

# Ingénierie sécurité pour les nanomatériaux : Quelles opportunités et modalités de déploiement en France pour une filière dédiée ?

Étude réalisée par  
Développement & Conseil pour le compte de la DGE  
Ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi

La Direction Générale des Entreprises a souhaité disposer d'une étude prospective sur les opportunités et les modalités de structuration d'une nouvelle filière économique centrée sur l'ingénierie sécurité des nanomatériaux, dans la perspective d'accompagner le développement responsable des nanomatériaux. L'étude vise plus particulièrement à déceler les domaines d'activités et les compétences à même de donner à la France un avantage concurrentiel dans le domaine de l'industrialisation sécurisée des nanomatériaux

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 accompagner la mise en œuvre de procédés de fabrication et d'utilisation des nanomatériaux qui soient propres et sûrs.

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 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.

## ■ Périmètre 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.

L'accompagnement du développement responsable des nanomatériaux correspond à une exigence de maîtrise des risques à chaque étape du cycle de vie des nanomatériaux. L'étude porte donc (figure 1) sur la sécurité dans l'élaboration et l'intégration des nanomatériaux, mais aussi en aval, à l'utilisation, au transport et à la fin de vie des objets contenant des nanomatériaux.

## ■ Les populations exposées aux nanomatériaux

Si l'inventaire des activités de recherche sur les nanotechnologies et nanomatériaux 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 plus difficile de fournir une indication précise des populations exposées dans un contexte industriel et au sein de la population générale.

De nombreuses études sont actuellement en cours pour les quantifier.

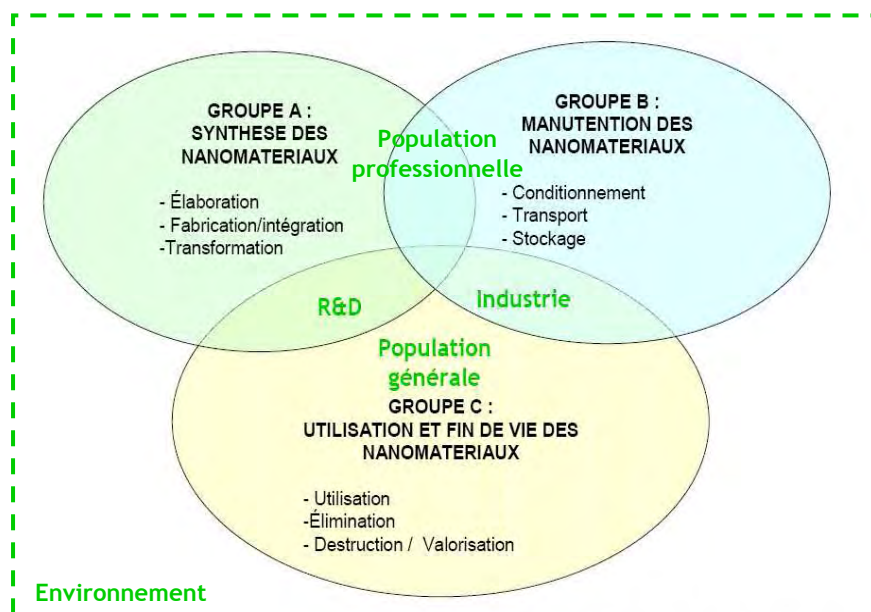
## ■ Les risques liés aux nanomatériaux

Les données toxicologiques relatives aux nanomatériaux sont encore parcellaires.

Certains dangers potentiels pour l'homme et l'environnement liés à l'exposition aux nanomatériaux manufacturés ont été identifiés. L'exposition peut avoir lieu par voie cutanée, par ingestion ou plus fréquemment, par inhalation. L'identification des dangers potentiels repose sur la mise à jour des données sur la toxicité humaine des nanomatériaux (effets notamment pulmonaires, cutanés, oculaires, vasculaires, digestifs), la génotoxicité, le danger d'explosion, et sur les données actuellement disponibles en matière d'écotoxicité des nanomatériaux.

On peut distinguer, sur l'ensemble du cycle de vie des nanomatériaux :

Figure 1 : Les étapes du cycle de vie des nanomatériaux au regard des populations potentiellement exposées



- les risques industriels accidentels menaçant les biens, les personnes et l'environnement. Ces risques sont encadrés par une stratégie de contrôle dédiée à la sécurité du site et des procédés.

- les risques industriels chroniques qui menacent en fonctionnement normal l'hygiène et la sécurité du personnel aux postes de travail. Ils font l'objet de méthodes de prévention et de protection concernant l'organisation, l'information, la surveillance, les équipements et le management global. Ces stratégies de gestion des risques des environnements de travail potentiellement dangereux sont largement éprouvées dans les secteurs industriels matures soumis à des risques (chimie, pharmacie, nucléaire).

**Thématiques structurant les activités de la filière :**  
 - Métrologie - Sécurité du personnel - Sûreté des installations  
 - Protection de la population et de l'environnement

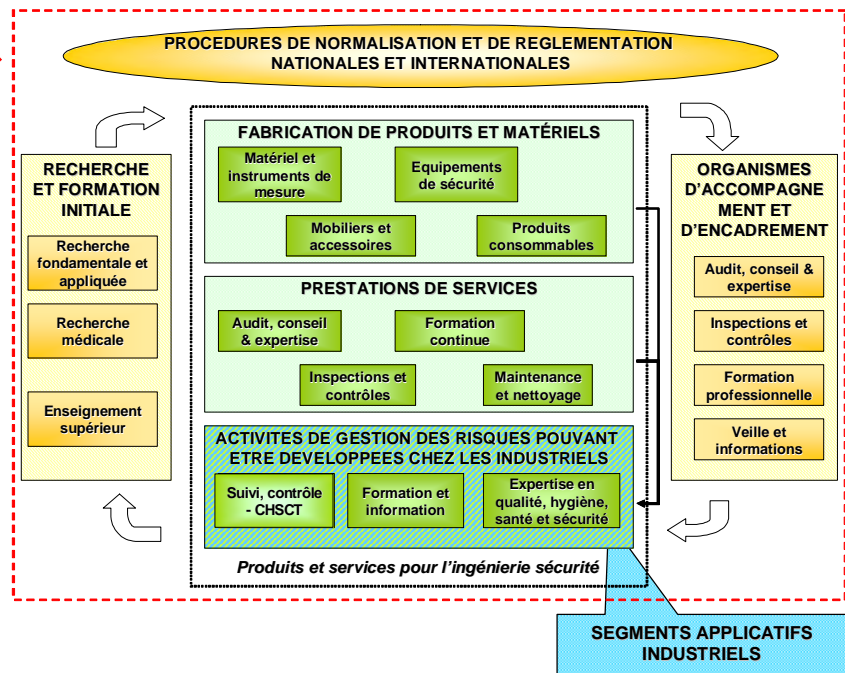


Figure 2 : La filière d'ensemble de l'ingénierie sécurité

**Le cadre de référence pour le déploiement de la filière ingénierie sécurité dédiée aux nanomatériaux**

Il n'y a pas de structuration spécifique de la filière ingénierie sécurité dans son application aux nanomatériaux. La filière d'ensemble de l'ingénierie sécurité (figure 2) est transverse aux différents secteurs industriels à risques et sert donc de cadre de référence pour le déploiement des activités d'ingénierie sécurité dédiées aux applications industrielles

des nanomatériaux. Cette filière se structure autour de 4 thématiques sécuritaires : la métrologie, la sécurité du personnel, la sûreté des installations, la protection de la population et de l'environnement. Sous ces 4 thématiques, l'offre commerciale de produits et services en ingénierie sécurité recense 63 métiers que l'on peut regrouper en 3 grandes familles d'acteurs :

- les fabricants de matériel de mesures, mobiliers, équipements et produits consommables
- les bureaux d'étude : cabinets

d'ingénieurs conseil et entreprises de conception de solution

- les sociétés prestataires de services : sociétés de formation, de contrôle, de nettoyage, de maintenance, de remédiation

**Les besoins et attentes en matière d'ingénierie sécurité autour des nanomatériaux**

Les experts de la sécurité issus du monde de la recherche et de l'industrie ont exprimé au cours de l'enquête réalisée par Développement & Conseil leurs besoins prioritaires (figure 3)

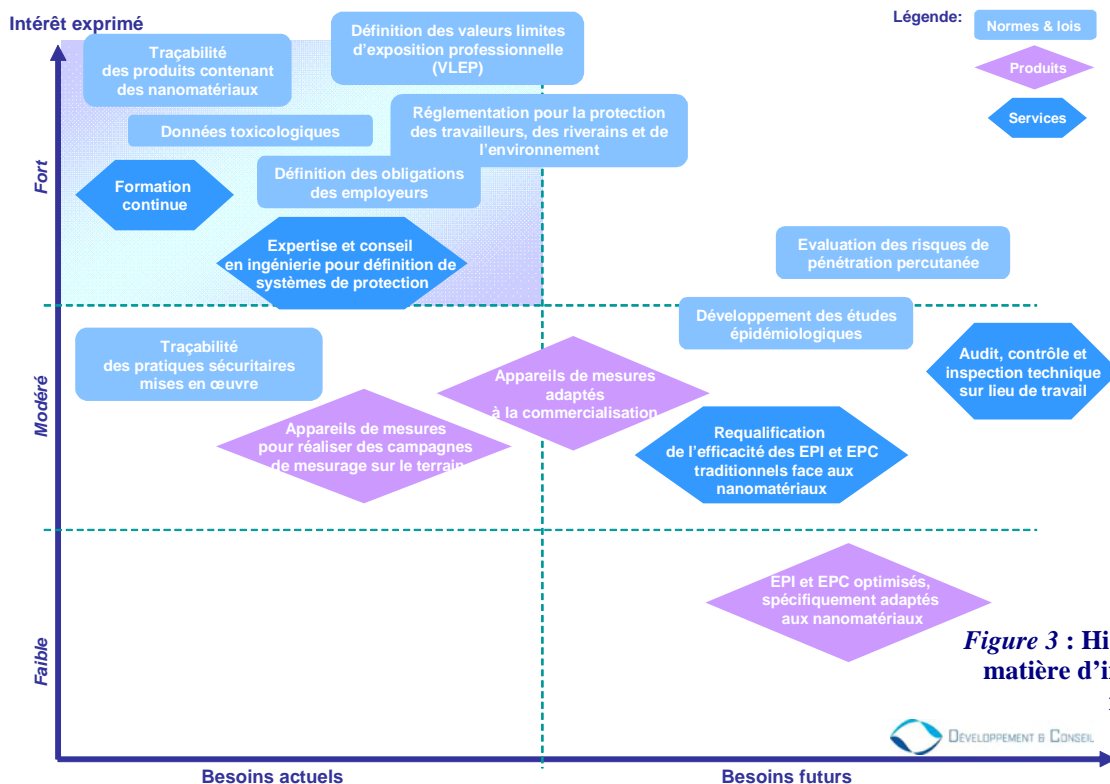
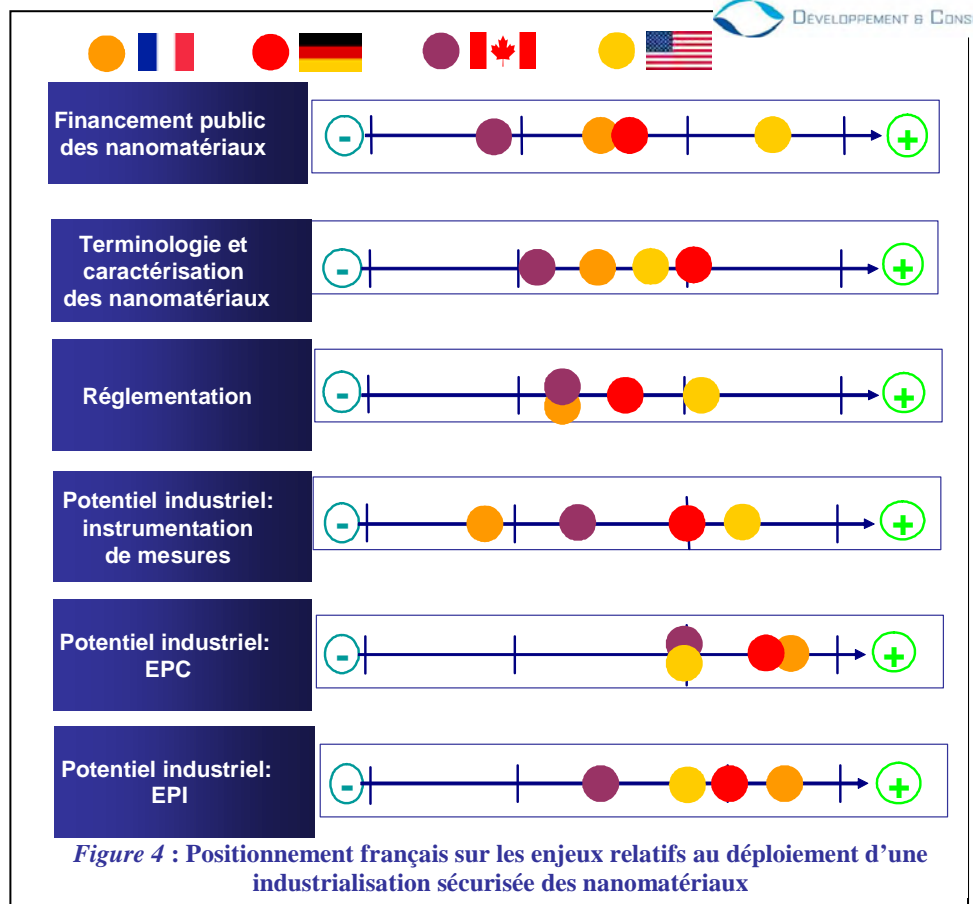


Figure 3 : Hiérarchisation des besoins en matière d'ingénierie sécurité pour les nanomatériaux

pour mettre en œuvre des méthodes et moyens sécuritaires adaptés aux spécificités des nanomatériaux.

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 le développement d'une offre de produits et services dédiée à la sécurisation des applications industrielles des nanomatériaux est encore prématuré. L'état actuel de la connaissance scientifique, notamment dans les domaines de la toxicologie et de la métrologie, ainsi que l'absence de toute normalisation (notamment de l'établissement de VLEP primaires) ne permettent pas à l'heure actuelle de mettre en place une gestion des risques et des activités d'ingénierie sécurité spécifiquement conçues pour les nanomatériaux. Toutefois, l'offre pourra se structurer autour des besoins exprimés par les chercheurs et industriels concernés.



### Les potentialités actuelles de la France en vue du développement d'activités d'ingénierie sécurité dédiées aux nanomatériaux

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 la capacité de la France à répondre aux besoins des industriels (figure 4).

Ainsi, la France se classe au 4<sup>ème</sup> rang mondial en terme de financement public des nanomatériaux avec 67 Mio € investis en 2007.

L'Allemagne et les Etats-Unis sont pionniers dans la réflexion concernant la terminologie et la recherche sur la caractérisation, mais l'INRS participe activement aux programmes européens. De même, l'Allemagne et les Etats-Unis ont établi une réglementation nationale assez précise malgré l'absence actuelle de normes ISO et CEN.

En matière d'instrumentation de mesures, les industriels allemands sont en avance car ils possèdent déjà une expertise en-dessous de 0.1 micron.

Le marché des équipements de protection collective est très développé dans l'ensemble des pays comparés. Il faut signaler que la France a mis au point le premier équipement de

protection contre les nanoparticules au niveau mondial (enceinte de confinement dédiée).

Le potentiel industriel de la France en matière d'équipements de protection individuelle est également fort car la France dispose d'entreprises leaders sur le marché mondial.

### Les marchés prioritairement impactés par la structuration en France d'une nouvelle filière ingénierie sécurité dédiée aux nanomatériaux

Etant donné la disparité 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.

La première phase correspond au court terme et pourrait se caractériser par le développement de services en formation continue et en expertise/conseil en solutions de protection. La diffusion des bonnes pratiques de prévention et protection à mettre en œuvre en l'état actuel des connaissances par

des organismes para-publics d'accompagnement de la gestion des risques peut d'ores et déjà être assurée auprès des industriels concernés et des préventeurs publics et privés. L'offre de services en ingénierie proposée par des bureaux d'études consisterait à évaluer les besoins en protection des entreprises manipulant des nanomatériaux, afin de leur fournir une expertise à même de les aider à déployer des procédures de contrôle et gestion des risques les plus adaptés en l'absence de VLEP et d'EPI/EPC dédiés, et éventuellement, de leur proposer une solution technique appropriée à leurs besoins.

Le développement d'une nouvelle instrumentation pour la mesure des expositions sur le lieu de travail constitue également un besoin pressant : toutefois, 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 ne semble pas assez développé. L'industrie française peut éventuellement se positionner sur une micro-niche de la nanométrie non-encore exploitée à l'étranger.

Sur le moyen et long termes, une seconde offre commerciale de produits et services pourrait être envisageable. Cette offre serait caractérisée par la

mise en place de contrôles de conformité effectués par des sociétés accréditées et par l'optimisation des EPC et EPI présents sur le marché. Le développement d'une offre de « produits dédiés » restera confidentiel dans la mesure où les solutions existantes en matière de réduction des expositions garantissent déjà des niveaux élevés de protection.

En revanche, la diversification des activités des sociétés spécialisées dans l'inspection technique pourrait connaître un développement prometteur car elle pourrait s'appliquer 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 ces prestations n'est pas envisageable tant que la définition des seuils à respecter et des prescriptions techniques à observer ne fera pas l'objet d'une normalisation et d'une réglementation.

### Les propositions d'actions pour soutenir le développement de la nouvelle filière d'ingénierie sécurité des nanomatériaux

Suite aux analyses réalisées dans l'étude, un cadre de déploiement des politiques publiques visant à accompagner et à soutenir la

structuration d'une nouvelle filière économique consacrée à l'ingénierie sécurité des nanomatériaux a été proposé. Ce cadre (figure 5) est organisé autour de 6 grandes thématiques d'actions illustrées par la proposition exhaustive de 26 actions pouvant concrètement répondre aux enjeux de cette nouvelle filière.

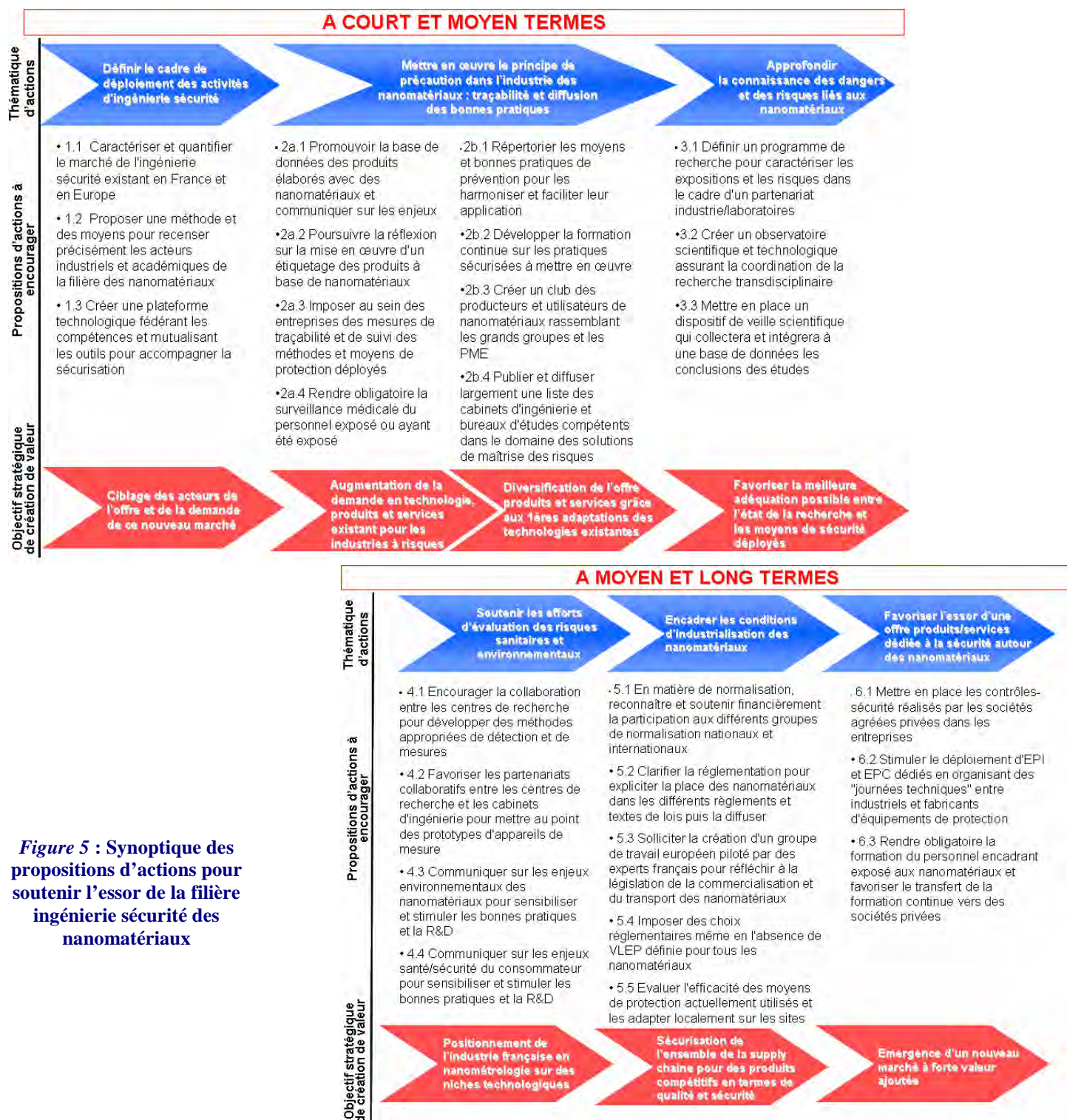


Figure 5 : Synoptique des propositions d'actions pour soutenir l'essor de la filière ingénierie sécurité des nanomatériaux