en compte** dans les différentes instances de normalisation internationales.

Etant donné la **disparité flagrante entre l'évolution rapide des nanotechnologies et le temps nécessaire à la normalisation des procédures sécuritaires** les autorités compétentes devraient imposer au plus tôt des choix réglementaires dans la logique de l'application du principe de précaution. Même si l'avancée des recherches toxicologiques et les progrès de la métrologie ne permettent pas encore de caractériser les risques liés aux nanomatériaux ni de définir les VLEP définitives sans lesquelles la fixation pérenne de normes ne peut avoir lieu, **la réglementation nationale et européenne se doit de faire une place aux cas des nanomatériaux**.

Dans les industries à risques, l'exposition des salariés aux risques des substances toxiques est réduite grâce à **l'utilisation de filtres placés dans le conditionnement global de l'atmosphère des locaux, au niveau des postes de travail puis au plus près des individus par des équipements de protection individuelle**. Ces EPI et EPC, mis au point et qualifiés pour des particules de **tailles micrométriques**, sont utilisés par les producteurs de nanomatériaux. **Aussi un doute subsiste-t-il sur l'efficacité réelle de ces media filtrants face aux nanoparticules**.

## FICHE - ACTIONS N° 5

### Propositions d'actions à encourager

➤ **5.1** En matière de normalisation, **encourager, reconnaître et soutenir financièrement la participation aux différents groupes de normalisation nationaux et internationaux**

➤ **5.2** Clarifier la réglementation pour expliciter la place des nanomatériaux dans les différents règlements et textes de lois puis diffuser ces explications

➤ **5.3** Solliciter la création d'un groupe de travail européen piloté par des experts français pour réfléchir à la législation de la commercialisation et du transport des nanomatériaux

➤ **5.4** Imposer des choix réglementaires même en l'absence de VLEP définie pour tous les nanomatériaux

➤ **5.5** Evaluer l'efficacité des différents moyens de protection actuellement utilisés et les adapter localement en fonction des spécificités des nanomatériaux employés sur le site

### Modalités de mise en œuvre des actions

Compte tenu des enjeux industriels soulevés par la sécurisation des procédés impliquant les nanomatériaux, **la France se doit d'inciter la représentation de ses industries par tout moyen possible.**

Il s'agirait de **mettre en ligne sur les sites des ministères concernés**, une page web dédiée au **recensement des lois, directives et réglementations nationales et européennes** qui s'appliquent aux nanomatériaux. Cet inventaire s'accompagnerait **d'éléments de clarification et d'explication des textes législatifs formulés à destination des industriels.**

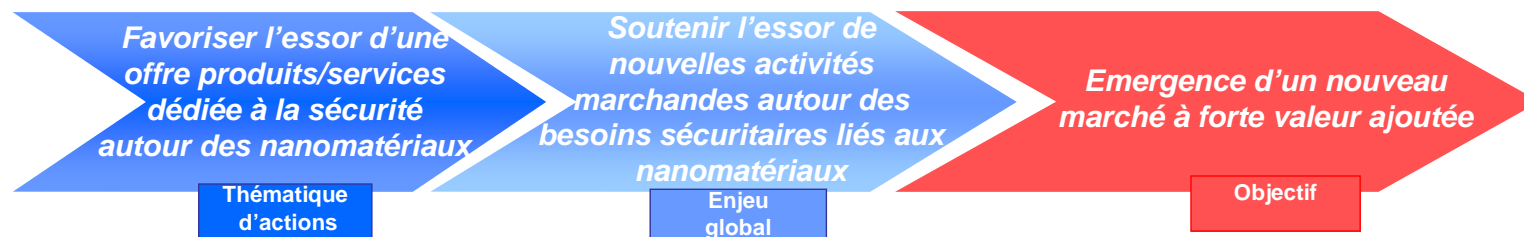
La France pourrait **proposer la mise sur pied d'un groupe de travail, piloté par un expert de l'AFNOR et composé de différents spécialistes, d'assureurs et d'industriels.** Plus spécifiquement, **la participation des PME à ce groupe de travail devrait être encouragée** pour leur permettre de s'approprier ce champ normatif essentiel aux relations commerciales d'import/export. Etant donné l'impact judiciaire des effets de l'amiante, le rôle des compagnies d'assurance dans ces réflexions sera notable.

Il s'agirait plus précisément de :

- **fixer des VLEP provisoires** aux postes de travail,
- **Favoriser l'application du principe STOP** (Substitution, Technologies, Organisation, Protection individuelle) dans l'industrie et les laboratoires de recherche
- **définir par décret ou arrêté les obligations des employeurs** (responsabilités civiles et pénales) face aux risques spécifiquement induits par les nanomatériaux
- **solliciter l'intégration dans la réglementation Reach et dans le droit européen**, des mesures spécifiques à déployer pour les procédés industriels liés aux nanomatériaux.

**La qualification des différents moyens de protection utilisés consisterait donc à s'assurer de leur efficacité et de leurs performances** pour arrêter les particules nanométriques ainsi qu'à préciser jusqu'à quels nanomètres ils peuvent être utilisés. Cette évaluation permettrait de **mieux adapter localement les moyens de protection à utiliser.** La qualification pourrait être **menée sur la plateforme technologique de manière mutualisée pour plusieurs familles de nanomatériaux et pour plusieurs entreprises exposées au même nanomatériau.**

## FICHE - ACTIONS N° 6



### Problématique globale

Après la mise en œuvre ou le lancement d'actions publiques correspondant aux thématiques évoquées précédemment, il est envisageable de concentrer spécifiquement les moyens sur l'aide à la création de nouvelles activités économiques liées à la sécurité de l'industrialisation des nanomatériaux.

Si la structuration de cette nouvelle filière semble prématurée à l'heure actuelle, la demande des industriels est d'ores et déjà croissante et un marché potentiel se dessine autour d'une offre de produits et services spécifiquement adaptée aux caractéristiques des nanomatériaux.

Ce nouveau marché à forte valeur ajoutée pourrait se structurer autour de divers métiers grâce à la diversification des activités traditionnelles de la sécurité et de la gestion des risques.

Le déploiement de cette nouvelle filière ne pourra aboutir que sur le long terme. La logique prospective adoptée identifie ainsi la première offre commerciale dédiée qui pourra émerger dans le cadre d'un soutien public.

### Propositions d'actions à encourager

➤ **6.1 Mettre en place les contrôles – sécurité dans les entreprises** : réaliser un cahier des charges pour le contrôle des outils et des méthodes de sécurisation; répartir les rôles entre les services de l'Etat et les sociétés de contrôle privées agréées



➤ **6.2 Stimuler le déploiement d'EPI et EPC dédiés en organisant des « journées techniques » entre industriels** ayant une demande spécifique et fabricants d'équipements pouvant développer une nouvelle offre de produits dédiés



➤ **6.3 Rendre obligatoire la formation du personnel encadrant exposé aux risques** liés aux nanomatériaux et favoriser le transfert de la formation continue vers des sociétés privées



## FICHE - ACTIONS N° 6

### Propositions d'actions à encourager

➤ **6.1 Mettre en place les contrôles – sécurité dans les entreprises** : réaliser un cahier des charges pour le contrôle des outils et des méthodes de sécurisation; répartir les rôles entre les services de l'Etat et les sociétés de contrôle privées agréées

➤ **6.2 Stimuler le déploiement d'EPI et EPC dédiés en organisant des « journées techniques » entre industriels** ayant une demande spécifique et fabricants d'équipements pouvant développer une nouvelle offre de produits dédiés

➤ **6.3 Rendre obligatoire la formation du personnel encadrant exposé aux risques** liés aux nanomatériaux et favoriser le transfert de la formation continue vers des sociétés privées

### Insertion des actions dans leur contexte

**L'extension des activités d'inspection et de contrôle techniques menées par quelques sociétés leader**, accréditées pour vérifier la conformité à des normes, à des textes réglementaires ou à un cahier des charges, constitue un **développement certain et prometteur de services dédiés à la sécurisation des procédés industriels des nanomatériaux**. Il s'agit là d'un **vaste marché** dans la mesure où le **contrôle sera élargi à l'ensemble de la chaîne industrielle des nanomatériaux, depuis la recherche jusqu'à la production et la fin de vie**.

Lorsque la caractérisation des risques présentés par les différents niveaux d'exposition aux nanomatériaux sera établie, **une offre de produits permettant une protection plus adaptée aux spécificités des nanomatériaux à l'instar de ce que Faure Ingénierie a déjà commencé à développer**, pourrait éventuellement voir le jour. Il s'agirait d'**optimiser les équipements de protection individuelle et collective déjà présents sur le marché** pour garantir une efficacité maximale à l'encontre des nanomatériaux. Toutefois, la production et l'utilisation de nanomatériaux ne donnera certainement pas lieu à la conception ex nihilo de nouveaux matériels.

**La privatisation de la dispense des formations continues** sur les bonnes pratiques de prévention et de protection face aux nanomatériaux est tout à fait envisageable sur le moyen et long terme. A partir du moment où la campagne de sensibilisation aura produit ses effets, **les catégories d'acteurs à former sur ces problématiques seront nombreuses**: dirigeants de PME, hygiénistes industriels, chefs de laboratoires, petit personnel exposé, etc. **Cette diversité de clients potentiels impliquera donc une diversification des programmes proposés**.

## FICHE - ACTIONS N° 6

### Propositions d'actions à encourager

➤ **6.1 Mettre en place les contrôles – sécurité dans les entreprises** : réaliser un cahier des charges pour le contrôle des outils et des méthodes de sécurisation; répartir les rôles entre les services de l'Etat et les sociétés de contrôle privées agréées

➤ **6.2 Stimuler le déploiement d'EPI et EPC dédiés en organisant des « journées techniques » entre industriels** ayant une demande spécifique et fabricants d'équipements pouvant développer une nouvelle offre de produits dédiés

➤ **6.3 Rendre obligatoire la formation du personnel encadrant exposé aux risques** liés aux nanomatériaux et favoriser le transfert de la formation continue vers des sociétés privées

### Modalités de mise en œuvre des actions

Pour favoriser la mise en place de ces contrôles, **les autorités compétentes devront réaliser un cahier des charges** stipulant les seuils et limites à respecter, les outils à recenser et à vérifier, les méthodes organisationnelles à observer. Les sociétés leader sur le marché du contrôle et de l'inspection (**Norisko, Apave, Bureau Veritas et Socotec, par exemple**) pourront alors former leur personnel et adapter leur équipement. Il faudra en outre **impliquer les DRIRE dans le suivi et la supervision de ces contrôles.**

Pour stimuler au mieux un marché qui s'annonce peu porteur, une journée technique pourrait être organisée sur la plateforme technologique en partenariat avec l'**Aspec (Association pour la Prévention et l'étude de la contamination)**. Cette rencontre viserait la **confrontation de l'offre et la demande en matière de solutions de réduction des risques liés aux nanomatériaux**. L'Aspec disposera en effet de l'expérience nécessaire à l'organisation de cette manifestation **puisqu'elle aura monté la première rencontre de ce type** au sein de ses membres en septembre 2009.

Il s'agirait de développer **un service marchand supplémentaire au sein des différents centres de formation et cabinets privés en leur confiant le soin d'organiser des journées de formation et des séminaires payants** à destination des chefs d'entreprises et du personnel encadrant concernés par les risques liés aux nanomatériaux manufacturés. Pour favoriser ce transfert, la communication déployée dans la thématique 2 et l'octroi du caractère obligatoire de la formation seront des atouts.



### **6.3 LES ACTEURS CIBLES PAR LES ACTIONS PUBLIQUES EN FAVEUR DE LA CONSTITUTION D'UNE FILIERE INGENIERIE SECURITE DEDIEE AUX NANOMATERIAUX**

Le synoptique suivant distribue **les 26 actions proposées en fonction de leur impact sur des cibles d'acteurs ou sur la nouvelle filière dans sa globalité.**

18 actions publiques peuvent **impacter directement 3 grandes catégories d'acteurs :**

- les **initiateurs du développement** de la nouvelle filière : les acteurs de la recherche académique et industrielle
- les **futures cibles commerciales** de la nouvelle filière : les producteurs et utilisateurs de nanomatériaux dans l'industrie
- les **futurs prestataires** de produits et services dans le cadre des nouvelles activités générées : les acteurs du marché de la sécurisation et la maîtrise des risques

**Les 8 autres actions concourent spécifiquement à définir les contours de la nouvelle filière en préparant le cadre de déploiement des futures activités économiques dédiées.** Leur impact ne s'adresse donc pas à un type d'acteurs en particulier mais **visent à favoriser et soutenir l'émergence de la filière dans sa globalité.**

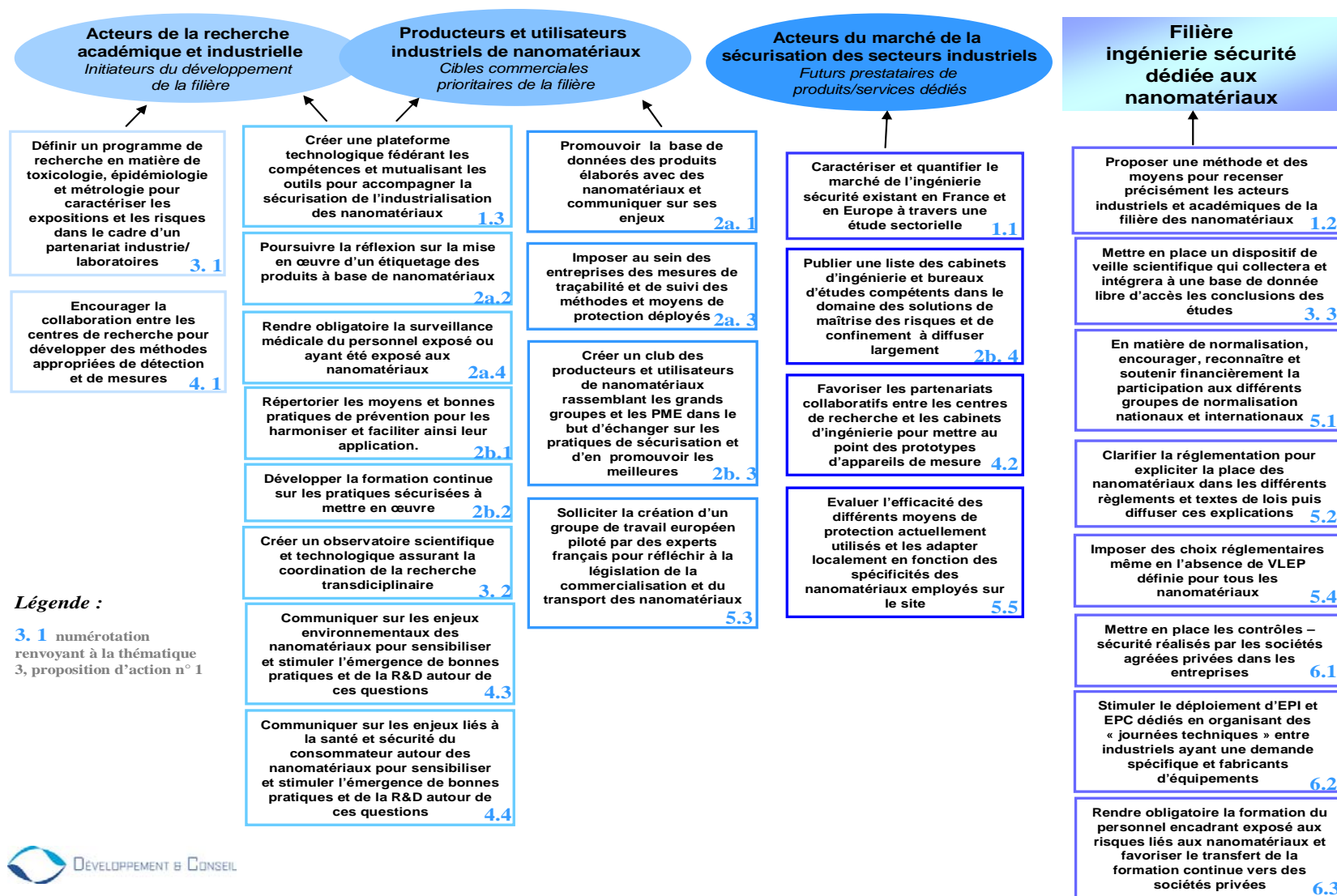


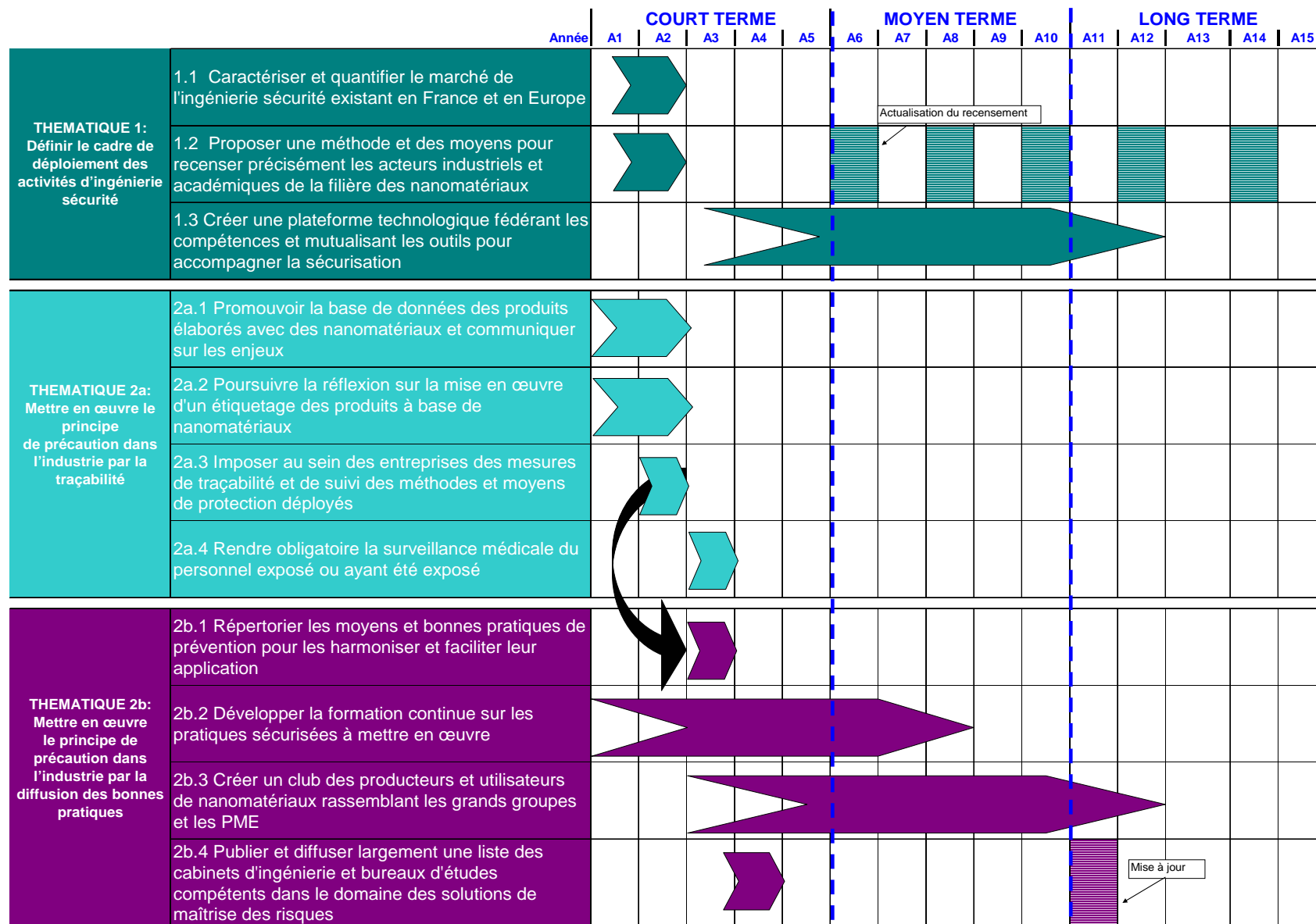
Figure 12 : Répartition des actions en fonction de leurs bénéficiaires ou de leur impact direct sur la création de la nouvelle filière

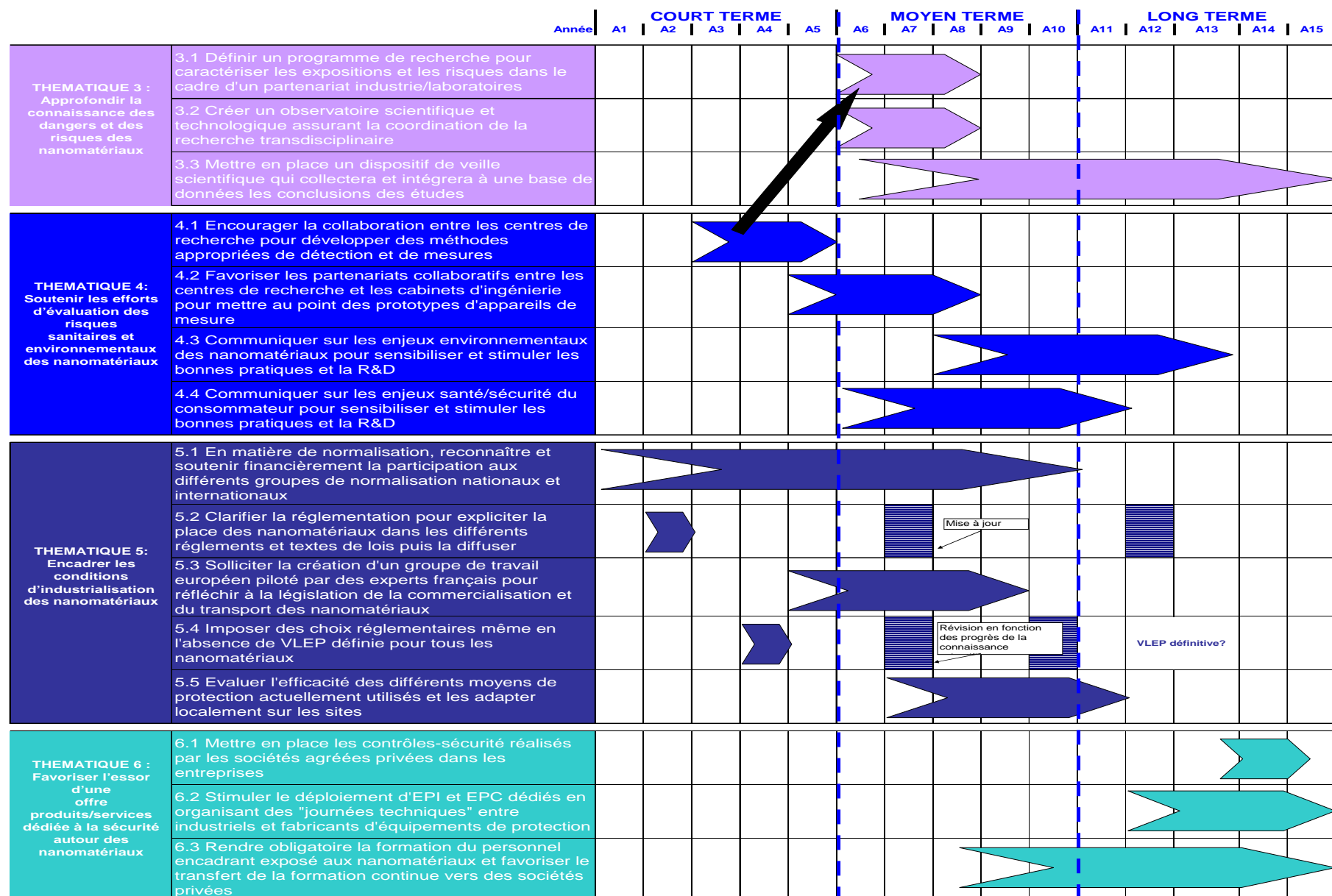
Source : Développement & Conseil, 2008



## **6.4 LA STRUCTURATION SEQUENTIELLE DU PLAN D' ACTIONS**

Les 6 thématiques déclinées en 26 actions sont proposées de manière séquentielle de manière à envisager leur planification dans le temps.





---

## 7 CONCLUSION

---

Cette étude prospective sur les opportunités et les modalités de structuration d'une nouvelle filière économique dédiée à l'ingénierie sécurité des nanomatériaux a permis de déceler les domaines d'activités et les champs de compétences à même de donner à la France un avantage concurrentiel dans le domaine de l'industrialisation sécurisée des nanomatériaux.

En effet, si la maîtrise des risques dans le domaine des nanomatériaux comporte des enjeux sanitaires et environnementaux de premier ordre, la gestion des risques liés aux applications industrielles des nanomatériaux s'accompagne aussi d'un enjeu économique majeur dans la mesure où toute une chaîne d'acteurs doit se structurer pour accompagner la mise en œuvre de procédés de fabrication et d'utilisation des nanomatériaux qui soient propres et sûrs.

Comme la structuration de la filière de l'ingénierie sécurité est indépendante des secteurs industriels applicatifs et que chaque domaine d'activité est transverse aux différentes industries à risques, le cadre de référence pour le déploiement d'une offre de produits et services propre aux nanomatériaux manufacturés est bien établi. Le développement d'une offre dédiée émanera donc d'une diversification des activités des sociétés déjà présentes sur le marché de la sécurisation des secteurs industriels à risques. Les acteurs du marché de la sécurité (notamment les fabricants de matériel de mesures ou d'équipements, les bureaux d'études et les sociétés prestataires de services en formation et contrôle) pourront ainsi élargir leur compétences et leur expertise au champ des nanomatériaux.

Toutefois, l'essor d'une nouvelle filière dédiée à l'ingénierie sécurité des nanomatériaux constitue un défi de long terme tant les connaissances actuelles concernant les risques pour la santé sont à approfondir. Mais le besoin de mesures et moyens de protection adaptés est déjà un sujet d'actualité pour les acteurs académiques et industriels exposés aux nanomatériaux. Aussi la puissance publique peut-elle d'ores et déjà s'impliquer dans la construction des bases nécessaires à l'émergence de ces nouvelles activités économiques en mettant en œuvre des actions de soutien visant dans un premier temps à orienter le déploiement des activités dédiées, mettre en œuvre le principe de précaution et favoriser la meilleure adéquation possible entre l'état de la recherche et les moyens de sécurité déployés dans l'industrie.

## **8 ANNEXES**

---

Ces annexes comprennent :

- la liste des membres du comité de pilotage de cette étude
- les contacts sollicités en phase 1 : experts et industriels
- les contacts sollicités en phase 2 : table ronde d'experts et responsables sécurité interrogés
- la table des figures et des tableaux

## 8.1 LE COMITE DE PILOTAGE DE L'ETUDE

<b>DGE</b>	TREPIED	Louis	<a href="mailto:louis.trepied@industrie.gouv.fr">louis.trepied@industrie.gouv.fr</a>
<b>CRT PLASMA LASER</b>	BERGAYA	Badreddine	<a href="mailto:crt.plasma-laser@univ-orleans.fr">crt.plasma-laser@univ-orleans.fr</a>
<b>CEA GRENOBLE</b>	BLOCH	Daniel	<a href="mailto:daniel.bloch@cea.fr">daniel.bloch@cea.fr</a>
<b>INERIS</b>	BOUILLARD	Jacques	<a href="mailto:jacques.bouillard@ineris.fr">jacques.bouillard@ineris.fr</a>
<b>DGT</b>	CHEVALLIER	Raphaël	<a href="mailto:raphael.chevallier@dgt.travail.gouv.fr">raphael.chevallier@dgt.travail.gouv.fr</a>
<b>CNRS</b>	COURBON	Joël	<a href="mailto:joel.courbon@insa-lyon.fr">joel.courbon@insa-lyon.fr</a>
<b>AFNOR</b>	CROGUENNEC	Benoît	<a href="mailto:benoit.croguennec@afnor.org">benoit.croguennec@afnor.org</a>
<b>AFSSET</b>	DIXSAUT	Gilles	<a href="mailto:gilles.dixsaut@afsset.fr">gilles.dixsaut@afsset.fr</a>
<b>ARKEMA</b>	GAILLARD	Patrice	<a href="mailto:patrice.gaillard@arkemagroup.com">patrice.gaillard@arkemagroup.com</a>
<b>FEDERATION DE LA PLASTURGIE</b>	HENRY-GENIER	Sophie	<a href="mailto:s.henry@fed-plasturgie.fr">s.henry@fed-plasturgie.fr</a>
<b>DGRI</b>	POSTAIRE	Eric	<a href="mailto:eric.postaire@recherche.gouv.fr">eric.postaire@recherche.gouv.fr</a>
<b>CEA</b>	TARDIF	François	<a href="mailto:francois.tardif@cea.fr">francois.tardif@cea.fr</a>

## 8.2 LES CONTACTS SOLLICITES EN PHASE 1

### *Les industriels contactés - phase 1*

Structure	Contact	Email	Poste	Effectif	Domaine
<b>EADS</b>	Didier Lang	<a href="mailto:didier.lang@eads.net">didier.lang@eads.net</a>	Directeur scientifique	700	La construction aéronautique et spatiale
<b>Areva NC</b>	Jean François Geny	<a href="mailto:jean-francois.geny@areva.com">jean-francois.geny@areva.com</a>	R & D	58 000	Energie
<b>Liebherr</b>	Claude Rossignol	<a href="mailto:clauderossignol@liebherr.com">clauderossignol@liebherr.com</a>	Responsable matériaux	800	La construction aéronautique et spatiale
<b>Médical Group</b>	Salomon Thomas	<a href="mailto:t.salomon@coating.fr">t.salomon@coating.fr</a>	Directeur Technique et Développement	70	L'industrie du Bio Médical
<b>Pierre Fabre</b>	Jacques Victory	<a href="mailto:jacques.victory@pierre-fabre.com">jacques.victory@pierre-fabre.com</a>	Responsable coordination recherche et prospective	9000	L'industrie de la cosmétique et de la parfumerie
<b>Alcan Centre de Recherche</b>	Bruno Dubost	<a href="mailto:Bruno.dubost@alcan.com">Bruno.dubost@alcan.com</a>	Directeur Scientifique Alcan Engineered Products, Technology & Innovation	270	L'industrie de la métallurgie et de la transformation des métaux
<b>Arcelor</b>	Philippe Legros	<a href="mailto:philippe.legros@arcelormittal.com">philippe.legros@arcelormittal.com</a>	Surface Functionalisation & Toxicology, R & D	100 000	
<b>Devanlay</b>	Thierry Scaglia	<a href="mailto:tscaglia@devanlay.fr">tscaglia@devanlay.fr</a>	Responsable qualité	5000	L'industrie textile
<b>Trelleborg</b>	Patrice Fort	<a href="mailto:patrice.fort@trelleborg.com">patrice.fort@trelleborg.com</a>	Resp Advanced Engineering France	8000	L'industrie du caoutchouc
<b>Gerflor</b>	Christophe Vincent	<a href="mailto:cvincent@gerflor.com">cvincent@gerflor.com</a>	Responsable Normalisation	1500	La transformation des matières premières plastiques
<b>Ciments Calcia</b>	Claude Haehnel	<a href="mailto:chaehnel@ctg.fr">chaehnel@ctg.fr</a>	Responsable R & D - Centre technique du groupe Ital Cementi (ex-ciments français)	2000	L'industrie des produits céramiques et des matériaux de construction
<b>EDF</b>	Didier Noël	<a href="mailto:didier.noel@edf.fr">didier.noel@edf.fr</a>	Chercheur Senior	Plus de 100 000	Energie
<b>Fédération de la Plasturgie</b>	Sophie Henry-Génier	<a href="mailto:s.henry@fed-plasturgie.fr">s.henry@fed-plasturgie.fr</a>	Responsable Innovation		

13 industriels ont été contactés lors de cette première phase. Ces industries couvrent un large panel de secteurs, un nombre important d'employés, et permettent d'identifier les enjeux de l'ingénierie sécurité pour de nombreuses filières.

*Les 11 experts contactés - phase 1*

Structure	Contact	Email	Poste
VIGICELL	Jean Emmanuel Gilbert	<a href="mailto:jem.gilbert@vigicell.fr">jem.gilbert@vigicell.fr</a>	Directeur
INRS	Myriam Ricaud	<a href="mailto:myriam.ricaud@inrs.fr">myriam.ricaud@inrs.fr</a>	Département Expertise et Conseil Technique - Pôle Risques Chimiques
MEDAD - Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables	Francine Berthier	<a href="mailto:Francine.berthier@developpement-durable.gouv.fr">Francine.berthier@developpement-durable.gouv.fr</a>	
MEDAD - Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables	Philippe Chemin	<a href="mailto:Philippe.chemin@developpement-durable.gouv.fr">Philippe.chemin@developpement-durable.gouv.fr</a>	Direction de la prévention des pollution et risques
Direction Générale du Travail	Raphaël Chevallier	<a href="mailto:Raphael.chevallier@dgt.travail.gouv.fr">Raphael.chevallier@dgt.travail.gouv.fr</a>	Chargé de mission
CEA Grenoble	Daniel Bloch	<a href="mailto:daniel.bloch@cea.fr">daniel.bloch@cea.fr</a>	Médecin
AFNOR	Benoît Croguennec	<a href="mailto:benoit.croguennec@afnor.org">benoit.croguennec@afnor.org</a>	Chef de Projet Nanotechnologies
Arkema	Patrice Gaillard	<a href="mailto:patrice.gaillard@arkemagroup.com">patrice.gaillard@arkemagroup.com</a>	Chef de projet Nanotube
CNRS	Joël Courbon	<a href="mailto:joel.courbon@insa-lyon.fr">joel.courbon@insa-lyon.fr</a>	INSA Lyon
CEA Grenoble	Daniel Bloch	<a href="mailto:daniel.bloch@cea.fr">daniel.bloch@cea.fr</a>	Médecin
CRT Plasma Laser	Badreddine Bergaya	<a href="mailto:crt.plasma-laser@univ-orleans.fr">crt.plasma-laser@univ-orleans.fr</a>	Directeur Général



### 8.3 LES CONTACTS SOLLICITES EN PHASE 2

*Les participants à la table ronde organisée le 11 juin 2008 à la Direction Générale des Entreprises – phase 2*

Comité de pilotage de l'étude « Nanomatériaux : Ingénierie sécurité »	
Louis Trepied	DGE
Benoit Croguennec	AFNOR
Jacques Bouillard	INERIS
Raphael Chevallier	DGT
Daniel Bloch	CEA
Experts de l'ingénierie sécurité	
Françoise Marcenac	RHODIA
Maurice Zinsius	BASF
Jean-Pierre Chabassier	NORISKO, direction technique et méthodes
Olivier Witschger	INRS, métrologie des polluants
Myriam Ricaud	INRS, expertise et conseil technique
Jacques Vendel	IRSN, département métrologie
Développement & Conseil	
Emmanuel Grillot	Manager
Audrey Gortana	Consultante

*Les responsables sécurité du monde industriel, interrogés lors de l'enquête téléphonique – phase 2*

Fédérations professionnelles et assimilés		
Mme Vandriessche	ASPEC -	Association pour la Prévention et l'Etude de la Contamination
Mme Gauvin	FIPEC -	Fédération des industries des peintures, encres, couleurs, colles et adhésifs
M.Cochet	CSTB -	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
Groupes industriels		
M.Gaillard	Arkema	
M.Peters	Michelin	
M.Bombardier	Faure Ingénierie	

## 8.4 TABLES DES FIGURES ET DES TABLEAUX

### Table des figures

<b>Figure 1 :</b> Regroupement des étapes du cycle de vie des nanomatériaux.....	8
<b>Figure 2 :</b> Les types de risques accidentels identifiés lors des différentes étapes .....	9
<b>Figure 3 :</b> La chaîne industrielle des nanomatériaux,.....	14
<b>Figure 4 :</b> La démarche stratégique d'évaluation et de gestion des risques .....	23
<b>Figure 5 :</b> La filière d'ensemble de l'ingénierie sécurité .....	28
<b>Figure 6 :</b> Positionnement français sur les principaux enjeux relatifs au déploiement d'une industrialisation sécurisée des nanomatériaux.....	34
<b>Figure 7 :</b> Priorisation des besoins des industriels en matière d'ingénierie sécurité pour les nanomatériaux .....	38
<b>Figure 8 :</b> Synthèse des freins au développement rapide d'une offre marchande pour l'ingénierie sécurité des nanomatériaux .....	40
<b>Figure 9 :</b> Hiérarchisation des besoins en matière d'ingénierie sécurité pour les nanomatériaux.....	42
<b>Figure 10 :</b> Les couples « technologies/produits/services- marché » à décliner.....	43
<b>Figure 11 :</b> Synthétique des propositions de fiches-actions .....	48
<b>Figure 12 :</b> Répartition des actions en fonction de leurs bénéficiaires ou de leur impact direct sur la création de la nouvelle filière .....	72

### Table des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Les risques des différents secteurs utilisateurs des principaux nanomatériaux.....	11
<b>Tableau 2 :</b> Les risques liés aux utilisations de nanomatériaux par la population .....	12
<b>Tableau 3 :</b> Degré de risque sur l'ensemble du cycle de vie des nanomatériaux .....	13
<b>Tableau 4 :</b> Evaluation du nombre de salariés exposés dans différents laboratoires académiques lors des opérations de conception de particules nanostructurées .....	14
<b>Tableau 5 :</b> Evaluation du nombre de salariés exposés dans différents secteurs industriels lors des opérations de production industrielle de particules nanostructurées .....	15
<b>Tableau 6 :</b> Secteurs d'activités utilisant les nanomatériaux pour des applications commerciales.....	17
<b>Tableau 7 :</b> Synthèse des mesures de prévention des risques dans 3 familles d'activités industrielles à risques.....	25