Pour un développement maîtrisé des nanotechnologies

L'État a souhaité qu'un débat public portant sur les options générales de développement et de régulation des nanotechnologies soit conduit en France, mettant ainsi en œuvre l'engagement pris par le Grenelle de l'Environnement. Des dispositions en termes de règlementation, normalisation, information et gouvernance sont déjà mises en place et des travaux sont en cours, au niveau national ou dans des cadres de coopération européenne ou internationale. Ils pourront être complétés en réponse aux enjeux et questions posées par les nanotechnologies. Le débat public permettra d'éclairer ces orientations.

nano-v2.indd 96 3/09/09 15:34:27

Pour un développement maîtrisé des nanotechnologies

Gouvernance et régulation

Rappels sur la gouvernance et le principe de précaution 99

État des lieux sur la gouvernance et les moyens de régulation 103

Moyens déjà mis en œuvre ou envisagés 110

Pistes de travail 113

nano-v2.indd 97 3/09/09 15:34:27

En tant qu'innovation majeure, les nanotechnologies placent donc les décideurs et les citoyens devant leur dualité : les béné ces et les craintes, tous deux réels, possibles ou imaginaires. En e et, d'un côté les nanotechnologies sont porteuses de promesses pour de nombreux secteurs et domaines - médecine, informatique, mécanique, optimisation de l'utilisation des ressources, génération de nouvelles énergies… ; de l'autre, elles soulèvent des interrogations quant à leurs e ets sur la santé et l'environnement, l'usage des nouvelles possibilités qu'elles peuvent o rir, que ce soit dans les domaines de la biologie ou de la transmission et du stockage des informations. À cela s'ajoute une compétition internationale déjà très forte pour développer un domaine considéré, pour les années à venir, comme un levier de création de valeur et d'emploi important.

Les méthodes et les moyens actuellement utilisés pour identi er les propriétés des substances potentiellement dangereuses sont insu sants et ne permettent pas encore de caractériser celles, spéci ques, des particules à l'échelle nanométrique ni d'obtenir des données conclusives sur les risques. Néanmoins, en l'attente d'une meilleure détermination de ces derniers, le législateur se doit de considérer tant les impératifs de précaution que le développement économique et d'encourager la connaissance, l'expertise et l'information.

En parallèle, il apparaît indispensable que des ré exions et des actions soient menées dans le cadre de la coopération internationale qui s'amorce (lire pages 92 à 95).

Dans le cadre du 7e PCRD, une plate-forme de dialogue a été élaborée et un processus d'échanges engagé : Framing Nano. Ils ont pour objet de faire le recensement des dispositions de gouvernance et de leurs lacunes en matière de nanosciences et de nanotechnologies, au sein de l'Union européenne et chez ses principaux partenaires, et d'émettre des propositions.

L'essor rapide des recherches et des développements dans le domaine des nanotechnologies appelle la mise en place, aux plans national, européen et international, de moyens pour mieux caractériser et évaluer les nano-objets et encadrer leur mise en œuvre. Il convient aussi, dans le même temps, de favoriser des modalités d'échange et d'interaction entre les citoyens, les scienti ques, les politiques, les opérateurs, de mener une ré exion démocratique sur les choix industriels de mise sur le marché, de nourrir les processus décisionnels et de faire évoluer ces choix et les nouveaux textes et normes au fur et à mesure de l'avancée des connaissances.

Le débat public mené en France actuellement constitue l'une des premières étapes gouvernementales d'une telle démarche. Les études publiées par l'O ce parlementaire d'évaluation des choix scienti ques et technologiques (OPECST) et le Conseil économique et social constituent les premières étapes institutionnelles d'une telle démarche que le débat public poursuit et ampli e.

nano-v2.indd 98 3/09/09 15:34:27

- nanotechnologies – nanotechnologie

Rappels sur la gouvernance et le principe de précaution

La gouvernance se dé nit (Journal o ciel n° 0094 du 22 avril 2009, page 6949, texte 83) comme la « manière de concevoir et d'exercer l'autorité à la tête d'une entreprise, d'une organisation, d'un État. ». « La gouvernance s'apprécie non seulement en tenant compte du degré d'organisation et d'e cience, mais aussi et surtout d'après des critères tels que la transparence, la participation, et le partage des responsabilités. »

Si cette notion de gouvernance fait encore l'objet de nombreux débats de par le monde, elle évoque néanmoins, pour la présente problématique, la volonté d'une interaction entre l'État et la société, un e ort d'information qui permette la compréhension des enjeux par tous, une implication des di érents acteurs, une prise de décision préalablement éclairée et la mise en place de modes de régulation.

Concernant les nanotechnologies, une convergence de circonstances milite en faveur d'une telle démarche. Certains de leurs promoteurs tiennent un discours emphatique autour de la **promesse** d'un monde meilleur. D'autres avancent le risque pour l'Europe de ne pas se hisser au rang des économies fondées sur la connaissance de ces technologies et pour les pays en retrait de porter potentiellement atteinte à leur indépendance, à leurs intérêts vitaux et à leur souveraineté nationale, dans un contexte de guerre économique exacerbée. Il en résulte une logique de l'urgence qui peut donner le sentiment qu'il n'y a pas de possibilité de choix et que la seule alternative est d'être ou non dans la course.

Les industriels et les chercheurs oscillent entre la promotion de propriétés inédites, à mettre notamment au service d'une meilleure gestion de l'environnement, et une introduction banalisée, voire imperceptible, argumentée par le fait que les applications des nanotechnologies ne sont pas révolutionnaires puisque, pour certaines, elles font déjà partie de notre quotidien et ne représentent que des évolutions de produits existants. À cela s'ajoute l'impossibilité croissante de considérer les risques technologiques, sanitaires et environnementaux, de manière compartimentée, alors même que les applications deviennent multiples, en interrelation, et globales. En n, comme nous l'avons vu au chapitre 5, la sensibilité du public à ces risques s'accroît au point de susciter une interrogation sur l'utilité sociale de certaines applications et sur de possibles solutions alternatives.

Dans ce contexte, la gouvernance consisterait à mettre la science et la technologie en démocratie, à créer les conditions d'un questionnement permanent et, peut-être, à redéfinir le rôle des autorités publiques.

EXPLICATION

Les promesses de la convergence en 2002

Le rapport controversé Converging Technologies for Improving Human Performances que Mihail Roco et William Bainbridge ont remis en 2002 à la National Science Foundation qui a lancé le programme du même nom, attribue à la convergence NBIC « la capacité d'uni er les sciences et les techniques, d'assurer le bien-être matériel et spirituel universel, l'interaction paci que et mutuellement pro table entre les humains et les machines intelligentes, la disparition complète des obstacles à la communication généralisée, l'accès à des sources d'énergie inépuisables ou encore la n des soucis liés à la dégradation de l'environnement. » Inversement en Europe, le rapport Nordmann (2004) prône une approche humaniste des nanotechnologies au service de l'homme.

CITATION

« La rapidité avec laquelle les innovations contemporaines se succèdent ne laisse aucun répit, d'où une désorientation sociale et psychologique sans précédent dans l'histoire. » Bernard Stiegler dans son ouvrage La Technique et le temps ? La désorientation *(1996).*

nano-v2.indd 99 3/09/09 15:34:28

EXPLICATION

***Convention** d'Aarhus : quand une autorité publique peut-elle refuser un accès à l'information dans le domaine de l'environnement ?*

Le refus est admis dans trois cas :

– si l'autorité publique n'est pas en possession de l'information demandée ;

– si la question est manifestement abusive ou formulée de manière trop générale ;

– si la demande porte sur des documents en cours d'élaboration.

Une demande peut être rejetée également pour d'autres raisons : délibérations des autorités publiques, con dentialité liée à la défense nationale, la sécurité publique ou la bonne marche de la justice, secret commercial et industriel…

La participation des citoyens en Europe : la convention d'Aarhus

L'obligation d'informer en permanence et de manière transparente la population et d'assurer la concertation et le débat est inscrite dans le droit européen depuis 1998. Négociée dans le cadre de la commission économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-NU), la convention relative à l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement a été signée le 25 juin 1998 à Aarhus (Danemark).

Cette **convention**, signée par 40 des 55 pays de la CEE-NU, a été rati ée par la France en 2002. Complétant la transposition dans le droit français en 2005 (articles L124-1 et suivants du code de l'environnement) de la directive 2003/4/CE du Parlement européen et du Conseil du 26 janvier 2003 concernant l'accès du public à l'information en matière d'environnement, le décret du 22 mai 2006 relatif à l'information et à la participation du public en matière d'environnement a introduit dans la partie réglementaire du code de l'environnement les dispositions permettant l'application de la convention en France.

Elle comporte trois volets :

- le droit d'accès à l'information dans le domaine de l'environnement (articles 4 et 5) : il s'agit de développer l'accès à l'information détenue par les autorités publiques. La convention prévoit des droits et obligations précis, notamment concernant les délais de transmission et

Débattre et décider : la nécessité d'une bonne gouvernance, moyen d'assurer l'organisation, la compréhension, la participation de tous.

nano-v2.indd 100 3/09/09 15:34:28

les motifs dont disposent les autorités publiques pour **refuser l'accès** à certains types d'information ;

- la participation du public au processus décisionnel dans le domaine de l'environnement (articles 6, 7 et 8) : il s'agit de favoriser la participation du public à la **prise de décisions**. Le résultat de cette participation doit être dûment pris en considération dans la décision nale d'autorisation de l'activité. Les délais de procédure doivent permettre une véritable concertation du public ;
- l'accès à la justice dans le domaine de l'environnement (article 9) : le public peut saisir la justice, dans le cadre de la législation nationale, lorsqu'il se juge **lésé dans ses droits** en matière d'accès à l'information. Il peut également le faire en cas de violation de la procédure de participation prévue par la convention.

Dans cette perspective, le débat public sur les nanotechnologies illustre bien la volonté générale de l'État français de respecter la convention d'Aarhus puisqu'il suppose la concertation précoce de l'État avec la population en amont de la prise de décision et la production d'information de qualité à disposition de toute personne intéressée.

La loi Grenelle 1 intégrant les principes de la convention d'Aarhus

Extrait de l'article 52 de la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, loi dite Grenelle 1,

« L'État développera la production, la collecte et la mise à jour d'informations sur l'environnement et les organisera de façon à en garantir l'accès. Il mobilisera ses services et ses établissements publics pour créer un portail aidant l'internaute à accéder aux informations environnementales détenues par les autorités publiques ou à participer, le cas échéant, à l'élaboration de décisions publiques ayant une incidence sur l'environnement.

Les procédures d'enquête publique seront modi ées a n de les simpli er, de les regrouper, d'harmoniser leurs règles et d'améliorer le dispositif de participation du public. Le recours à une enquête unique ou conjointe sera favorisé en cas de pluralité de maîtres d'ouvrage ou de réglementations distinctes.

La procédure du débat public sera rénovée a n de mieux prendre en compte l'impact des projets sur l'environnement.

L'expertise publique en matière d'environnement et de développement durable et l'alerte environnementale seront réorganisées dans un cadre national multidisciplinaire et pluraliste, associant toutes les parties prenantes concernées.

La possibilité de saisir certaines agences d'expertise, dont béné cient les associations agréées, sera élargie à d'autres agences et étendue à d'autres acteurs et organismes. »

EXPLICATION

***Convention** d'Aarhus :*
pour quelles décisions la participation du public est-elle prévue ?

– l'autorisation d'activités qui peuvent avoir une incidence importante sur l'environnement ;

– l'élaboration des plans, programmes et politiques relatifs à l'environnement ;

– la participation à l'élaboration de normes contraignantes dont l'e et sur l'environnement peut être important.

EXPLICATION

***Convention** d'Aarhus :*
de quels éléments doit disposer le public ?
Dès le début du processus décisionnel, le public doit être informé sur les éléments suivants :

le sujet sur lequel la décision doit être prise ;

la nature de la décision à adopter ;

l'autorité en charge ;

la procédure envisagée, y compris les détails pratiques de la procédure de consultation ;

la procédure d'évaluation de l'impact sur l'environnement (si elle est prévue).

nano-v2.indd 101 3/09/09 15:34:29

RAPPELS

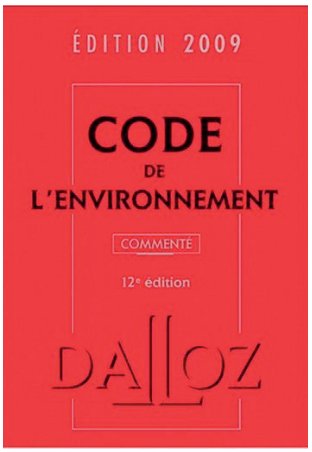
Extrait de la charte de l'environnement

« Article 5. - Lorsque la réalisation d'un dommage, bien qu'incertaine en l'état des connaissances scienti ques, pourrait a ecter de manière grave et irréversible l'environnement, les autorités publiques veillent, par application du principe de précaution et dans leurs domaines d'attributions, à la mise en œuvre de procédures d'évaluation des risques et à l'adoption de mesures provisoires et proportionnées a n de parer à la réalisation du dommage. »

Les fondamentaux du principe de précaution :

- *ne pas interdire, mais mener recherches et études ;*
- *évaluer les impacts des innovations et promouvoir leur développement responsable ;*
- *e ectuer une veille permanente et adapter les réglementations aux nouvelles données et nouveaux résultats d'études ;*
- *être en situation de réversibilité.*

Le code de l'environnement, un dispositif d'encadrement éclairé, respectueux de l'homme et de l'environnement, intégrant les évolutions.



La valeur constitutionnelle du principe de précaution

Rechercher puis évaluer des risques sanitaires ou environnementaux se heurte souvent à des incertitudes invitant à la précaution, ce qui n'est pas toujours aisé dans le contexte de compétitivité mondiale exacerbée actuelle… C'est dans ce cadre qu'intervient la mise en œuvre du principe de précaution.

En France, le principe de précaution est inscrit dans l'article 5 de la **charte de l'environnement**, adossée depuis 2005 à la Constitution. Il gure aussi à l'article L 110-1 du code de l'environnement. Il constitue avant tout un principe d'action et un outil décisif pour une bonne gestion des risques environnementaux et sanitaires. Il conduit à ne pas nier le risque au prétexte que celui-ci n'est pas certain, et amène au contraire à se donner les moyens de connaître, en amont, les éventuels dommages pour mieux les prévenir.

Avant de développer un nouveau produit, le principe de précaution invite ainsi à en encadrer l'évaluation des risques de façon précoce. Il oblige à en évaluer sérieusement les origines possibles et, à ce titre, à renforcer les dispositifs d'expertise, de vigilance et de veille qui permettent de recueillir, d'analyser et de prendre en compte les signaux d'alerte.

Si les vertus du principe de précaution ne font aucun doute, il ne doit pas être utilisé de manière abusive, par exemple à des ns politiques. C'est pourquoi il ne peut être déclenché qu'à certaines conditions de fond et de forme. D'abord, toute mesure de précaution doit être proportionnée au risque redouté. Cela signi e que les moyens choisis doivent être limités à ce qui est e ectivement nécessaire pour assurer la sauvegarde de la santé publique et/ou de l'environnement. Ensuite, quelle que soit sa forme, la mesure de précaution choisie doit être révisable et soumise à un réexamen périodique au regard des nouvelles données scienti ques acquises.

nano-v2.indd 102 3/09/09 15:34:29

Un principe qui invite à redoubler l'e ort de recherche

Pour certains, le principe de précaution aboutirait en pratique à bloquer l'initiative économique et toute innovation scienti que et technologique, pour nalement coûter très cher à la collectivité. En e et, parce qu'il exige de prendre des mesures dans l'incertitude scienti que, il conduirait l'autorité publique à rompre avec toute démarche scienti que rationnelle et à adopter des décisions sans autre justi cation que politique. Surtout, ses e ets seraient d'autant plus désastreux qu'il traduirait une volonté de supprimer tout risque. Le risque zéro devenant le seul objectif acceptable, aucune activité ne pourrait plus être entreprise, aucun produit commercialisé sans que l'entrepreneur ou le producteur n'en établisse la sécurité absolue par la preuve scienti que.

Pourtant, loin de limiter les applications de la science, le principe de précaution vise à redoubler l'e ort de recherche. Il ne saurait en e et y avoir d'identi cation ni de prise en compte précoce du risque sans procédures permettant de mobiliser et d'acquérir des connaissances scienti ques permettant de le valider et de le limiter.

De même, pas plus qu'il ne s'oppose à la recherche, il ne constitue un obstacle à l'innovation technologique. Lorsqu'il est appliqué à une technologie nouvelle dont on peut redouter, au-delà des e ets souhaités, les incidences sur l'environnement ou la santé, il peut certes, dans certains cas, ralentir la mise sur le marché mais sans pour autant la bloquer, ce frein n'étant que temporaire et proportionné au risque identi é.

Par ailleurs, les risques ne sont pas hypothétiques au sens de dénués de fondement scienti que. Au contraire, le principe de précaution ne peut s'appliquer qu'à la condition que les hypothèses scienti ques soient su santes. Des critères de dé nition du seuil de déclenchement existent : la consistance des éléments scienti ques disponibles, la gravité du dommage écologique ou sanitaire encouru, le suivi d'une évaluation du rapport coût/béné ce dans une démarche de décision proportionnée, en n la faisabilité du programme de recherche indissociable de la mise en œuvre du principe.

ÉTAT DES LIEUX SUR LA GOUVERNANCE ET LES MOYENS DE RÉGULATION

Métrologie et quanti cation risques béné ces : les méthodes et moyens usuels sont-ils adaptés aux nanotechnologies ?

Du point de vue métrologique, il n'existe pas encore d'appareil unique capable à la fois de caractériser et de quanti er spéci quement une nanoparticule dans l'air ambiant. En e et, un bruit de fond important, composé de nanoparticules, la plupart du temps sous forme agrégée ou agglomérée, d'origine naturelle et anthropique, existe en permanence dans l'environnement. Ceci exige d'avoir recours à plusieurs appareils dans un environnement relativement stable. Il est donc nécessaire d'en développer de nouveaux, portatifs, capables de reconnaître et quanti er spéci quement une nanoparticule manufacturée dans l'atmosphère a n de prendre des mesures adaptées en matière de gestion des risques.

Du point de vue toxicologique et écotoxicologique, les protocoles d'essais classiques ne permettent pas encore d'identi er complètement la dangerosité des nanoparticules en raison des facteurs multiples concourant à leur potentiel toxicologique. Par exemple, la longueur, le diamètre et l'enroulement des nanotubes de carbone constituent autant de facteurs qui in uent sur leur toxicité. Des protocoles adaptés, tenant compte de l'ensemble de ces paramètres, doivent donc être dé nis. Les travaux engagés par l'Iso et l'OCDE y concourent.

nano-v2.indd 103 3/09/09 15:34:29

Réglementation
Protection des travailleurs

Le ministère en charge du travail, dans une note adressée en février 2008 à l'attention de ses services de contrôle, rappelle que les risques liés aux expositions professionnelles aux substances à l'état nanoparticulaire n'échappent pas à l'application de la réglementation du code du travail relative à la prévention du risque chimique, malgré le contexte d'incertitude sur les dangers.

Ce que prévoit le code du travail

La prévention contre les agents chimiques dangereux (ACD) (articles R 4 412-1 et suivants)

L'employeur doit procéder à une évaluation spéci que des risques et mettre en adéquation les mesures de protection les plus e caces en fonction des situations d'exposition à des nanoparticules, avérées ou potentielles, identi ées dans l'évaluation spéci que des risques.

Ces mesures de protection doivent permettre de supprimer les risques ou de réduire l'exposition à un niveau aussi bas que possible. L'employeur doit aussi s'assurer que les équipements de protection collective (EPC) et individuelle (EPI) sont adaptés.

La prévention contre les agents chimiques dangereux cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (CMR) de catégorie 1 ou 2 (article R 4 412-59)

Cette prévention obéit à la même logique que la réglementation ACD. Les dispositions prévoient, notamment, en complément de la formation générale concernant le risque chimique, une formation spéci que sur les dangers liés aux CMR qui doit être organisée par l'employeur en liaison avec le comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (CHSCT) et le médecin du travail, pour l'ensemble des personnes concernées par ces agents.

En cas de suspicion sur les e ets CMR des nanoparticules, les mesures les plus strictes doivent être appliquées.

Ainsi, du point de vue des équipements de protection, les systèmes clos et, en cas d'impossibilité technique, d'extraction à la source adaptés aux poudres pulvérulentes sont à préconiser en premier lieu. Concernant les expositions résiduelles, notamment le risque d'inhalation, en fonction des situations rencontrées, il est préférable de favoriser les équipements à induction d'air neuf. Toutefois, pour des situations de faible exposition, les dernières études montreraient que l'usage a minima d'un masque facial de type P3 serait e cace à condition qu'il n'y ait pas de fuite aux jointures. En ce qui concerne les vêtements de protection et gants de travail, plusieurs études sont en cours.

Du point de vue du stockage et de l'élimination, il est indispensable d'assurer le con nement de ces nanoparticules sur tout le cycle de vie de la substance en les considérant comme des poudres pulvérulentes dangereuses notamment d'un point de vue (éco)toxicologiques mais aussi par rapport aux risques physiques d'explosion qui augmentent à mesure que la taille des particules diminue.

Cette réglementation concerne notamment la prévention des risques liés aux agents chimiques dangereux (ACD), prévue aux articles R 4 412-1 et suivants du code du travail, et les dispositions particulières aux agents chimiques dangereux cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (CMR) dé nis par l'article R 4 412-59 du code du travail.

Cependant, compte tenu des lacunes en matière de connaissances sur les propriétés et la dangerosité de ces substances, leur classi cation se révèle complexe. Par conséquent, il est di cile de dé nir des mesures de gestion adaptées. En e et, la connaissance encore lacunaire des dangers intrinsèques liés à ces propriétés nouvelles peut conduire à des interrogations sur leur caractère CMR potentiel alors que la substance de même composition chimique mais de plus grande taille n'entre pas dans cette catégorie. De même, le manque de données et de recul sur les e ets toxiques à faible dose et à long terme des substances nanoparticulaires peut conduire à ne pas estimer convenablement le risque et à adopter des moyens de protection inadaptés.

Dans un tel contexte, la plus grande vigilance doit être observée.

En cas de suspicion sur les e ets CMR (cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction) des nanomatériaux produits ou utilisés, il est préconisé aux entreprises et aux laboratoires de recherche d'adopter une démarche de précaution, en appliquant, volontairement, les mesures de gestion des risques les plus strictes prévues pour les substances CMR.

Ces recommandations rejoignent celles émises par l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) dans un avis de juillet 2008 (saisine n° 2006/006 4/5).

nano-v2.indd 104 3/09/09 15:34:29

En l'état actuel du droit, la réglementation générale existante est applicable aux nanoparticules, mais aucune de ces dispositions ne les vise spéci quement. Cette situation est susceptible d'appeler l'adoption de mesures complémentaires assurant un développement responsable des nanoparticules.

Règlement européen REACH sur la protection contre les substances chimiques

La réglementation européenne **REACH** (enregistrement, évaluation et autorisation des substances chimiques) a pour objectif d'o rir une meilleure connaissance et protection vis-à-vis des substances chimiques intentionnellement produites.

Elle exige des industries qu'elles fournissent les données de sûreté sanitaire et environnementale sur toutes les substances chimiques produites ou mises sur le marché à raison de plus d'une tonne par an. À l'heure actuelle, seules 4 500 substances sur 105 000 recensées ont fait l'objet d'une étude approfondie.

Pour autant, en l'état actuel, les nanomatériaux échappent assez largement à la procédure d'enregistrement REACH pour deux raisons majeures :

- une substance importée ou produite en quantité inférieure à une tonne par an ne fait pas l'objet d'un enregistrement conduisant à l'élaboration d'un dossier détaillé par l'entreprise sur les propriétés de la substance et les mesures de protection à adopter. Or, les nanoparticules manufacturées sont souvent produites en faible quantité (le rapport de l'Afsset de juillet 2008 estime que 50 % des entreprises françaises spécialisées dans les nanotechnologies ont une production inférieure à 750 kg/an) ;
- la deuxième raison tient au fait que REACH ne di érencie pas les substances à l'état nanoparticulaire de leurs homologues de plus grande taille, malgré des propriétés physiques et chimiques qui peuvent être distinctes, conduisant à des propriétés toxicologiques di érentes (ex : le dioxyde de titane, enregistré sous cette unique appellation, peut être mis

EXPLICATION

Qu'est qu'une substance chimique extrêmement préoccupante ?

*Selon la réglementation européenne **REACH** (enregistrement, évaluation et autorisation des substances chimiques), une substance chimique est classée comme extrêmement préoccupante si elle peut provoquer un cancer, endommager le matériel génétique ou perturber la reproduction. Toute substance qui ne peut être décomposée par la nature (persistante) et s'accumule dans l'organisme des êtres vivants (bioaccumulable), hommes ou animaux, est également classée comme extrêmement préoccupante, même s'il n'existe pas de preuve de sa toxicité. De nombreuses substances répondant à ces critères se sont en e et révélées toxiques alors même qu'on les pensait au départ ino ensives.*

Le passé en o re de multiples exemples : les polychlorobiphényles (PCB), le dichlorodiphényl-trichloroéthane (DDT), l'amiante ou le tributyl-étain (TBT).

En n, cette catégorie comporte également les substances connues pour interférer avec le système hormonal (ou perturbateurs endocriniens).

En cas de suspicion sur les e ets CMR (cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction) des nanomatériaux produits ou utilisés, il est préconisé aux entreprises et aux laboratoires de recherche d'adopter une démarche de précaution, en appliquant, volontairement, les mesures de gestion des risques les plus strictes prévues pour les substances CMR.

nano-v2.indd 105 3/09/09 15:34:29

Ce que prévoit la réglementation alimentaire

D'une façon globale, l'Europe s'est munie d'un ensemble de textes complets sur la sécurité sanitaire des aliments pour l'homme et l'animal : c'est l'ensemble dit *Paquet hygiène* développé entre 2002 et 2004. Au sein de cette architecture, le règlement (CE) n° 178/2002 dit *food law*, socle de la réglementation européenne et française, xe de grands principes de sécurité auxquels ne dérogent pas les aliments nanos : l'opérateur est garant de la mise sur le marché de produits sûrs, o rant toute garantie d'innocuité.

La législation alimentaire se fonde sur le principe de l'analyse des risques : l'évaluation indépendante des risques fondés sur les données scienti ques disponibles précède la décision de gestion des risques.

Ingrédient ou aliment nano

Toute denrée alimentaire issue des nanotechnologies et pour laquelle l'utilisation des nanotechnologies a entraîné des modi cations signi catives dans la structure, la valeur nutritive, le métabolisme ou la teneur en substances indésirables de l'aliment obtenu est considérée comme nouvelle (c'est-à-dire soumise au champ d'application du règlement *novel food* (CE) n° 258/97) et sa mise sur le marché est conditionnée à une autorisation préalable délivrée sur décision de la Commission assistée des États membres et obtenue après évaluation par, au minimum, une agence de sécurité sanitaire nationale. Chaque État a en e et la possibilité de consulter son agence nationale sur le dossier présenté. En cas de divergence dans les avis des agences nationales, l'Agence européenne est saisie.

Ce règlement est actuellement en révision. Le Parlement européen et le Conseil s'accordent pour dire que toute denrée alimentaire contenant ou consistant en des nanomatériaux manufacturés (modi cations signi catives ou non) doit être considéré comme nouveau et donc faire l'objet d'une évaluation et autorisation. De plus le Parlement européen, dans sa résolution d'avril 2009, souhaite qu'aucune autorisation ne soit délivrée tant que des méthodes d'évaluation spéci ques des risques n'auront pas été développées.

Additif, arôme ou enzyme nano

Le Paquet améliorants (règlements (CE) n° 1332/2008, 1 333/2008, 1 334/2008) prévoit que tout additif, arôme ou enzyme déjà autorisé et donc inclus sur une liste communautaire et préparé à l'aide des nanotechnologies doit faire l'objet d'une réévaluation. Ces règlements entrent en application entre 2010 et 2011.

Matériaux au contact des aliments

Pour être déclarés aptes au contact alimentaire, les emballages doivent répondre au principe d'inertie : ils doivent être su samment inertes pour ne pas céder aux denrées des constituants en une quantité susceptible de présenter un danger pour la santé humaine, entraîner une modi cation inacceptable de la composition des denrées ou entraîner une altération de leur qualité organoleptique. La seule dérogation à ce principe concerne les matériaux actifs, qui peuvent relarguer des substances autorisées par ailleurs pour l'ajout aux aliments (additifs).

Le règlement (CE) n° 450/2009 institue des mesures spéci ques pour la catégorie des matériaux actifs et intelligents et une liste des substances autorisées dans ces matériaux. Il précise que des substances non autorisées peuvent être utilisées par dérogation lorsqu'elles sont séparées de ces denrées par une barrière fonctionnelle. Il exclut explicitement de cette dérogation les substances nanos présentant des propriétés chimiques et physiques fonctionnelles sensiblement di érentes de celles de particules plus grandes.

Des recommandations de prudence

Dans le cadre des ré exions sur les évolutions réglementaires à venir, des instances consultatives ont été saisies.

Dans son avis du 10 juin 2009, le Conseil national de l'alimentation préconise « qu'en cas d'absence de méthodologie d'évaluation des risques ou de données reconnues comme su samment ables (ce qui est le cas aujourd'hui des nanomatériaux manufacturés), la mise sur le marché de toute denrée alimentaire issue de ces nouvelles technologies ne soit pas autorisée ». Pour autant, a n de ne pas freiner l'innovation, source de compétitivité et de croissance, le CNA recommande que les lacunes actuelles puissent être comblées dans les meilleurs délais en stimulant les programmes de recherche, tant publics que privés.

L'Afssa indique également dans son avis de mars 2009 que la prudence s'impose à l'égard de l'utilisation de nanomatériaux en alimentation humaine et animale.

nano-v2.indd 106 3/09/09 15:34:32

sur le marché sous di érentes formes avec des propriétés di érentes). Dès lors, les nanotechnologies échappent largement à l'évaluation et l'enregistrement imposés par REACH, pour les substances déjà mises sur le marché.

C'est pourquoi, à la suite d'une première réunion d'un groupe de travail ad hoc en juillet 2008, les autorités françaises ont adressé une note à la Commission européenne concernant la pertinence pour les nanomatériaux du seuil d'une tonne/an. Elles réclament aussi l'identi cation de critères physico-chimiques pertinents et l'encouragement d'une démarche volontaire des industriels a n qu'ils mettent à la disposition des utilisateurs une che de données de sécurité tenant compte des propriétés des substances à l'état particulaire.

Réglementation des aliments

L'utilisation des nanotechnologies dans les aliments et les matériaux au contact de ceux-ci est couverte par la réglementation communautaire actuelle et les di érents systèmes d'autorisation préalables à la mise sur le marché. Toute nouvelle formulation sous forme nano doit faire l'objet d'un dossier déposé auprès des autorités a n qu'une évaluation démontrant son innocuité puisse être conduite par une agence sanitaire. La décision d'autorisation n'est prise par les autorités qu'en présence de telles données.

Cette couverture implicite est progressivement renforcée par l'introduction de dispositions explicites (comme pour les additifs) et une révision en cours du règlement relatif aux nouveaux aliments et aux nouveaux ingrédients alimentaires (*novel food)* (CE n° 258/97) devrait également imposer une nouvelle évaluation à toute formulation sous forme de nanomatériaux. Ces di érentes dispositions font du domaine alimentaire un des domaines pour lequel la protection réglementaire est la plus avancée.

À ce jour, l'indication sur l'étiquetage de la forme nano n'est pas obligatoire bien que souvent revendiquée sous la forme d'une allégation marketing. Dans le projet de révision du règlement sur les nouveaux aliments, il est précisé qu'un étiquetage additionnel peut être exigé selon une approche au cas par cas. Le Parlement européen a demandé (dans sa résolution du 25 mars 2009) qu'il soit obligatoire pour la forme nano des ingrédients. La Commission et le Conseil ré échissent, quant à eux, à un examen des conditions de l'autorisation et des règles d'étiquetage au cas par cas. Les discussions se poursuivent actuellement.

Avis et décisions

En France

Le sujet des nanotechnologies, bien que largement méconnu du grand public, suscite depuis plusieurs années des ré exions importantes dans les institutions spécialisées :

- organisation par la direction générale de la santé (DGS) d'un séminaire gouvernemental en octobre 2006 avec la participation des agences de sécurité sanitaire et animation de réunions avec les services et organismes compétents ;
- création en janvier 2008 d'un groupe de veille sur les impacts sanitaires liés aux nanotechnologies sous l'égide du Haut Conseil en santé publique. Ses missions : assurer une veille scienti que sur les publications relatives aux impacts sanitaires, environnementaux, sociaux et juridiques des nanomatériaux et des nanotechnologies ; inventorier les recherches en cours ; émettre des recommandations à destination du Gouvernement. Ce groupe a fait l'objet en juin 2008 d'une saisine

nano-v2.indd 107 3/09/09 15:34:32

EXPLICATION

***L'eau** sous surveillance*

Le premier rapport de l'Afssa sur la présence éventuelle de nanoparticules dans l'eau fait apparaître que « la réglementation relative au traitement de l'eau (dispositifs xes ou mobiles), permettrait d'utiliser certains dispositifs contenant des nanoparticules manufacturées sans que ces procédés ne fassent l'objet d'une évaluation préalable particulière.

Compte tenu de l'importance des lacunes actuelles des connaissances sur les nanoparticules, une grande prudence s'impose par rapport à leur utilisation en tant que composants de nanomatériaux ou sous formes libres.

C'est pourquoi, la mise en place d'un dispositif (type autorisation) permettant de recenser la mise sur le marché de tout produit contenant des nanoparticules apparaît nécessaire, notamment dans le domaine de l'eau. Ce dispositif contribuerait notamment au recueil d'informations relatives aux sources, structures et caractéristiques des nanoparticules. Il permettrait également de mieux appréhender les besoins pour l'évaluation des risques liés à ces particules dans l'eau ».

*Dès mai 2007, **l'Unesco** a réuni les contributions de nombreux experts en nanotechnologies dans* Les nanotechnologies, l'éthique et les politiques. *L'ouvrage engage une ré exion éthique sur les enjeux liés à la santé et à l'environnement, le contrôle des dispositifs à l'échelle nanométrique et les risques liés aux applications militaires et biomédicales. Il pose en n la question des opportunités que les nanotechnologies pourront apporter à la coopération internationale pour s'adresser aux besoins les plus importants des pays en voie de développement.*

de la DGS relative à la toxicité potentielle des nanotubes de carbone pour des travailleurs potentiellement exposés et a rendu un avis en janvier 2009 (Voir encadré page 63);

- lancement, en juin 2007 à la demande de la direction générale du Travail (DGT), d'une étude de l'Institut de veille sanitaire (InVS) en lien avec l'Institut de recherche en santé publique (Iresp) sur la faisabilité de travaux de suivi de cohorte épidémiologique;
- inscription au programme 2008 du Conseil national de l'alimentation (CNA) d'une ré exion sur le thème du « développement de nouvelles technologies dans la fabrication, le conditionnement et la conservation des denrées alimentaires: conséquences, responsabilités des opérateurs et acceptabilité sociale ». Le CNA a rendu son avis le 10 juin 2009;
- lancement, en juin 2006 et à la demande de la DGS, d'une expertise par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa). Cette expertise a pour but d'identi er et de répertorier les produits contenant des nanoparticules parmi les aliments destinés à l'homme ou à l'animal ou parmi les matériaux destinés à entrer au contact de ces derniers. Pour les produits identi és, une quanti cation de leur utilisation et une évaluation béné ces/risques sont ensuite menées. Un premier rapport concernant **l'eau** a été remis en février 2008. Un second rapport concernant les aliments a été remis plus récemment en mars 2009.

Au niveau international

- publication par la direction générale recherche de la Commission européenne du code de conduite pour une recherche responsable en nanosciences et nanotechnologies (février 2008);
- soutien par la présidence française du deuxième atelier de dialogue sur la sécurité de la nanotechnologie organisé par la direction générale santé des consommateurs de la Commission européenne, réunissant tous les décideurs et faisant l'état de l'art en matière d'expertise et de réglementation (octobre 2008). Les dix actions issues de cet atelier comprenant, entre autres, un inventaire des produits et la création d'un réseau européen d'expertise font l'objet d'une attention particulière de la France;
- en novembre 2007, l'OCDE a lancé un programme de parrainage a n de faciliter la conduite de tests de sécurité sur un échantillon représentatif de 14 types de nanomatériaux manufacturés (Voir page 92). Ce programme s'étend sur deux phases, dont la première (2008-2010) consiste en la collecte de données disponibles et de génération de tests pour l'identi cation et la caractérisation du danger potentiel de ces nanomatériaux. La deuxième phase prendra en compte l'évaluation du risque;
- la VIe session du forum intergouvernemental sur la sécurité chimique tenue à Dakar, sous l'égide de l'OMS en septembre 2008, à laquelle la France a participé, a consacré une journée entière aux nanotechnologies et nanomatériaux. Elle a donné lieu à une déclaration sur les nanomatériaux manufacturés adressée aux gouvernements, organisations intergouvernementales et autres parties prenantes (industriels notamment);
- **l'Unesco** a invité des experts en nanotechnologies à faire un état des lieux de leur discipline, à examiner les controverses entourant la dé nition des nanotechnologies et à explorer les sujets éthiques et politiques liés. Un livre, qui réunit leur ré exion, a été publié en mai 2007.

nano-v2.indd 108 3/09/09 15:34:32

Information du public, participation du public

Les associations revendiquent de plus en plus clairement une participation aux évaluations risques/béné ces et aux choix dans la mise en œuvre des applications scienti ques et technologiques. Elles questionnent les modes de gouvernance actuels où les préoccupations sociales, environnementales et éthiques sont, selon elles, insu samment intégrées dans les processus d'innovation. Elles se font l'écho de questions récurrentes posées lors des débats publics.

Le débat public : une opportunité d'échanger et d'éclairer les choix à venir.

En France

De manière originale, le Nanoforum, processus permanent de dialogue mis en place à l'initiative de la direction générale de la Santé en accord avec les di érents services des ministères, est porté par le Conservatoire national des arts et métiers, en partenariat avec le Journal de l'Environnement et l'association pour le débat public sciences et société VivAgora. Il agit en révélateur des contraintes et logiques des acteurs et permet de relier les projets, d'examiner le rôle joué par chacune des parties prenantes et de saisir les responsabilités et points aveugles. Ces échanges permettent de chercher les innovations sociales aptes à intégrer les acteurs concernés et locaux dans les projets. Ils amorcent de plus des pistes d'actions pour une gouvernance impliquant, en amont, l'ensemble des parties prenantes, à l'instar du Grenelle Environnement. Une dizaine de forums ont été organisés dans le cadre de ce processus depuis 2007.

L'association VivAgora, quant à elle, a pris l'initiative du cycle Nanomonde articulé en six rencontres dès 2006. Il a produit une série de recommandations adressées aux acteurs industriels, académiques, politiques et associatifs. Les collectivités locales de la région de Grenoble, où la concentration d'industries de pointe dans le domaine rend nécessaire l'implication de la population, ont ensuite mandaté VivAgora pour poursuivre l'expérience avec un nouveau cycle Nanoviv.

La Cité des sciences et de l'industrie, sollicitée par les ministères délégués à l'enseignement supérieur et à la recherche et à l'industrie, a également organisé en 2007 un point d'étape sur ce sujet. Les principales parties prenantes (scienti ques, industriels, politiques) ont ensuite exprimé leurs positions par rapport aux propositions, recommandations et avis issus des divers débats et travaux. Un document (appelé « Cahiers d'acteurs ») fait la synthèse des points de vue.

En n, plusieurs outils de médiation ont également été conçus depuis 2006, dans le cadre de nancements européens ou nationaux tels que des expositions (Expo Nano à la Cité des sciences et de l'industrie, CCSTI de Grenoble et de Bordeaux, Nanodialogue…), jeux de rôle (www.playdecide.org), ateliers scolaires (Nanoyou).

Plus largement, de nombreux acteurs de la médiation scienti que et du dialogue science-société interviennent sur l'ensemble du territoire national pour faciliter l'information du public et la mise en débat des innovations. Les nanotechnologies font partie des thèmes souvent privilégiés par les centres labellisés « science et culture, innovation ».

À l'étranger

De nombreuses initiatives pour informer la population et la faire participer aux décisions ont eu lieu, dès 2005, dans les pays industrialisés, notamment dans les pays suivants : le Danemark (conférence citoyens), les États-Unis (conférence de citoyens dans le Wisconsin en 2005), le Royaume-Uni (NanoJury), la Suisse (publifocus en 2005-2006), la province du Québec… Depuis ces expériences pionnières, une soixantaine d'autres processus participatifs consacrés aux nanotechnologies ont été développés dans le monde.

La Cité des sciences et de l'industrie a organisé une exposition et un débat en 2007.

nano-v2.indd 109 3/09/09 15:34:33

EXPLICATION

Rendre la recherche plus réactive

Le nancement par projet, et non plus structure, pourrait accroître la réactivité de la recherche. Face aux risques émergents, il apparaît en e et opportun de maintenir une veille scienti que assurée notamment par des enveloppes de crédits spéci ques (en veillant à une évaluation de qualité). En parallèle, il semble aussi utile de renforcer l'animation de la recherche pour mobiliser les équipes, y compris de sciences humaines, sur des thèmes nouveaux.

Cette réactivité passe également par une fédération des opérateurs de recherche pour mieux coordonner les infrastructures et notamment les plates-formes en sciences du vivant (plates-formes technologiques, centres de ressources biologiques).

Moyens déjà mis en œuvre ou envisagés

Pour accompagner e cacement le développement des nanotechnologies, la France a jusqu'à présent opté pour une stratégie basée sur trois axes majeurs :

- l'approfondissement des connaissances et des méthodes d'expertises, en particulier à propos des risques ;
- une présence active au niveau international pour demander la mise en place de normes et de réglementations adaptées au niveau international plutôt qu'au niveau national a n de ne pas pénaliser ses industries ;
- le cas échéant, l'adoption de mesures et de réglementations nationales spéci ques pour pallier l'insu sance de régulation internationale.

Entre les initiatives spéci ques que peuvent prendre séparément di érents États, y compris voisins, et la nécessaire harmonisation internationale, l'Union européenne a un rôle essentiel à jouer.

L'expertise et la recherche

Tout programme de recherche industrielle lié aux nanoparticules devrait être associé à des travaux visant à évaluer la sécurité sanitaire et environnementale. Dans ce sens, il importe de renforcer les nancements de la recherche publique sur les nanotechnologies, dédiées à l'évaluation du risque. Le nancement par projet constitue peut-être une solution, car sa réactivité en fait une réponse complémentaire aux programmes lourds nancés par unité de recherche. D'une façon plus générale, il serait souhaitable d'encourager la création auprès de la Commission européenne d'une unité spécialisée pour coordonner/superviser les recherches sur les nanoparticules.

Parmi les actions à développer, citons :

- favoriser la recherche sur la métrologie et les risques (en particulier la caractérisation physico-chimique des nanomatériaux, et leur toxicologie et écotoxicologie a n de connaître le devenir des nanomatériaux dans les organismes et dans l'environnement) ;
- développer une recherche en matière de sécurité des nanomatériaux ;
- assurer une veille concernant les études relatives à la sécurité et à la caractérisation des nanomatériaux ;
- assurer une participation active et coordonnée aux travaux européens et internationaux, en particulier ceux de l'OCDE (notamment le groupe de travail sur les nanomatériaux manufacturés, voir page 92) et de l'Iso (TC-229 travaux de normalisation sur les nanotechnologies, voir page 111 et 112) ;
- consolider l'élaboration des orientations stratégiques en matière de recherches sur la sécurité des nanomatériaux et améliorer la coordination des acteurs, par exemple à travers un partenariat de recherche public-privé ;
- faire un point d'étape concernant l'avancée des travaux sur l'impact sanitaire des produits issus des nanotechnologies réalisés par les agences et institut de veille sanitaires (Afssa, AfssaPS, Afsset, InVS) en réponse aux saisines des ministères.

Dans un souci de meilleure coordination, le ministère chargé de la recherche a également mis en place des groupes de concertation sectoriels (GCS) impliquant les représentants des organismes de recherche, des agences de nancement, des ministères et des agences sanitaires.

La veille scienti que, qui fait partie des missions des agences sanitaires, doit être renforcée par la mutualisation, par l'ensem-

nano-v2.indd 110 3/09/09 15:34:36

ble des partenaires concernés, des outils de veille scienti que et technologique.

De plus, alors que le public n'est pas partie prenante de la dé nition des priorités de recherche fondamentale, ne conviendrait-il pas de revoir les procédures pour organiser une telle participation ?

En n, au plan international, il importe de renforcer encore l'expression de la recherche française dans les programmes européens spéci ques aux nanotechnologies. La France insiste notamment sur la nécessaire prise en compte des questions de sécurité sanitaire liées aux nanotechnologies dans les 7e et 8e programmes cadres de recherche et de développement (PCRD).

Réglementation

Plusieurs textes réglementaires existants peuvent faire l'objet de modi cations en vue d'une meilleure information sur la présence de nanoparticules dans les produits et l'utilisation des nanotechnologies dans les processus de production.

Concernant les nanoparticules, la France préconise, au niveau communautaire, l'adoption dans le règlement REACH d'obligations d'enregistrement et de dispositions visant l'amélioration des informations, notamment via les ches de données de sécurité. Le nouveau règlement REACH ne prenant pas en compte les substances produites à moins d'une tonne par an ni la spéci cité des propriétés liées à l'état nanoparticulaire, sauf s'il est démontré qu'elles sont particulièrement préoccupantes, il est envisagé de prendre des mesures au niveau national.

Concernant la réglementation relative aux installations industrielles classées pour la protection de l'environnement, des possibilités d'évolution sont à l'étude a n d'y intégrer les activités relatives à la fabrication des nanomatériaux et leurs impacts éventuels sur l'homme et l'environnement.

Les projets de loi Grenelle I et Grenelle II se sont appuyés sur les engagements du Grenelle Environnement et sur les recommandations du comité de la précaution et de la prévention (CPP). La loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (dite Grenelle 1), du 3 août 2009, prend en considération la prévention des risques pour l'environnement et la santé. À ce titre, elle énonce par exemple que la réduction de l'exposition aux substances préoccupantes, notamment en milieu professionnel, nécessite une meilleure information des entreprises et de leurs salariés, à laquelle l'État veillera.

La loi dispose également que la France encouragera au plan européen une rénovation de l'expertise et de l'évaluation des technologies émergentes a n d'actualiser les connaissances utilisées en toutes disciplines.

Concernant plus précisément les nanotechnologies, elle retient, au-delà du débat public, l'objectif, dans les deux ans suivant sa promulgation, de rendre obligatoire une déclaration portant sur la fabrication, l'importation ou la mise sur le marché de substances à l'état nanoparticulaire ou de matériaux destinés à rejeter de telles substances. Cette déclaration à l'autorité administrative prendra notamment en compte les quantités et les usages.

La loi prescrit aussi une obligation d'information du public et des consommateurs et l'élaboration d'une méthodologie d'évaluation des risques et des béné ces à ces substances et produits.

Il est ainsi prévu d'introduire dans le code de l'environnement un nouveau chapitre (chapitre III du titre II du livre V) consacré à la prévention des risques sanitaires et environnementaux liés à ces substances, contenant les obligations de déclaration et la mise à disposition du public des informations (articles L 523-1 et suivants nouveaux). Un décret en Conseil d'État devra préciser les modalités d'application de ces articles.

Pour les produits cosmétiques, le nouveau règlement européen en cours d'adoption, applicable au plus tard 42 mois après sa date de publication, constitue une avancée signi cative en matière d'encadrement des produits cosmétiques contenant des nanomatériaux. Il prévoit en e et un système de noti cation préalable avec production par l'industriel notamment d'une justi cation de l'utilisation et l'évaluation spéci que de la sécurité. La Commission européenne s'autorise à demander au comité scienti que européen compétent d'évaluer les risques du produit contenant le nanomatériau en donnant un avis conditionnant la mise sur le marché. D'autres dispositions sont prévues, comme la création d'un inventaire.

Normes

À côté des dispositions obligatoires à l'étude par les États, des démarches volontaires s'engagent également. Ainsi, en matière de normalisation, un comité technique ISO (ISO/TC) pour les nanotechnologies a été créé en mai 2005 (ISO/TC 229 « Nanotechnologies »). Il travaille sur la compréhension et le contrôle de la matière et des processus à l'échelle nanométrique ainsi que sur l'utilisation des propriétés spéci ques aux objets nanométriques. Cette approche devrait être élargie au développement de normes concernant notamment la terminologie et la nomenclature, la métrologie et l'instrumentation, les méthodologies d'essai, le calcul et la simulation. (voir page 53)

La délégation française, conduite par l'Afnor, est chargée de défendre, devant ce même comité TC 229, les positions suivantes au sein des di érents groupes de travail :

- favoriser la création d'une nomenclature spéci que des nanomatériaux ;

nano-v2.indd 111 3/09/09 15:34:37

- axer les priorités du comité de stratégie sur l'adaptation ou le développement des méthodes concernant les caractéristiques physico-chimiques spéci ques identi ées des nanomatériaux ;
- consolider le projet relatif aux caractéristiques physico-chimiques des nanomatériaux en lien avec les activités de l'OCDE et les activités européennes ;
- soutenir et participer au projet visant à l'élaboration d'une che de données de sécurité spéci que ;
- soutenir le projet de dé nition de bandes de danger qui permettent de classer les nanomatériaux en fonction des données physico-chimiques et toxicologiques disponibles ;
- participer aux discussions relatives au dioxyde de titane concernant les spéci cations physicochimiques à retenir en fonction des applications.

Le comité TC 229 déploie un ensemble de liaisons avec d'autres comités au sein de l'Iso, en particulier dans les domaines de l'électronique, l'optique et la photonique, de l'énergie, des matériaux et des activités de normalisation biomédicales. La future norme ISO 26 000 en cours d'élaboration, relative à la responsabilité sociétale des entreprises, pourrait également s'appliquer au secteur des nanotechnologies.

Vers une dynamique industrielle responsable

Pour inciter les partenaires industriels à se positionner sur ce créneau et prendre des parts de marché tout en respectant les impératifs sanitaires et environnementaux inhérents à ces développements, la direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services (DGCIS) a lancé une action collective. Elle vise à former et informer les industriels (en particulier les PME) sur les potentialités des nanomatériaux tout en les sensibilisant aux dispositions à prendre pour un développement responsable.

Cette action devrait se solder, n 2009, par le lancement de plusieurs projets de développement. Deux études ont également été lancées pour comparer les compétences françaises en matière de nanomatériaux à celles d'autres grands opérateurs mondiaux (États-Unis, sud-est asiatique, pays émergents) et, d'autre part, faire le point sur l'état de ce que l'on peut quali er d'ingénierie sécurité pour les nanomatériaux. Les rapports de ces études sont disponibles sur le site du ministère de l'industrie.

De plus, la présence d'un chapitre « sécurité sanitaire et environnementale » est maintenant obligatoire dans tous les projets collaboratifs de développement des nanotechnologies. Ainsi, les projets labellisés par les pôles de compétitivité et subventionnés par le Fonds unique interministériel (FUI), comprennent-ils systématiquement une part dédiée à la santé et à l'environnement. Ce principe vaut également pour les projets académiques nancés par l'ANR et pour les projets industriels lancés par OSEO innovation.

Gouvernance

À la demande de plusieurs associations de consommateurs, le secrétaire d'État chargé de l'industrie et de la consommation a décidé le 10 juillet 2008 l'organisation, dans le cadre du Conseil national de la consommation (CNC), d'un groupe de travail dont l'objet est :

- de rassembler des informations sur l'utilisation des nanotechnologies pour la production de biens et de services destinés aux consommateurs (nature des applications, poids économique global et par secteur, nombre de consommateurs concernés, avantages apportés…) ;
- d'entendre des experts sur les risques associés à ces productions, sur les démarches suivies ou à engager pour connaître, réduire et supprimer ces risques, et en particulier sur les études à conduire ;
- d'organiser le dialogue économique entre les professionnels et les consommateurs pour examiner avec réactivité les problèmes nouveaux que peuvent soulever les nanotechnologies ;
- d'évaluer l'e cacité des règles juridiques existantes et des dispositifs de contrôle qui protègent le consommateur lorsqu'il acquiert ou utilise des produits incorporant des nanotechnologies ;
- d'identi er les besoins d'accompagnement que les nanotechnologies font apparaître et de formuler, s'il y a lieu, des propositions visant à compléter la législation et la réglementation, au niveau national ou européen, a n de les adapter au contexte du développement des nanotechnologies ;
- de permettre la mise en place d'une information simple et compréhensible du consommateur sur les nanotechnologies, les avantages qu'elles procurent, les risques qu'elles peuvent comporter et les précautions qu'elles appellent. Cette ré exion portera non seulement sur l'information à caractère général concernant ces technologies mais aussi sur celle qui doit accompagner chaque produit mis sur le marché à titre gratuit ou onéreux.

Ce groupe de travail est toujours actif et il devrait rendre ses conclusions prochainement.

nano-v2.indd 112 3/09/09 15:34:37

Pistes de travail

Plusieurs pistes de travail sont à l'étude pour encadrer e cacement le développement des nanotechnologies. La discussion est naturellement ouverte. La liste ci-dessous répertorie simplement les pistes qui apparaissent incontournables pour les pouvoirs publics :

- en raison des propriétés spéci ques dues à leur taille, les nanoparticules doivent être appréhendées comme des substances en tant que telles ou comme de nouvelles entités chimiques, et non comme la simple miniaturisation de substances ou de produits dont les caractéristiques, risques et nuisances sont déjà connus ;
- un principe d'évaluation systématique des nanoparticules doit être établi. Des plates-formes de toxicologie et d'écotoxicologie dédiées devraient être créées, visibles et facilement accessibles aux industriels qui en auront besoin. Des tests toxicologiques adaptés et standardisés doivent être réalisés systématiquement lors de la mise en œuvre de toutes les nouvelles variétés de nanoparticules manufacturées, en s'appuyant sur les tests prévus dans la réglementation européenne ;
- la traçabilité des produits susceptibles de disperser des nanoparticules (à toutes les étapes de la fabrication, de la mise en œuvre industrielle, de l'usage et du recyclage) doit être mise en place ainsi qu'un étiquetage spéci que (principe de transparence) ;
- le lien recherche/réglementation devra être renforcé pour une exploitation optimisée et rapide des résultats de la recherche à des ns règlementaires et la xation d'un plan d'action stratégique dédié aux impacts sanitaires et environnementaux des nanomatériaux. À titre d'exemple, une cartographie précise des productions et utilisations des substances à l'état nanoparticulaire permettrait de cibler des plans d'actions de formation, de sensibilisation et de contrôle ;
- tout programme de développement de nanoparticules devrait être associé à des recherches signi catives destinées à évaluer la sécurité sanitaire et environnementale de ces substances et produits. En outre, l'approche méthodologique d'analyse du cycle de vie gagnerait à être développée (voir dé nition page 52 et 53) ;
- en n, d'un point de vue social et éthique, les béné ces directs et indirects du développement des nanotechnologies pour la société et pour les individus devront être systématiquement mis en relation avec les risques qu'ils peuvent engendrer. Dans ce cadre, deux pistes sont envisagées :
  - la création d'un site nanotechnologies.fr pour donner accès à l'ensemble des ressources documentaires publiques et privées disponibles sur les nanotechnologies ;
  - le renforcement de l'observatoire européen Nanoobservatory a n d'être doté d'un **observatoire sociétal** permanent du développement, de la production et de l'usage des nanotechnologies pour permettre d'interroger l'utilité sociale des nanotechnologies et la nécessité de leur production pour la société dans di érents domaines d'application. Les modalités d'implication des acteurs concernés (entreprises, chercheurs, travailleurs, usagers, riverains, consommateurs) dans cette observation et ce suivi des nanotechnologies devront alors être examinées avec soin.

Plus généralement, pour encadrer le développement des nanotechnologies, diverses pistes sont imaginées, mais aucune ne fait à ce jour l'objet de décision. Ainsi sont évoquées les idées suivantes :

- création d'une instance de gouvernance spéci que des nanotechnologies (conseil national des nanotechnologies)
- mise en place d'un groupe interministériel sur les nanotechnologies
- mise en place d'une structure de concertation permanente incluant l'ensemble des parties prenantes (élus, associations, industriels, État, individus)
- création d'une agence spécialisée et/ou d'une instance de coordination voir de contrôle.

EXPLICATION

Un observatoire sociétal

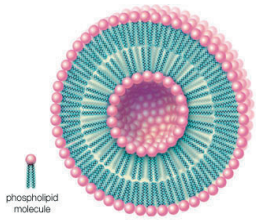
Cet observatoire serait le correspondant naturel de l'observatoire européen nancé par le 7e PCRD, Observatory nano, qui couvre l'évolution de l'état de l'art, la mise en réseau des centres de recherche dans le cadre du projet relié ICPC Nanonet, et l'inclusion des aspects éthiques, légaux et sociétaux. Depuis 2008, le CEA contribue à ce projet.

nano-v2.indd 113 3/09/09 15:34:37

nano v2.indd 114 3/09/09 15:34:37

Synthèse des problématiques et perspectives

nano-v2.indd 115 3/09/09 15:34:37



Le développement des nanotechnologies peut être comparé, en tant que processus d'innovation, à l'invention de la machine à vapeur ou à la généralisation de l'usage de l'électricité.

Si les nanoparticules existent à l'état naturel, les nanotechnologies, grâce auxquelles chercheurs et producteurs tirent parti des propriétés de la matière à l'échelle nanométrique connaissent, pour leur part, un développement fortement accéléré depuis une dizaine d'années. Il n'est pour l'instant pas possible de quanti- er l'ampleur de ce que certains quali ent de révolution technologique ; cependant, les nanotechnologies pourraient avoir un impact comparable à des innovations comme la machine à vapeur ou la maîtrise de l'électricité.

A l'échelle du nanomètre (le milliardième de mètre), la matière présente des propriétés particulières que les nanotechnologies cherchent à exploiter. Ces propriétés o rent de nombreuses applications, aux con ns de la physique, de la chimie, ou de la biologie. Elles sont d'ores et déjà largement utilisées dans les domaines de l'informatique, notamment pour le stockage de l'information, et de la téléphonie mobile. Elles le sont de manière plus limitée, mais prometteuse, dans de nombreux autres domaines tels que les matériaux de construction, l'automobile, l'aviation, le textile, les articles de sport, les cosmétiques ou les médicaments. Leurs capacités à améliorer la performance et accroître le confort, pallier les dé ciences humaines ou protéger l'environnement sont telles que leur maîtrise jouera un rôle important dans le positionnement relatif des économies et pourra modi er à terme les grands équilibres géo-politiques.

Mais jusqu'où va le béné ce ? Quelles sont ses limites ? Si l'avers de la médaille paraît positif et prometteur, le revers ne comporte- t-il pas des risques que l'état des connaissances actuelles ne permet pas de déterminer ? Des e ets pervers et des dérives ne peuvent-ils survenir ? Comment appréhender les questions des atteintes à la santé, à l'éthique, à l'environnement ? Faut-il envisager un moratoire ?

Certaines réponses peuvent être apportées par les approches techniques, méthodologiques et réglementaires existantes, dont il convient de veiller a l'adaptation aux produits intégrant des nanoparticules ou utilisant des nanosystèmes. L'application du principe de précaution doit être encouragée en s'appuyant notamment sur la surveillance, la veille technologique, la prévention, les dispositifs de suivi et d'encadrement, les normes et la maîtrise des brevets. Parallèlement, un e ort important de recherche et d'études doit être poursuivi pour renseigner et protéger les professionnels et le public qui seront appelés à utiliser ces technologies.

Quant à un moratoire national, qui constituerait un frein à certaines avancées technologiques majeures particulièrement dans le secteur de la santé ou qui priverait la France d'une large partie du béné ce en termes de développement économique ou d'emplois, pourrait-il être opérationnel alors que la di usion des nanotechnologies et des produits mis sur le marché se fait à l'échelle de la planète ? L'idée d'un moratoire n'a d'ailleurs pas été retenue par la Commission européenne qui privilégie l'élaboration de codes de conduite qu'elle juge plus e cace au niveau international.

Pour les milieux professionnels ou le public, les nanosciences doivent être transparentes et compréhensibles. La con ance dans les nanotechnologies passe notamment par la connaissance de leur présence dans les objets au contact du consommateur et par l'analyse de leur innocuité. A cette n les recherches engagées dans le domaine de la sécurité des nanomatériaux doivent être poursuivies et accentuées a n de mieux les identi er et d'en maîtriser le danger et les éventuels risques.

nano-v2.indd 116 3/09/09 15:34:37

Les pouvoirs publics estiment nécessaire d'informer, de la manière la plus transparente, de mutualiser les connaissances et les di user, de recueillir les interrogations et les craintes, de nourrir le dialogue. C'est notamment l'objet du présent débat public, qui n'ignore pas les actions déjà engagées récemment sur ces questions.

En n, qu'il s'agisse des procédés de fabrication des produits, de leur mise en marché, des brevets, ou des aspects liés aux risques, voire de la survenue de dommages, l'exigence d'un encadrement réglementaire et la probabilité de litiges existent, comme pour tout autre objet. Il importe donc de se pencher aussi sur les aspects juridiques. Il est di cile de parler d'un droit des nanotechnologies intégré en tant que tel à un code spéci que, d'autant que celles-ci se développent rapidement et sont encore relativement mal connues. En France comme dans de nombreux pays, ce droit est encadré par des textes de portée générale ou spéci que, qu'il s'agisse par exemple des libertés publiques ou du code du travail. En présence d'un sujet émergent, deux approches juridiques peuvent être retenues : soit élaborer une réglementation particulière, soit intégrer le nouveau domaine aux réglementations sectorielles qui existent par ailleurs, en les complétant ou en les modi ant.

Indépendamment de ces considérations, se pose également la question de la capacité à encadrer le développement des nanotechnologies dans le contexte d'une économie mondialisée en proie à la compétition. Quelle place pourront-elles prendre dans la promotion d'un développement durable, pour quels avantages et à quel prix ? Quels changements, voulus ou non, induiront-elles dans la vie quotidienne, sur les rapports sociaux et l'identité de chacun ? Le développement des nanotechnologies n'o re t'il pas l'opportunité d'engager une ré exion sur une application concertée du principe de précaution au niveau mondial a n d'assurer à ce niveau une gouvernance et des dispositifs d'encadrement adaptés ?

La question du développement et de la régulation des nanotechnologies constitue donc un champ d'interrogations complexe sur lequel bien des incertitudes existent et des opinions extrêmement diverses, parfois contradictoires, peuvent être émises. Comme bien souvent, aucune conclusion dé nitive, aucune vérité générale ni absolue, ne sauraient être tirées.

Au quotidien, il revient à chacun d'entre nous de s'interroger sur ses besoins réels, sur les usages permis et envisageables à travers les applications possibles des nanotechnologies dans les di érents domaines, sur les risques pour la santé et l'environnement, sur ses aspirations quant à l'amélioration de la qualité de vie ou de son bonheur individuel, sur l'évolution des coûts, les problèmes sociaux et éthiques et le legs aux générations futures.

Ce dossier dresse un panorama des données disponibles pour alimenter cette ré exion. La dernière partie du dossier (Voir *Pour en savoir plus*, pages 118 à 120) fournit un ensemble de sources dont la lecture pourra compléter utilement les aspects évoqués. Le temps du débat o rira à chacun l'occasion de s'exprimer. Tout citoyen, comme l'ensemble des parties prenantes, est invité à y participer. Garante de la neutralité, la Commission particulière du débat public (CPDP), autorité administrative indépendante, animera des réunions régionales d'information et d'échanges et mettra à la disposition de chacun des réponses à ses questions. Au-delà, comme le souhaitent les pouvoirs publics, le dialogue sera appelé à se poursuivre, sous d'autres formes, favorisées sans aucun doute par l'utilisation des moyens électroniques appropriés (grandement redevables aux nanotechnologies). Il sera ainsi possible de continuer à partager la connaissance et la con ance et de préparer la prise de responsabilité des décideurs de manière durable, en harmonie avec les besoins et les attentes de notre société.

Introduction

- Laurent L., *Les nanos vont-elles changer notre vie ?*, CEA, Spéci ques Éditions, Paris, 2007.
- Présentation de la Commission européenne : *Comment expliquer ce qu'est la nanotechnologie*, 2005. ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/yp_fr_vi-fp. pdf
- Rapport de la Royal Society et Royal Academy of Engineering : *Nanoscience and Nanotechnologies : Opportunities and Uncertainties*, 2004. http://www.nanotec.org.uk/ nalReport.htm
- *Les nanotechnologies doivent-elles nous faire peur*? Laurent L., Petit J-C., Éditions Le pommier, collection « Les petites pommes du savoir », Paris, 2005.
- Luzeaux D., Puig T., *À la conquête du nanomonde*, Felin, 2007.
- Drexler E., *Engines of creation. The Coming Era of Nanotechnology*, Anchor Books, 1986.
- Crichton M, *La Proie*, Robert La ont, 2003.

Des nanosciences aux nanotechnologies : de quoi parle-t-on ?

- Brochure du ministère chargé de la recherche : *À la découverte du nanomonde*, 2005. http://www.nanomicro.recherche.gouv.fr/docs/plaq.nanomonde.pdf
- Brochure de TA Swiss – technology assessment : Nano ! Nenni ? *Les nanotechnologies et leur importance pour la santé et l'environnement*, 2006. http://www.ta-swiss.ch/a/nano_pfna/2006_TAP8_IB_Nanotechnologien_f. pdf
- Rapport de l'Académie des Sciences et de l'Académie des Technologies *Nanosciences-Nanotechnologies*, rapport, Paris, 2004. http://www.academie-sciences.fr/publications/rapports/rapports_html/RST18.htm
- Rousset A., *« Sur quelques aspects des nanomatériaux »*, L'actualité chimique n° 288, 2005.
- Lehn J.-M., *La chimie supramoléculaire, concepts et perspectives*, Boeck Université, 1997. http://books.google.fr/books?id=cc7Y8ZNw5T0C&pg=PA4&lpg=PA4&dq=La+chimie+supramol%C3%A9culaire,+concepts+et+perspectives&source=bl&ots=4GKkbJJptJ&sig=6x8RUkzWb4qcQvx555T5WYckGIs&hl=fr&ei=2V2VSqLRMpnUjAfwuIz8DQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1#v=onepage&q=&f=false

Les applications actuelles et envisagées

- Brochure de la Commission européenne : *La nanotechnologie. L'innovation pour le monde de demain*, 2004. ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_brochure_fr. pdf
- Présentation du département américain de la défense : *Defense nanotechnology research and development programs*, 2006. http://www.nano.gov/html/res/DefenseNano2006.pdf
- « La déferlante nano », *Le journal du CNRS* n° 189, 2005. http://www2.cnrs.fr/presse/journal/2455.htm
- Rapport de l'OPECST Nanosciences et progrès médical, Lorrain J-L., Raoul D., 2004. http://www.assemblee-nationale.fr/12/rap-o /i1588.asp
- Rapport de la DGE/SIMAP/ITVM du ministère chargé de l'industrie : *Plan nanomatériaux - 10 propositions d'actions concrètes*. Derian P-J., 2005. http://www.cnisf.org/biblioth_cnisf/etudes/Plan%20Nano.pdf
- *Nanotechnologies : prospectives sur la menace et les opportunités au service du combattant*, CEA – Alcimed, 2004. http://www.defense.gouv.fr/das/dossiers/nanotechnologies_au_service_du_combattant

Risques pour la santé et l'environnement

- Renoux A., Boulaud D., *Les aérosols physique et métrologie*, Lavoisier TEC DOC, 1998.
- Rapport du département anglais de l'environnement : *Characterising the potential risks nanoparticules. A rst UK government research report*, 2005. http://www.nanoforum.org/dateien/temp/Characterising%20the%20potential%20risks%20posed%20by%20engineered-nanoparticles%20-%20Government%20research%20report.pdf?05122005182041
- Huré, Ph., Guimon, M., *Les appareils de protection respiratoire, choix et utilisation*, INRS, ED 780, 2002.
- Nel A., Xia T., Mädler L., Li N., « Toxic Potential of Materials at the Nanolevel », *Science* 311 (5 761) : 622 – 7, 2006.
- *Nanotechnologies : anticiper pour prévoir les risques*, Centre d'analyse stratégique, note de veille n° 27, 2006. http://www.strategie.gouv.fr/IMG/pdf/noteveille27.pdf

nano-v2.indd 118 3/09/09 15:34:42

■ Avis de l'Afssa : *Nanotechnologies et nanoparticules dans l'alimentation humaine et animale*, 2009. http://www.afssa.fr/Documents/RCCP-Ra-NanoAlimentation.pdf

■ Avis de l'Afssa : *Les nanoparticules manufacturées dans l'eau*, 2008. http://www.afssa.fr/Documents/EAUX-Ra-Nanoparticules.pdf

■ Avis de l'Afsset : *Les nanomatériaux. Sécurité au travail,* 2008. http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/258113599692706655310496991596/afsset-nanomateriaux-2-avis-rapport-annexes-vdef.pdf

■ Avis de l'Afsset : *Les nanomatériaux. Effet sur la santé de l'homme et sur l'environnement*, 2006. http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/367611898456453755693572842048/nanomateriaux.pdf

■ Recommandations de l'Afssaps relatives à l'évaluation toxicologique des médicaments sous forme nanoparticulaire, 2008. http://www.afssaps.fr/var/afssaps_site/storage/original/application/ac7d242fbecb3c8ab0a7363fbcd9a4ec. pdf

■ Avis du Comité de la prévention et de la précaution : *Nanotechnologies, nanoparticules. Quels dangers ? Quels risques ?,* 2006. http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/Nanotechnologies_juin_2006.pdf

■ Borm P., KreylingW., *Toxicological hazards of inhaled particles*, Université de Dusseldorf, National center for environment and Health of Munich, 2004. http://cel.hszuyd.nl/ les/Publicaties/JNN0406-proofs.pdf

■ Lastbom L., Cammer P., « Deposition and clearance of particles in the human lung », *Scand. J. Work Environ. Health,* 26 (suppl.1), 23, 7 2000.

■ Avis de l'European food safety authority : *The potentials risks arising from nanoscience and nanotechnologies on food and feed safety*, 2009. http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753816_1211902361968.htm

■ Rapport de la Commission européenne : *Nanotechnology : preliminary risk analysis on the basis of a workshop*, 2004. http://ec.europa.eu/health/ph_risk/documents/ev_20040301_en. pdf

■ Rapport de l'Institute of Occupational Medicine : *Nanoparticles : an occupational hygiene review*, Research report 274, Health and Safety Executive, 2004.

■ Maynard AD., Maynard RL., « A derived association between ambient aerosol surface area and excess mortality using historic time series data », *Atmospheric Environment,* 36 (36-37):5561-7, 2002.

■ Witschger O, Fabriès J.-F., *Particules ultra- nes et santé au travail.* 2- Sources et caractérisation de l'exposition, Cahiers de notes documentaires n° 2228, INRS, 199 : 37-54, 2005. http://www.inrs.fr/htm/particules_ultra-nes_sante_travail.html

Recherche, innovation et développement économique

■ Lesourne J., Bravo A., Randet, D., *Avenirs de la recherche et de l'innovation en France*, La Documentation française, Paris, 2004.

■ Brochure du ministère chargé de l'industrie : *Nanotechnologies, les promesses de l'in niment petit*, Cahiers Industries, 2006. http://www.industrie.gouv.fr/biblioth/docu/kiosque/cahiers/pdf/c101.pdf

■ Communication de la Commission européenne : *Vers une stratégie européenne en faveur des nanotechnologies*, 2004. ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_com_fr. pdf

■ Rapport de la direction générale des entreprises : *Nanomatériaux : positionnement des compétences françaises*, 2007.

■ Rapport de l'institut Lux research : *The Nanotech Report 5th edition*, 2007.

■ Rapport de la Commission européenne : *The Economic Development of Nanotechnology – An Indicator based Analysis*, 2006. ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanoarticle_hullmann_nov2006.pdf

Enjeux sociaux et éthiques

■ Rapport au Conseil général des mines et au Conseil général des technologies de l'information : *Les nanotechnologies : éthique et prospective industrielle*, Dupuy J-P., Roure F., 2004. http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/054000313/index.shtml

■ Rapport du groupe d'experts de haut niveau, Commission européenne, *Converging Technologies - shaping the Future of European Society*, Nordmann A., 2004. http://ec.europa.eu/research/conferences/2004/ntw/pdf/ nal_report_en.pdf

CREDITS

CEA ; CNRS ; Corsin Battaglia FNS ; DR ; MEDDAT ; CNRC-NRC, Institut national de nanotechnologie (INN) ; Fotolia ; Sircom/MEIE/MBCPFP ; Angie ; France Telecom ; Hélène Lefebvre ; Ministère de la Défense ; EDF ; Réa ; Ademe ; Commission européenne ; Parlement européen ; Cité des sciences et de l'industrie

Conception graphique : Sircom/MEIE/MBCPFP

Septembre 2009

■ *Les nanotechnologies, éthique et politiques*, COMEST, Éditions Unesco, 2008.

■ Rapport de la Commission mondiale d'éthique des connaissances scientifiques et des technologies (COMEST) : *Les nanotechnologies et l'éthique. Politiques et stratégies*, Éditions Unesco, 2008. http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001521/152146f.pdf

■ Avis du comité d'éthique du CNRS : *Enjeux éthiques des nanosciences et nanotechnologies*, 2006. http://www.cnrs.fr/fr/organisme/ethique/comets/docs/ethique_nanos_061013.pdf

■ Chateauraynaud F., *Nanosciences et technoprophéties. Le nanomonde dans la maîtrise des futurs*, GSPRH-EHESS, Paris, avril 2005. http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/11/19/98/PDF/nanotechnos_FC.pdf

■ Bensaude-Vincent B., *Se libérer de la matière ? Fantasmes autour des nouvelles technologies*, INRA, Collection « Sciences en questions », Paris, 2004.

■ André JC., « Ré exions autour de la « nano-éthique » et de la « nano-normalisation », *Environnement Risques et Santé*, Vol. 4, 6, 411-5, 2005. http://www.john-libbey-eurotext.fr/e-docs/00/04/12/D8/article.md

Gouvernance et régulation

■ Avis du Conseil économique et social. *Les nanotechnologies*, Obadia A., 2008. http://www.conseil-economique-et-social.fr/rapport/doclon/08070421.pdf

■ Avis du Comité de la prévention et de la précaution : Le principe de précaution, 2004. http://www.recherche-innovation.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Avis_PP_CPPVDWeb_cle1ec16e.pdf

■ Avis n° 65 du Conseil National de l'Alimentation (CNA) sur le développement de nouvelles technologies dans la fabrication, le conditionnement et la conservation des denrées alimentaires : conséquences, responsabilités des opérateurs et acceptabilité sociale, 2009. http://www.cna-alimentation.fr/index.php?option=com_docman&task=search_result&Itemid=28&date=1&start=0

■ Enquête de la Royal Society & The Royal Academy of Engineering/ BMBR social research : Nanotechnology : Views of the General Public, 2004. http://www.nanotec.org.uk/Market %20Research. pdf

■ Rapport du troisième dialogue international sur la recherche et le développement responsable des nanotechnologies, 2008. http://cordis.europa.eu/nanotechnology/src/intldialogue.htm

■ Communication de ETC Group : *Size Matters ! No small matter : The Case for a Global Moratorium*, 2003. http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub_id=165

■ Résolution du Parlement européen du 24 avril 2009, sur les aspects réglementaires des nanomatériaux, 2009. http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=TA&language=FR&reference=P6-TA-2009-0328

■ Rapport de l'International risk governance council : *Nanotechnolgy Risk Governance*, 2007. http:// www.nano.gov/html/res/NanotechnologyRiskGovernance.pdf

■ *Les conversations de la mission Agrobiosciences : Nanosciences et nanotechnologies : tous les ingrédients d'un débat explosif ?* 2006. http://www.agrobiosciences.org/IMG/pdf/conversation_sur_les_nanos_debat_explosif. pdf

■ Note de la fondation Sciences citoyennes : *Survivre aux nanotechnologies ? Giga-questions, nano-visions et citoyenneté*, 2006. http://sciencescitoyennes.org/spip.php ?article1516

■ « Dossier thématique : Droit, sciences & nanotechnologies », *Cahiers Droit, Sciences & Technologies*, Tome I, CNRS Éditions, Paris, 2008.

■ Browaeys D.B., *Cycle nanomonde : quels choix technologiques pour quelle société ?* VivAgo, Cahier d'acteurs n° 14, Cité des sciences et de l'industrie, 2006. http://www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/expositions/nanotechnologies/debat-nanotechnologies/cahiers-acteurs.php

■ Rapport de la conférence de citoyens sur les nanotechnologies de la région Île-de-France : *Avis et recommandations du panel*, 2007. http://espaceprojets.iledefrance.fr/jahia/Jahia/NanoCitoyens/site/projets/op/edit/pid/4498

■ Rapport de la mission pour la Comunauté des Communes de l'Agglomération grenobloise (METRO) : *Démocratie locale et maitrise sociale des nanotechnologies. Les publics grenoblois peuvent-ils participer aux choix scienti ques et techniques ?* Joly P-B., 2005. http://sciencescitoyennes.org/IMG/pdf/NanoGrenoble_rapport_ nal_05_09_22.pdf

nano-v2.indd 120 3/09/09 15:34:43

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

DOSSIER DE PRÉSENTATION 2009 > DÉBAT PUBLIC

Développement et régulation des NANO technologies

DÉVELOPPEMENT ET RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

DOSSIER DE PRÉSENTATION 2009 > DÉBAT PUBLIC

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE, DE L'INDUSTRIE ET DE L'EMPLOI

MINISTÈRE DU TRAVAIL, DES RELATIONS SOCIALES, DE LA FAMILLE, DE LA SOLIDARITÉ ET DE LA VILLE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SPORTS

MINISTÈRE DE L'ALIMENTATION, DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER • MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE, DE L'INDUSTRIE ET DE L'EMPLOI • MINISTÈRE DU TRAVAIL, DES RELATIONS SOCIALES, DE LA FAMILLE, DE LA SOLIDARITÉ ET DE LA VILLE • MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE • MINISTÈRE DE LA DÉFENSE • MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SPORTS • MINISTÈRE DE L'ALIMENTATION, DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE