

Convergence NBIC et environnement

Nanotechnologies, biotechnologies, technologies de l'information et de la communication, sciences cognitives : **opportunités et risques environnementaux des technologies convergentes.**

Une nouvelle révolution industrielle

Qu'y a-t-il de nouveau dans les domaines scientifique et technique ? Nous sommes à l'aube de ce que l'on nomme déjà la troisième révolution industrielle. Initiée par le développement rapide des nanotechnologies, cette nouvelle révolution se traduit par la multiplication d'innovations à la croisée entre les nanotechnologies, les biotechnologies, les technologies de l'information et de la communication et les sciences cognitives. C'est

cette réalité que l'on résume sous l'appellation « convergence NBIC ». Nous avons devant nous un champ immense de découvertes et d'applications qui appelle le soutien, mais aussi la vigilance, des autorités publiques.

« Les nanotechnologies renferment un potentiel énorme en termes de bénéfices sociaux, économiques et environnementaux – des techniques innovantes pour la médecine à l'économie de ressources, de l'énergie aux progrès dans la détection et la rémédiation de la pollution. Cependant, avec des impacts environnementaux encore largement inconnus et des contrôles publics largement absents, des recherches plus systématiques et des politiques ciblées par secteur s'avèrent nécessaires »¹.

1. Emerging Challenges – Nanotechnology and the Environment, Geo Year Book, United Nations Environment Programme, 2007, p : 2, traduction de l'auteur.

La lettre ADEME & vous - Recherche est une lettre d'information régulière

destinée à la communauté scientifique (laboratoires, entreprises, collectivités territoriales...) et également aux décideurs. Il s'agit, à travers ce support, de faire connaître le travail de recherche et développement et d'innovation de l'ADEME, de promouvoir ses résultats et de vulgariser les connaissances.

Que sont les nanotechnologies et la convergence NBIC ?

À la rencontre entre la physique, la chimie et la biologie, les nanosciences recouvrent une grande variété d'objets d'études et d'applications, au point que la définition même du terme « nanotechnologies » fait débat. **Un point commun** existe cependant, celui d'œuvrer à **l'échelle nanométrique**. Un nanomètre correspond à **un milliardième de mètre**. Par comparaison, un cheveu humain est 80 000 fois plus gros. Les nano-objets, c'est-à-dire mesurant entre 1 et 100 nanomètres, ouvrent un monde nouveau où il devient possible de **comprendre et de structurer la matière au niveau atomique, moléculaire et supra moléculaire**. **Le passage à l'échelle nanométrique ne se limite pas à une simple miniaturisation**. En effet, les concepts de la physique macroscopique sont caducs à cette échelle. Le poids devient négligeable devant les forces d'adhésion et, dans

certaines conditions, les comportements s'avèrent intrinsèquement quantiques. Les propriétés chimiques se complexifient également puisqu'interviennent d'autres facteurs que la composition chimique : la surface, la forme ou le procédé de production de la matière considérée. Physiciens, chimistes et ingénieurs sont conduits à une véritable révolution conceptuelle. Les **nanotechnologies** sont aussi le **principal catalyseur de la convergence NBIC**, c'est-à-dire du développement d'innovations mêlant les nanotechnologies, les biotechnologies, les technologies de l'information, et les sciences cognitives. Les possibilités techniques offertes sont inédites. À terme, l'intégration de la communication, du calcul informatique et des capacités biologiques dans des dispositifs moléculaires nanostructurés présente un immense potentiel social, économique mais aussi écologique.

Quelle mise en œuvre ?

Une grande variété de produits issus des nanotechnologies est déjà présente sur le marché, y compris dans des produits usuels à destination du grand public. On trouve ainsi des nanoparticules de dioxyde de titane dans les crèmes solaires et des nanotubes de carbone incorporés dans les raquettes de tennis. Demain, les nanotechnologies auront, de toute évidence, un impact important sur l'ensemble de l'industrie. La capacité de manipuler et de créer des dispositifs à l'échelle moléculaire modifiera profondément des secteurs aussi différents que la médecine, la production industrielle, la distribution de l'eau, l'énergie, les technologies de l'information et de la communication ou encore les transports.

Les nanotechnologies et les technologies convergentes font actuellement l'objet d'**investissements massifs en R&D**, ce qui favorise leur expansion rapide et augure d'une place prépondérante dans l'économie globale future. En 2014, on s'attend à ce que les seules nanotechnologies créent 10 millions d'emplois dans le monde et qu'elles génèrent une production de biens de 2 600 milliards de dollars, autant que les technologies de l'information et de la communication réunies ! Les bénéfices prévus sont énormes : 1 000 milliards de dollars entre 2010 et 2015. Cette rentabilité attendue va de pair avec une compétition acharnée pour les brevets industriels et les parts de marché. L'Europe risque déjà un décrochage économique par rapport aux États-Unis et à l'Asie. Ce sont les futures positions économiques et géostratégiques dominantes qui se dessinent aujourd'hui. De tels bouleversements industriels annoncés appellent forcément l'action des pouvoirs publics, d'autant que, comme pour d'autres technologies innovantes au développe-

ment rapide, **l'accent a été mis sur les opportunités et les bénéfices et peu sur les risques sanitaires et environnementaux qui pourraient en découler**. Pourtant, il faut s'assurer que les propriétés radicalement nouvelles de la matière à l'échelle nanométrique, qui rendent ces technologies si prometteuses pour la science et l'industrie, n'entraînent pas des effets non souhaités sur la santé humaine et l'environnement. Les risques sanitaires et environnementaux de ces innovations demeurent peu connus à ce jour et demandent la vigilance des pouvoirs publics.

L'ADEME en action

L'ADEME s'est engagée dans plusieurs actions d'accompagnement des mutations technologiques en cours. Son objectif est de favoriser le potentiel écologique des avancées scientifiques tout en minimisant les éventuels risques sanitaires et environnementaux. Outre le financement de **thèses et de projets** en rapport avec les nanotechnologies, **l'ADEME est, avec le MEEDDAT, en charge d'un exercice de prospective, au niveau européen, sur les impacts environnementaux de la convergence NBIC**. Il s'agit de la tâche n° 6 du projet ERA-Net SKEP. Pour mieux situer ces différentes actions sur un sujet encore mal connu du grand public comme des professionnels de l'environnement, revenons rapidement sur les principaux enjeux des nanotechnologies et de la convergence NBIC du point de vue de l'ADEME.

Un potentiel écologique prometteur

Les nanotechnologies et les technologies convergentes ouvrent **des possibilités inédites et prometteuses dans le domaine de l'environnement** :

- En permettant une économie probable de matières.
- En offrant des possibilités de réduction/substitution de matériaux aux impacts environnementaux importants.
- En offrant de nouvelles fonctionnalités aux produits (par exemple épuration de l'air pour les peintures).
- En permettant l'élaboration d'**alternatives durables aux pratiques actuelles de production, de stockage et de consommation de l'énergie** (on peut notamment citer les batteries, les panneaux solaires et les piles à combustibles).
- En permettant une traçabilité améliorée des produits (grâce notamment aux puces RFID²) qui fait actuellement défaut pour la compréhension et la connaissance des impacts environnementaux des produits de grande consommation.
- En améliorant le **suivi de l'environnement** avec le développement de capteurs plus sensibles et capables de transmettre des informations en temps réel.

Ainsi, l'approche sur les matériaux cherche à tirer parti de l'intérêt lié à la surface des particules, d'une part, et, d'autre part, des spécificités des propriétés induites par la taille. Dans le domaine des batteries par exemple, les nanomatériaux sont très étudiés car ils ouvrent des voies permettant une augmentation des capacités de stockage et des rendements via une augmenta-

tion de la surface spécifique et donc de l'activité des particules. Une vingtaine de thèses et une dizaine de projets soutenus par l'ADEME sont en rapport avec les nanotechnologies, qu'il s'agisse de l'élaboration de nanocristaux de silicium pour les cellules photovoltaïques à haut rendement ou du stockage de l'électricité.

Valider les performances et soutenir l'innovation

Les performances environnementales de ces nouvelles technologies doivent toutefois être totalement validées et comparées aux solutions alternatives. Par exemple, la dépollution des sols peut être réalisée via des nanoparticules mais aussi en faisant pousser des végétaux spécifiques. Concernant le soutien à apporter à ces nouvelles technologies, le problème pour l'ADEME est le suivant. Si les technologies convergentes à visée environnementale tiennent effectivement leurs promesses, **le risque est de n'avoir pas suffisamment investi dessus. A contrario, si ces technologies ne tiennent pas leurs promesses, le risque est de nous détourner d'investissements technologiques plus efficaces et de retarder la mise en œuvre de mesures de prévention et de rémédiation non technologiques.**

Un autre problème à prendre en compte réside dans **l'acceptabilité du public et les choix des consommateurs**. En effet, la rentabilité et la diffusion des innovations environnementales dépendent non seulement de leurs qualités intrinsèques mais aussi de perceptions qu'en a le public. Si l'opinion peut facilement accepter les applications environnementales, elle peut aussi tout aussi bien les rejeter pour des raisons socio-économiques, éthiques ou en cas d'éventuel accident sanitaire ou environnemental. Le cas des OGM est une illustration récente des oppositions et des difficultés que les innovations affrontent de nos jours.

Promouvoir les innovations écologiques issues des technologies convergentes implique donc de prendre en compte les demandes sociales d'aujourd'hui et de demain. De cette contrainte relativement nouvelle pour les autorités publiques découle la nécessité de mener de nouvelles recherches. Comment mobiliser efficacement la société civile à travers des démarches participatives ? Que peut-on répondre aux demandes de moratoires ? Quelles sont les informations et les garanties demandées par les consommateurs ? Dans un contexte d'incertitudes scientifique, est-il opportun de labelliser les nouveaux produits sur le modèle de ce qui a été fait pour les OGM ? Comment faire, alors que la question est déjà extrêmement complexe dans le cas des seules nanotechnologies ? Comment nommer les applications environnementales : « écologiques », « nano-bio-info-cogno » ou les deux à la fois ?

Focus

Nanotechnologies et stockage de l'énergie

À l'aube de la raréfaction des ressources pétrolières, l'électricité est appelée à jouer un rôle de plus en plus important dans notre consommation énergétique quotidienne. Hautement problématique par rapport aux carburants liquides, le stockage de l'électricité a fortement progressé ces dernières décennies grâce notamment aux accumulateurs au lithium et aux supers condensateurs. Pour ces derniers, les nanotechnologies représentent un potentiel d'amélioration considérable. Dans les batteries, l'insertion et la désinsertion des ions lithium est d'autant plus rapide que la distance à parcourir dans le matériau est

faible. Parallèlement, un matériau finement divisé offrira une surface spécifique importante pour le développement de l'interface active. Une taille nanométrique des grains de matière active permet donc d'améliorer le comportement en puissance des accumulateurs. Dès aujourd'hui, des composés nanométriques sont utilisés dans les matériaux d'électrode afin d'en améliorer les caractéristiques de performance, de sécurité et de durée de vie. Quant à l'hydrogène, un hydrure métallique nanostructuré permettrait de le stocker de façon efficace et sûre.

contacts loic.antoine@ademe.fr et stephane.biscaglia@ademe.fr

2. La Radio Frequency Identification (RFID) ou radio identification est une méthode pour stocker et récupérer des données à distance en utilisant des marqueurs appelés « radio-étiquettes » (ou tag, transpondeur [transmettre-répondre]), c'est-à-dire de petits objets, tels que des étiquettes auto-adhésives, qui peuvent être collées ou incorporées dans des produits. Les radio-étiquettes comprennent une antenne associée à une puce électronique qui leur permettent de recevoir et de répondre aux requêtes radio émises depuis l'émetteur-récepteur.

Nanotechnologies et labellisation des produits

La question se pose désormais de manière pressante, au niveau des instances d'écoblabilisation des produits de grande consommation. Il s'agit de savoir, d'une part s'il faut ou non marquer les produits contenant des nanoparticules, et d'autre part si les produits contenant des nanoparticules peuvent bénéficier d'un écolabel (NF Environnement ou écolabel européen par exemple)³. En effet, de nombreux produits, dont certains potentiellement écolabellissables (textiles, peintures, cosmétiques, lubrifiants, etc.), intègrent déjà des nanoparticules dans leur composition, leur conférant des performances et des fonctionnalités améliorées. Néanmoins, les risques sanitaires et les impacts environnementaux liés au cycle de vie de ses produits sont encore inconnus.

L'objet même des écolabels, qui est la reconnaissance et la promotion des produits plus respectueux de l'environnement sur l'ensemble de leur cycle de vie, commanderait donc, en l'état actuel des connaissances, de faire jouer le principe de précaution et de refuser l'écoblabilisation à des produits déclarant ouvertement la présence de nanoparticules, sauf si les fabricants sont en mesure de prouver leur innocuité pour la santé humaine et pour l'environnement. C'est la position qui est actuellement adoptée par le Comité français des écolabels (CFE). Notons pour finir que les industriels participant aux groupes de travail sur le développement des écolabels semblent globalement opposés, pour l'instant, au principe d'un marquage des produits contenant des nanoparticules.

3. Pour rappel, les écolabels (dont NF Environnement et l'écolabel européen) sont des signes de reconnaissance et de promotion de produits plus respectueux de l'environnement sur l'ensemble de leur cycle de vie. Ils signalent ainsi au consommateur des produits de haute performance environnementale.

contact stephane.lepochat@ademe.fr

La question des risques

L'ensemble des innovations issues des nanotechnologies et des technologies convergentes s'accompagne aussi de risques, liés notamment à leur toxicité.

Le cas actuel des nanoparticules

Les interactions entre les nanoparticules et le biologique sont encore largement inconnues. Le précédent de l'amiante (fibres ultra-fines) et certaines études sur les nanoparticules indiquent que des progrès en matière de toxicité pour l'homme et pour l'environnement sont nécessaires. Cette question se heurte, cependant, à de **nombreux goulets d'étranglement scientifiques**. **Les nanoparticules sont très complexes à classer** parce que leurs propriétés ne dépendent pas seulement de leur composition chimique mais aussi de leur taille, de leur forme, de leur surface et même de leur processus de fabrication. Classifier les produits qui contiennent ces nanoparticules ajoute encore plus de complexité due aux procédés industriels, aux usages réels et à l'analyse du cycle de vie. Les groupes ISO travaillent actuellement sur ce sujet stratégique à l'échelle internationale.

La métrologie pose des problèmes. Que faut-il mesurer : le nombre de particules, leur masse, la surface qu'elles couvrent ? Comment distinguer les « nouvelles » nanoparticules des « anciennes » déjà

présentes dans notre environnement : celles issues de la combustion du bois ou de celle, plus récente, du diesel ? On attend toujours la mise au point de tests pertinents à des prix abordables pour progresser significativement en toxicologie et en écotoxicologie. En l'absence d'avancées scientifiques et techniques sur le sujet, il est très difficile pour les autorités publiques d'édicter d'éventuelles normes d'émissions maximales ou de définir des mesures de protections des chercheurs, des salariés ou du grand public. Enfin, se pose aussi la question de l'explosivité des nanoparticules.

Focus

Qualité de l'air et nanoparticules

L'ADEME cofinance actuellement deux thèses sur la toxicité des nanoparticules. La première commencée fin 2005 avec le CEA, étudie les effets de différentes nanoparticules (nanotubes de carbone, dioxyde de titane et alumine) sur la viabilité cellulaire (cellules pulmonaires humaines et deux souches de bactéries). **Il a été mis en évidence que les nanoparticules peuvent avoir un effet différent selon le modèle bactérien et selon leur nature chimique.** Ainsi, tous les tests réalisés sur les cellules pulmonaires montrent une toxicité des nanotubes de carbone de significative à forte. Concernant la viabilité bactérienne après exposition aux nanoparticules dans l'eau, les résultats montrent que les nanotubes de carbone ne sont pas toxiques pour les deux modèles bactériens. En revanche, certaines nanoparticules de dioxyde de titane et d'alumine sont toxiques pour un type de bactérie. La toxicité des nanoparticules de dioxyde de titane est liée à un effet de taille ou plutôt de surface.

D'autres études sont en cours pour mieux comprendre les mécanismes d'action des nanoparticules, leur capacité à provoquer un stress oxydant, à pénétrer dans les cellules ainsi que leurs effets génotoxiques et inflammatoires. Le deuxième projet commencé en 2006 à l'INSERM en collaboration avec ARKEMA, a pour objectifs : 1) de comparer les effets toxiques pulmonaires de différents types de nanotubes de carbones, 2) d'évaluer l'incidence du degré de dispersion des nanotubes, et 3) d'évaluer l'incidence de la réactivité de surface pour des nanotubes mélangés à un polymère. Les premiers résultats montrent que les nanotubes de carbone induisent des diminutions dans la viabilité cellulaire de cellules pulmonaires humaines, mais selon des mécanismes différents de ceux des fibres d'amiante. Ces travaux doivent se poursuivre sur des cellules inflammatoires, puis sur animal entier, avec exposition de rats aux différents nanomatériaux.

contact helene.desqueyroux@ademe.fr

P. 4

La précaution et la prévention conditionnées à des progrès scientifiques

La prévention est praticable quand les risques sont connus et que des solutions peuvent être trouvées. La précaution, en cas d'incertitude et de risques irréversibles, n'est opposable, notamment au niveau international, que si elle se fonde sur un doute raisonnable étayé scientifiquement. Nous sommes face à un paradoxe. Avant 1981, et particulièrement avant la directive européenne R.E.A.C.H de 2006, la capacité technique et scientifique de procéder à une évaluation des risques pour les substances chimiques traditionnelles existait, mais pas l'obligation réglementaire d'y procéder. Aujourd'hui, quand bien même la réglementation serait parfaitement adaptée aux nouveaux matériaux issus des technologies convergentes, il manque le savoir scientifique et les capacités techniques pour réaliser cette évaluation des risques. **Les pouvoirs publics ont donc besoin, pour jouer leur rôle de régulateur, de connaissances plus précises sur les avancées scientifiques.** C'est aussi une condition nécessaire à la régulation par le marché. En effet, les assurances sont réticentes, à l'heure actuelle, à couvrir les risques sanitaires et environnementaux des nanotechnologies pour cause d'incertitudes trop importantes sur leurs impacts.

Des risques sociaux et institutionnels...

En ce qui concerne la science, le public est plutôt confiant et désireux d'en apprendre d'avantage. L'opinion publique — et pas seulement en Europe mais aussi aux États-Unis — est bien plus suspicieuse en ce qui concerne la capacité des pouvoirs publics et des industries à les protéger des risques éventuels des technologies. Les précédents de l'amiante en particulier, mais aussi de la vache folle, ont placé les questions de santé-environnement sur le devant de la scène. Désormais, **la société civile, c'est-à-dire les citoyens et les associations, demande à être associée aux décisions touchant aux développements scientifiques et techniques.**

La **législation européenne** a donné récemment un **fondement légal aux droits à l'information et à la participation des citoyens sur les thématiques environnementales.** À titre d'exemple, la « convention d'Aarhus relative à l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement » est entrée en vigueur le 28 septembre 2006. On peut également citer, **pour la France, l'article 7 de la Charte de l'environnement** du 1^{er} mars 2005 « Toute personne a le droit, dans les conditions et les limites définies par la loi, d'accéder aux informations relatives à l'environnement détenues par les autorités publiques et de participer à l'élaboration des décisions

publiques ayant une incidence sur l'environnement. » Dans ce nouveau contexte social et juridique, les risques éventuels de la convergence NBIC sont aussi institutionnels, qu'il s'agisse de discrédit ou de sanctions pénales.

Les nanotechnologies et la convergence NBIC font, de toute évidence, émerger des questions autour des régulations à mettre en place pour accompagner le développement. Les leçons des innovations technologiques passées et les difficultés d'aujourd'hui laissent à penser qu'il reste beaucoup de travail à faire pour définir un cadre réglementaire efficace et adapté à ces nouvelles technologies. Il s'agit d'ailleurs d'**un cas d'école sur l'intégration de la science dans les processus politiques.** Comment peut-on faire interagir la réglementation et les incitations économiques pour atteindre les buts politiques que la France et l'Europe se sont fixés en la matière ? Comment favoriser le dialogue entre les scientifiques, les politiques, les acteurs économiques et la société civile ?

Maximiser les bénéfices potentiels de la convergence NBIC tout en minimisant les éventuels risques sanitaires, environnementaux et sociaux est une question majeure et complexe. D'un côté, les bénéfices et les risques économiques et géostratégiques poussent au développement rapide de ces technologies en France et en Europe. De l'autre côté, l'acceptabilité sociale doit être assurée et les droits du public respectés. Entre les deux, les autorités publiques sont tenues de protéger les personnes, de garantir l'intérêt général et de favoriser la compétitivité de nos économies. **Aucun de ces buts (économique, écologique, social, juridique...) ne sera atteint à travers les technologies convergentes sans des progrès en matière de connaissance scientifique... dans tous les domaines.**

Plus de recherches : dans tous les domaines et au niveau européen

Les nanotechnologies et les technologies convergentes sont nées de l'interdisciplinarité entre la physique, la chimie, la biologie, l'électronique, l'informatique et les technologies de la communication. **Accompagner leur développement et évaluer leurs impacts implique encore plus de recherches dans des disciplines différentes et des croisements entre elles.** Toxicologie et écotoxicologie mais aussi économie, droit, sociologie, sciences politiques, philosophie, éthique... toutes ces disciplines sont elles aussi appelées à enrichir les connaissances actuelles aux côtés des disciplines « mères », physique, chimie, biologie, informatique et sciences cognitives. Seul un programme de recherche « multifacette » est à même de détecter les opportunités et les risques de ces nouvelles technologies en amont et de fournir la vision

globale nécessaire à la définition des politiques publiques.

Un enjeu de régulation pan-européen si ce n'est mondial

Les conséquences environnementales et les besoins de régulation de la convergence NBIC seront globalement les mêmes sur tout le territoire européen. Par ailleurs, atteindre une masse critique de savoir scientifique s'avère nécessaire pour alimenter les initiatives politiques nationales et au-delà, les régulations européennes et internationales. Enfin, les efforts de recherche sont tels qu'ils ne sauraient être intégralement fournis à l'échelon national. **Les verrous scientifiques actuels ne seront pas levés sans partager les moyens et les résultats des recherches à un niveau au moins européen.** Tous ces éléments font de la convergence NBIC une question clairement pan-européenne si ce n'est mondiale.

La participation de l'ADEME et du MEEDDAT au projet européen ERA-Net SKEP

L'ADEME et le MEEDDAT sont actuellement engagés dans le projet européen **ERA-Net SKEP** (juin 2005-mai 2009), dans lequel ils sont leaders d'une tâche dédiée aux problématiques émergentes d'importance stratégique. En juin 2006, le réseau SKEP a choisi de travailler **sur les opportunités et les risques environnementaux issus**

de la convergence des NBIC avec deux interrogations principales. Comment les régulations environnementales vont-elles ou doivent-elles évoluer face à ces développements technologiques ? Quelles sont les stratégies de recherche à mettre en place pour éclairer les politiques publiques ?

En amont, un travail de revue de littérature a été réalisé afin de dresser un état de l'art des enjeux et des connaissances. Ensuite, un questionnaire a été élaboré à destination des experts européens — scientifiques, autorités publiques et parties prenantes (industriels et associations). Les résultats ont permis de mieux cerner les futurs possibles, les réponses envisageables de la part des pouvoirs publics et les enjeux de recherche. Enfin, l'ADEME et le MEEDDAT ont organisé un **atelier de prospective** sur ces questions les **28 et 29 février 2008 à Paris**. Outre les membres du réseau SKEP et les membres du comité de pilotage de la tâche n° 6, 25 experts européens ont été invités à préciser leurs points de consensus et de divergence sur les futures recherches à mener⁴. Cet exercice de prospective mené par l'ADEME et le MEEDDAT vise à alimenter le contenu du troisième appel à propositions de recherche de l'ERA-Net SKEP. En mettant l'accent sur les impacts environnementaux de la convergence NBIC, l'ERA-Net SKEP contribue à réduire l'écart entre les besoins politiques et les connaissances scientifiques à l'échelle européenne.

Focus

Qu'est qu'un ERA-Net ? Qu'est ce que l'ERA-Net SKEP ?

Les ERA-Nets (European Research Area Networks of research funding organisations) visent, depuis le 6^e PCRD, à promouvoir la coopération et la coordination des activités de recherche au niveau européen par la mise en réseau d'organismes nationaux et régionaux financeurs de la recherche. Des 15 ERA-Nets en lien avec l'environnement, SKEP (Scientific Knowledge for Environmental Protection) est le seul qui ne soit pas défini par une thématique particulière (inondations, biodiversité, changement climatique) mais par la transversalité de ses questionnements (consommation et production durables, interactions entre sciences et politiques, prospective des nouvelles technologies.)

L'ERA-Net SKEP regroupe 17 ministères et agences finançant la recherche sur l'environnement, dans 11 pays différents. Pour plus d'information, voir le site : <http://www.skep-era.net/site/2.asp>

Les différentes activités du réseau concernent la systématisation des échanges d'information sur les stratégies nationales, l'identification de problématiques environnementales communes, la mise en œuvre de projets de recherche conjoints ainsi qu'un volet prospectif sur les domaines émergents d'importance stratégique à long terme : les impacts environnementaux de la convergence NBIC. Il s'agit de la tâche n° 6, sous responsabilité de l'ADEME et du MEEDDAT.

4. Présentations et livrables sont disponibles sur : <http://www.skep-era.net/site/80.asp>

Bibliographie

- Technology assessment on converging technologies : European Parliament, Policy Department / Economic and Scientific Policy, 2006
- Rapport sur les nanosciences et les nanotechnologies : un plan d'action pour l'Europe 2005-2009 ; European Parliament, 2006
- Converging technologies, shaping the future of European societies ; report by A. Nordmann, HLEG Foresighting the New Technology Wave, 2004
- Les nanotechnologies : risques potentiels, enjeux éthiques – Audition publique ; Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 2007
- Nanosciences et nanotechnologies : une réflexion prospective ; Ministère délégué à la Recherche, Mission Scientifique, Technique et Pédagogique, 2005
- Nanoscience and nanotechnologies : opportunities and uncertainties ; The Royal Society, The Royal Academy of Engineering, 2004
- Nanotechnology : the future is coming sooner than you think ; Joint Economic Committee, United States Congress, 2007
- Nanotechnologies, nanoparticules : quels dangers, quels risques ? Comité de la prévention et de la précaution, ministère de l'Écologie et du Développement durable, 2006
- Les nanomatériaux : effets sur la santé, l'homme et l'environnement ; AFSSET, 2006
- Nanotechnology : small matter, many unknowns ; Swiss Re, 2004
- From the Ethics of Technology towards an Ethics of Knowledge Policy & Knowledge Assessment ; working document, European Commission, 2007
- Enjeux éthiques des nanosciences et nanotechnologies ; CNRS, Comité d'éthique, 2006
- Les nanotechnologies : éthique et prospective industrielle ; J.-P. Dupuy, F. Roure, Conseil général des mines / Conseil général des technologies de l'information, 2004
- Nanotechnology and the environment : a European perspective ; D. Rickerby, M. Morrison, Science and Technology of Advanced Materials, vol. 8, p. 19, 2007

contacts anne.merle@ademe.fr et solange.martin@ademe.fr

Direction de la recherche



Cette lettre est diffusée gratuitement par voie électronique. Pour vous abonner, merci d'envoyer un mail à recherche@ademe.fr

ADEME & vous - BP 90406 - 49004 Angers Cedex 01 • **Directeur de la publication** : François Moisan •

Rédacteur en chef : Daniel Clément • **Comité de rédaction** : Laurent Morice, Stéphanie Guignard et Michel Gioria •

Conception-réalisation :  SPÉCIFIQUE – www.specifique.com

www.ademe.fr