

Nanotechnologies : le point de vue des associations

**Complexes, invisibles,
les nanotechnologies
sont ardues
à appréhender.
De ce fait,
les associations
(et autres voix
de la population)
tardent à faire valoir
leurs exigences
sociales,
environnementales
et sanitaires.**

Dorothee Benoit-Browaey
Journaliste scientifique,
déléguée générale de VivAgora
(association pour le débat public
sciences et société)

La production de matériaux et dispositifs structurés à l'échelle nanométrique engendre, pour les usagers, de nouvelles préoccupations. On peut distinguer trois sortes d'enjeux : ceux qui concernent le vivant (effets sanitaires, environnementaux et neurobiologiques), ceux qui interrogent nos capacités de mesure et de maîtrise, et ceux qui impactent les liens sociaux notamment avec le développement d'une « électronique ambiante diffuse » (société de la surveillance).

Si le développement des nanotechnologies fait l'objet d'investissements croissants depuis 2000¹, les gouvernements n'ont pas accompagné la dynamique de concertations sociales précoces. Avant 2005, seules quelques alertes, notamment celles du groupe canadien ETC (Erosion, technologie, concentration) connu pour sa vigilance en matière de biotechnologies et d'équilibre Nord-Sud, ont explicité les risques nouveaux générés par les nanoparticules. En publiant en janvier 2003 son rapport intitulé « The Big Down »², le think tank militant mettait en garde : « *Les nanotechnologies les plus puissantes émergent dans un espace presque dénué de règles et de politiques* », écrivait son directeur Pat Mooney. « *Comment les gouvernements et la société civile vont-ils traiter les impacts socio-économiques, environnementaux et sanitaires sans décourager l'exploration saine des perspectives bénéfiques ?* »

1. En 2005, les investissements financiers académiques et industriels dans le champ des nanotechnologies ont été estimés à 9 milliards de dollars par la National Nanotechnology Initiative américaine

2. « The Big Down : Atomtech - Technologies Converging at the Nano-scale » - en anglais sur le site <http://www.etcgroup.org>

Dès 2004, le groupe focalisait son attention sur les impacts des nanotechnologies pour l'alimentation et l'agriculture³ : « *La manipulation de la matière à l'échelle des atomes et des molécules - qui converge rapidement avec les biotechnologies et les technologies de l'information - va aboutir à des changements radicaux dans les systèmes de production alimentaire.* » Il pointait de manière très concrète la présence de nombreux nanoproduits (additifs, capsules...) sur le marché, citait dans son annexe 1 les vingt-trois compagnies déjà impliquées dans ces applications alimentaires. « *Aucune régulation n'existe* », avertissait-il en exigeant un moratoire, tout en rappelant le problème des brevets qui peuvent inéluctablement glisser vers « *l'accaparement par quelques firmes privées des éléments constitutifs de la matière (tableau de Mendeliev)* ».

Si certains militants avertis ont relayé ces informations, le grand public est « entré dans les nanotechnologies » avec le roman catastrophiste *La Proie*, écrit par Michael Crichton et paru en 2002. C'est d'ailleurs le scénario apocalyptique – décrivant une boue grise dévorant tous les organismes vivants – qui saisit à l'époque le prince Charles et motiva sa demande d'un rapport auprès de la Royal Society. Les premiers débats publics sur les nanotechnologies datent de 2004-2005. Ils émanent des habitudes ou demandes étatiques comme au Danemark (conférence de citoyens) ou aux États-Unis, ou bien ils sont le fruit d'initiatives volontaristes associatives comme en Grande-Bretagne (Nanojury) ou en France

3. Down on the Farm, nov 2004 http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub_id=80

(NanoMonde et NanoViv) (voir encadré page suivante).

Premières manifestations des associations

Peu d'informations circulent sur les nanotechnologies avant 2005, et les articles sur le sujet dans les médias sont rares. Les associations tardent à se positionner dans le domaine des nanotechnologies, car le ticket d'entrée pour acquérir une expertise est élevé. De plus, les militants sont déconcertés par un domaine aussi multiforme et transversal qui touche aussi bien l'environnement, la santé, l'agriculture, l'alimentation, les libertés individuelles... En fait, les nanotechnologies récapitulent une série de « critiques de la technique » et « recyclent » des risques déjà établis : avec la nanoélectronique, se posent les risques d'abus dans la surveillance des personnes et des corps (atteinte à la liberté par des capteurs et systèmes de localisation) ; avec les nanobiotechnologies, c'est la fabrication d'organismes synthétiques qui inquiète ainsi que l'instrumentalisation des corps et la manipulation des cerveaux (implants pour maîtriser l'humeur, les souvenirs...). L'invisibilité et l'intrusion des dispositifs font peur. Ainsi, la « technologie » est interrogée en tant que telle comme processus transformateur des modes de vie et de la vie même.

Cette critique transversale qui pose la question des finalités (déjà soulevée dans les années soixante-dix face à l'informatisation et qui a conduit à la création de la Cnil) est très active en France chez les militants de la décroissance (Groupe Oblomov) qui se sont manifestés lors du cycle NanoMonde en 2006 à Paris⁴ ou de « Pièces et Main d'œuvre » (PMO) à Grenoble. Les questions qu'ils posent sont radicales : et si les nanotechnologies concouraient à une perte de maîtrise d'objets répliquants ou capables d'auto-assemblage, à la baisse d'autonomie des individus, à la surveillance généralisée, à la concentration des pouvoirs, à une fuite en avant insensée, ou même à une aliénation croissante par la technique ?

Avec l'arrivée des premiers nanoproduits sur le marché, des manifestations hostiles émergent. Le groupe Topless Humans Organized for Natural Genetics (Thong) s'exhibe à moitié nus bariolés en juin 2005 à Chicago, devant le magasin Eddie Bauer qui commercialise des vêtements anti-salissures utilisant des nanopar-

ticules. Les protestataires firent aussi irruption dans un colloque sur les nanotechnologies ironisant sur la phrase célèbre de Feynmann, « *There is plenty of room at the bottom* »⁵.

Puis c'est sur le champ des cosmétiques que se mobilisent, en mai 2006, six associations américaines pour demander à l'Administration fédérale de faire retirer du marché tous les produits cosmétiques renfermant des nanoparticules synthétiques (de dioxyde de titane ou d'oxyde de zinc).

L'affaire du « Magic Nano », produit d'entretien vendu en Allemagne et qui causa des malaises pulmonaires en mai 2006, fut vite oubliée car les autorités expliquèrent rapidement que « *ce produit n'avait aucune caractéristique nano* ». La firme productrice, Kleinmann, stipule toujours que ces sprays contiennent des nanoparticules...

Une série d'avis et de recommandations

En France, trois tables rondes ont été organisées en mars 2007 à la Cité des sciences et de l'industrie à la demande des ministres Goulard (Recherche) et Loos (Industrie). Elles ont été l'occasion d'une récapitulation des positions prises au sein de divers groupes aboutissant à 14 « Cahiers d'acteurs »⁶. On y trouve les avis de la Fondation sciences citoyennes (qui demande le lancement d'un moratoire sur la recherche, subordonné aux débats publics) ceux de France nature environnement (FNE) très axés sur les risques et ceux du Syndicat CFDT soucieux de développer des comités d'hygiène et sécurité (CHS-CT) de site et en réseau.

Au plan international, une coalition réunissant 43 organisations (syndicales ou de la société civile) de défense de la santé, de l'environnement, des consommateurs et des citoyens, a lancé à l'été 2007 une déclaration pour une vigilance forte et étendue vis-à-vis des nanotechnologies et de leurs produits⁷. Pilotée par le Centre international de l'évaluation des technologies (ICTA basé à Washington)⁸ et les Amis de la Terre, la déclaration *Principles for Nanotechnologies and Nanomaterials Oversight* détaille huit principes clés :

– le principe basique de la précaution

5. « *There is plenty of room at the bottom* » (Il y a beaucoup de place en bas) : c'est en ces termes que le Prix Nobel de physique Richard Feynman annonçait en 1959 lors d'une conférence au Caltech la future exploration et exploitation du nanomonde.

6. http://www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/college/v2/html/2006_2007/cycles/cycle_252_ressources.htm

7. Le texte de cet appel est disponible en anglais à http://www.vivagora.org/breve.php3?id_breve=105

8. <http://www.icta.org>

avec la charge de la preuve supportée par les producteurs ;

– des régulations spécifiques obligatoires avec classification des nanomatériaux comme « nouvelles substances » ;

– la prévention de l'exposition du public et des travailleurs pour tout nanoproduit dont l'innocuité n'est pas démontrée ;

– la protection de l'environnement par une analyse complète du cycle de vie en amont de toute commercialisation pour les nanomatériaux ;

– la transparence avec étiquetage des nanoproduits et informations disponibles ;

– une participation significative du public à tous les niveaux de l'innovation et de la mise sur le marché ;

– la considération des impacts sociaux et éthiques ;

– une réelle fiabilité des fabricants.

Face aux risques potentiels et dans un souci d'application du principe de précaution, les pouvoirs publics ont établi de nombreux rapports en 2006-2007 (Afsset, CCNE, Comets du CNRS...) et organisé des espaces de dialogue. La DG Sanco des Communautés européennes organise chaque année, son colloque intitulé « Safety for Success Dialogue ». Une délégation de huit représentants d'associations a été entendue lors du premier colloque de ce type, en septembre 2006, en Finlande. Barbara Gallani a ainsi présenté les demandes du Bureau européen des unions de consommateurs (BEUC). En 2007, les organisateurs ont centré les échanges sur l'agro-alimentaire et établi quatre « collègues » de porteurs d'enjeux (stakeholders) qui ont présenté leurs recommandations respectives dans un débat tendu. D'un côté les associations demandaient un étiquetage des nanoproduits, de l'autre côté, les industriels soulignaient « *l'impossibilité de définir les nanoaliments car beaucoup d'éléments naturels tels les micelles du lait sont nanométriques* ». Excédé par la résistance à donner de l'information des représentants des géants agro-alimentaires présents (Danone, Nestlé, Kraft, Coca Cola, Unilever, Cargill...), Robert Madelin, directeur de la DG Sanco, les a sommés ainsi : « *Que les industriels qui ne font pas de nanoproduits se lèvent !* » Constatant qu'ils restaient assis, il a insisté : « *Vous devez informer les consommateurs, sous peine de reproduire la suspicion puis la crise que nous avons connue avec les OGM.* »

Actifs sur le champ agro-alimentaire, les Amis de la Terre Europe et Australie ont publié en mars 2008 leur rapport, *Du labo*

4. Organisé par VivAgora à la Cité internationale universitaire de Paris - voir sur le site <http://www.vivagora.org>

Des débats publics qui brossent des priorités sociales

Les premières démarches de débats publics datent de 2004. Ainsi les Danois, toujours très actifs dans l'implication des citoyens, réalisent une conférence de citoyens en juin 2004. Mené par le Danish Board of Technology (DBT), ce processus produit des recommandations. Ainsi, le panel de citoyens demande que les nanotechnologies servent en priorité à lutter contre la pollution, à prévenir les changements climatiques, à développer de nouvelles sources d'énergie, de nouvelles thérapies... Il se montre opposé à des objectifs concernant l'allongement de la durée de vie, l'amélioration des biens de consommation et méfiant vis-à-vis des profits par le secteur privé, souhaitant que soit considéré comme prioritaire l'intérêt de la société.

Aux États-Unis, l'Institut Loka, qui œuvre pour l'implication de la société civile dans le pilotage de la recherche, a mené en septembre 2004, deux jours de discussion associant militants, experts du monde académique, des affaires et de l'administration. Douze recommandations très concrètes ont été formulées, notamment « réserver au moins 3 % des budgets nano des agences fédérales pour des projets de recherche-action communautaire pour intégrer les besoins et préoccupations des populations ». Toujours outre-Atlantique, en avril 2005, une conférence de citoyens s'est tenue près de Madison (Wisconsin), dans la logique de la « loi recherche et développement en nanotechnologies pour le XXI^e siècle » adoptée en 2003 par le Congrès américain qui stipule que « la participation du public doit être intégrée au

fonctionnement du programme de recherche par l'organisation régulière et continue de discussions publiques ». Treize citoyens ont exprimé leurs exigences¹ : étiquetage des nanomatériaux, charge aux industriels de faire la preuve de l'innocuité de leurs produits, pas de marché sans information sur les impacts sanitaires et environnementaux, pas d'usage des nanotechnologies qui peuvent porter atteinte à la sphère privée dans les agences publiques...

En Grande-Bretagne, au printemps 2005, une opération NanoJury a été montée, sous l'impulsion de Douglas Parr, membre actif de Greenpeace². Ce dernier a réussi à impliquer des chercheurs du Centre de recherche interdisciplinaire (IRC) sur les nanotechnologies de l'université de Cambridge, des sociologues de l'université de Newcastle et le quotidien *The Guardian*³. De mai à juillet, un groupe de seize personnes a consacré une dizaine de soirées à analyser les enjeux des nanotechnologies. Vingt recommandations ont été adressées à divers responsables industriels et politiques pour demander davantage de transparence dans les projets de recherche, une meilleure protection de la santé, de l'environnement et l'égalité d'accès aux techniques.

Depuis ces expériences pionnières, une soixantaine d'autres processus participatifs

1. Voir <http://www.nanocafes.org>

2. Voir son analyse in Arnall A., Parr D. Moving the nanoscience and technology (NST) debate forwards : short-term impact, long term uncertainty and the social constitution. *Technology in Society* 27, 2005, 23-38.

3. Voir <http://www.nanojury.org/>

consacrés à la gouvernance des nanotechnologies ont été développés dans le monde. Un travail d'analyse a été réalisé par les structures britanniques Demos et Involve dans le cadre du NanoEngagement Group⁴. Une évaluation plus complète vient d'être publiée par le réseau Cipast (Citizen participation)⁵ qui considère comme médiocre l'impact politique de ces confrontations-consultations. Un article cosigné par Pierre-Benoît Joly (Inra/TSV) et Alain Kaufmann (université de Lausanne, ISS)⁶, constate un enlèvement et une « perte de la mobilisation du public par des traductions institutionnelles inadaptées ».

Toujours est-il que ces processus ont le mérite de transformer en « chose publique »⁷ des projets considérés comme affaire de « technostructure ». Ils contribuent à construire un « paysage des savoirs et des préoccupations » où des constantes émergent. Au cœur des questionnements des publics concernés, on retrouve les questions d'accès à l'information, de pilotage et de capacité de maîtrise de ces technologies. Les points clés apparaissent être le contrôle des productions, de leurs encadrements, de leur intérêt (rapport risque-bénéfice) et l'irréversibilité des effets.

4. <http://www.demos.co.uk/>

5. <http://www.cipast.org/download/CIPAST%20Newsletter%20Nano.pdf>

6. Lost in translation? The need for « upstream engagement » with nanotechnology on trial.

7. En référence à John Dewey, *Le public et ses problèmes*, Éditions Farrago/université de Pau, 2003.

à nos assiettes : les nanotechnologies dans l'alimentation et l'agriculture⁹. Ils y répertorient 106 produits intégrant des nanoparticules – donc « potentiellement dangereux » – comme des compléments nutritifs, des boissons (exhausteurs de goût), des emballages, des ustensiles de cuisine antibactériens, mais aussi plus largement dans l'agriculture. Ils dénoncent l'absence d'étiquetage, peu d'investigation médiatique, des garanties sanitaires loin d'être satisfaisantes, des réglementations nationales et européennes inadaptées et des

agriculteurs de plus en plus dépendants des firmes de biotechnologie.

Le collectif européen Aseco (Alliance des organisations écologistes et de consommateurs) demande des procédures de mise sur le marché similaires à celles des médicaments. Il revendique surtout le droit de choisir et de créer des zones « nano-free », sur le modèle des régions sans OGM. D'ailleurs en janvier 2008, la Soil Association¹⁰, structure

10. La Soil Association a une longue histoire de protection des produits agricoles et alimentaires. En 1967, elle a publié le premier standard pour bannir les pesticides, les antibiotiques et autres produits chimiques de l'agriculture bio. En 1983, elle a exclu les protéines animales de la

britannique de promotion de l'agriculture biologique, a mis en place un standard « nano-free » pour les produits de consommation¹¹. L'association annonce qu'elle certifie des cosmétiques, aliments et textiles dépourvus de nanomatériaux fabriqués par l'homme. Tout produit contenant des nanoparticules manufacturées inférieures à 200 nanomètres

nourriture du bétail, trois ans avant le premier cas de vache folle en Grande-Bretagne. En mars 1997, elle a été le premier producteur bio à certifier des graines et aliments sans OGM.

11. <http://www.soilassociation.org/web/sa/saweb.nsf/89d058cc4dbeb16d80256a73005a2866/42308d944a3088a6802573d100351790?OpenDocument>

9. http://www.amisdelaterre.org/Nanotechnologies-chronique-d-une.html?var_recherche=nanotechnologies

est donc exclu par l'association qui espère que d'autres organismes de certification en Europe vont la suivre dans ce mouvement (le logo de la Soil Association, apposé sur les emballages, certifie l'absence de nanoparticules manufacturées). Le groupe ETC s'est réjoui de cette initiative¹² juste un an après l'annonce qu'elle a faite des gagnants du concours de logos «Nano-free».

Nanoproduits : repérage, étiquetage, encadrement de la mise sur le marché

La question du repérage des nanoproduits est devenue une question cruciale, du fait de la «déferlante» des nanoproduits. On peut en effet aujourd'hui acheter des chaussettes, des sparadraps, ou des frigidaire «nano» (avec du nanoargent antibactérien), des cosmétiques renfermant des nanoparticules de titane, des pneus renforcés (aux nanotubes de carbone) ou se promener sur des trottoirs en nanociment (intégrant des nanoparticules de dioxyde de titane).

Le registre établi par l'Institut américain Woodrow Wilson, Project on Emerging Nanotechnologies (PEN) est incontournable aujourd'hui¹³. Il dénombre près d'un milliard de produits de consommation faits à partir des nanotechnologies ou comportant des nanoparticules artificielles. Confrontée à cette demande de visibilité des nanoproduits, l'Agence de protection de l'environnement (EPA) a lancé le 28 janvier 2008, un registre volontaire fédéral. Dans l'État du Wisconsin la députée démocrate Terese Berceau, envisage le recensement des nanomatériaux produits

ou utilisés par les industries situées dans la région de Madison¹⁴, tandis que la ville de Berkeley (en Californie) a établi une veille identique. L'organisation californienne SVTC (Silicon Valley Toxics Coalition) demande la mise en place de réglementations spécifiques des produits «nano»¹⁵. Elle demande des lois locales envers les industriels pour les obliger à signaler les éléments nanométriques qui entrent dans leurs process. En Suisse, l'organisation des détaillants (IG DHS) a mis en place le premier Code de conduite pour les produits de consommation contenant des nanocomposants¹⁶. En Suède, une mobilisation pour un usage raisonnable du nanoargent a été lancée par l'université d'Uppsala : elle s'appuie sur les associations HCWH (Health Care Without Harm) basée à Progue et HEAL (Health and Environment Alliance) à Bruxelles pour développer une veille active afin d'éviter des excès et mésusages capables de multiplier les résistances bactériennes et de produire des effets néfastes sur la flore et la faune. Il faut savoir que l'inventaire PEN a dénombré par moins de 143 produits contenant du nanoargent comme le tout dernier dentifrice «Ace Silver Plus»¹⁷. Sous la pression des associations de consommateurs, la Food and Drug Administration (FDA) a décrété l'obligation de soumettre le nanoargent à la régulation des pesticides. Depuis la mention «nanoargent» sur les étiquettes des produits a disparu...

14. Voir le site <http://www.dane101.com>

15. http://www.infoworld.com/article/08/04/02/Group-calls-for-environmental-regulation-of-nanotech_1.html

16. <http://www.innovationsgesellschaft.ch/index.php?page=115>

17. <http://www.nanotechproject.org/news/archive/6697/#>

Quelle contribution de la société civile aux projets «nano» ?

Les associations revendiquent aussi de plus en plus clairement une participation aux évaluations (risques-bénéfices) et aux choix en matière de nanotechnologies. Elles questionnent les modes de gouvernance actuels qui intègre mal les préoccupations sociales, environnementales et éthiques. Elles se font l'écho de questions récurrentes posées lors des débats publics : *Qui élabore les choix financiers et les alternatives ? Qui est en charge d'encadrer les risques et les usages face aux effets sociaux des innovations ? Quelles sont les tribunes où les politiques expliquent et rendent compte des orientations prises ? Sont-ils encore maîtres à bord ou bien les réglementations économiques sont-elles seules aux commandes ?*

De manière originale, le NanoForum, processus permanent de dialogue initié à Paris — porté par le Cnam avec l'aide de la direction générale de la Santé après avoir été mis en place par le Groupe interministériel sur les nanotechnologies — agit en révélateur des contraintes et logiques des acteurs¹⁸. Il permet de relire les projets, le rôle joué par chacune des parties prenantes, de saisir les responsabilités et points aveugles. Ces échanges permettent de mettre en visibilité des modes de gouvernance et de chercher les innovations sociales aptes à intégrer les acteurs concernés et locaux dans les projets.

Une manière d'amorcer des pistes d'actions pour une «gouvernance à cinq» impliquant en amont, l'ensemble des parties prenantes, à l'instar du Grenelle de l'environnement. ☘

18. <http://www.vivagora.org/spip.php?rubrique56>

12. http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub_id=669

13. <http://www.nanotechproject.org/consumersproducts>

Les problèmes éthiques posés par les nanotechnologies

Entre performance technologique, rentabilité commerciale, effroi et immobilisme, la réflexion éthique apporte son questionnement propre : celui du choix du monde de demain.

Didier Sicard

Professeur des universités, praticien hospitalier, ancien président du Comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie

La réflexion éthique doit se garder d'être la bonne conscience d'une science qui lui demanderait seulement un visa ou une conjuration des peurs suscitées par toute innovation technique. Au contraire, le domaine déjà bien ouvert des nanotechnologies oblige à poser des questions indiscreètes, voire insolentes aux scientifiques et aux ingénieurs. L'absence de réponse ou leur désinvolture est éthiquement préoccupante. Personne ne peut prétendre définir un espace virtuel ou les bénéfices équilibreraient, sur une balance, les risques. Cependant, il est normal que les incertitudes soient nommées, non pour susciter l'effroi ou l'immobilisme, mais au contraire pour établir la confiance.

Tenir compte des incertitudes et tenter de les réduire

La réflexion éthique a d'abord pour finalité de « détabouiser » le domaine des *incertitudes*; deux finalités sont en effet toujours mises en avant : l'intérêt économique de la recherche, et sa finalité nécessairement bénéfique. Les nanoparticules destinées à la thérapeutique en offrent un bon exemple : leur capacité d'atteindre des cibles précises évite le désordre de la distribution d'un médicament. Seules les cellules que l'on veut traiter sont touchées. C'est un progrès évident quand on connaît, par exemple, la toxicité générale des chimiothérapies et on ne peut qu'applaudir à une telle approche. Le futur est ainsi arrimé à une nouvelle voie thérapeutique porteuse de tous les espoirs. Simplement, on est en droit de se demander quel sera le destin de ces particules si leur biodégradabilité, leur antigénicité et leur durée de vie sont inconnues, si leur

augmentation du rapport surface sur volume ne crée pas de réponses inattendues, si le franchissement de la « barrière » hématoencéphalique ou du placenta est sans conséquence, si leur persistance dans le corps au-delà de la mort ne constituera pas un risque pour les autres, etc. Il n'est pas possible en l'état actuel d'apporter des réponses claires, mais il l'est d'orienter les recherches au long cours chez l'animal afin que ces questions ne restent pas en suspension, réservées à quelques esprits chagrins qui peuvent apparaître davantage comme des opposants primaires que comme des personnes préoccupées du bien commun apporté par le progrès scientifique.

Car il est étrange qu'il puisse exister un tel décalage entre les connaissances scientifiques sur les effets adverses d'une technique ou d'un produit et leur prise en compte par la communauté des usagers. La toxicité de l'amiante au niveau des alvéoles pulmonaires, si elle ne doit pas être considérée comme un modèle tétanisant de la réflexion, était déjà connue au début du siècle, sans que la société en ait tiré les conclusions qui apparaissent pourtant aujourd'hui évidentes.

Le secret industriel ne doit pas être un obstacle à la connaissance

La deuxième question éthique concerne la *secret industriel*. Il n'est pas acceptable que en son nom, il ne soit possible d'avoir accès aux résultats des expériences effectuées chez l'animal concernant, par exemple, le passage de la liposolubilité d'une nanoparticule à son hydrosolubilité et inversement. La moutarde qui s'écoule ainsi mieux de son pot ou la crème de beauté qui pénètre plus profondément dans

la peau perdent-elles leurs propriétés liées à leur changement de solubilité au contact du corps profond? Les propriétés avantageuses que procure initialement leur administration disparaissent-elles par enchantement au fond de l'estomac et dans la profondeur du derme? L'exigence de transparence constitue une question éthique essentielle et le chercheur ou l'ingénieur ne peuvent s'abriter derrière le secret industriel ou le climat de compétition pour ne pas faciliter non seulement une libre circulation des données, mais encore ne pas travailler sur les risques que la science elle-même envisage.

La traçabilité : le pire et le meilleur

Plus subtile, et peut-être encore de façon impalpable, se pose la question éthique de la *traçabilité*. Un OGM est repérable, identifiable. Une nanoparticule peut échapper à tout contrôle. Son ignorance peut servir à des fins criminelles ou à un usage de dopage opaque à toute investigation. À l'opposé, une traçabilité aisée facilitera un usage de surveillance à l'insu des usagers. À chaque finalité, la société est en droit de demander des précisions, car savoir qui héberge les nanoparticules conduit autant à tracer les personnes qu'à tracer les particules. La tentation en effet est grande d'une véritable

«frénésie sécuritaire»¹ (Laurent Mucchielli) où la biométrisation de l'humain aurait une place croissante grâce aux nanopuces.

Toutes ces questions actuellement sans réponses claires ne doivent pas nous faire sombrer dans une éthique du catastrophisme éclairé, pas plus que nous faire brandir un principe de précaution à l'oriflamme en berne. Les voyants de l'apocalypse se sont toujours trompés, comme les annonceurs de l'avenir radieux. Les risques que l'on craint ne surviennent pas. Ceux dont on a négligé l'existence font soudain irruption. Le débat éthique n'est pas celui d'une estimation impossible ou biaisée du rapport bénéfice/risque. Il demeure celui du refus de toute aliénation nouvelle, irréversible, déjà si présente dans notre monde du transfert de l'humain sur des prothèses.

Une application technique d'aval qui précède la connaissance d'amont et demande à la seule expérience d'usage une réponse claire, un intérêt économique qui bouscule ou court-circuite la recherche fondamentale pour des raisons de coûts sont des tentations auxquelles l'éthique doit pouvoir apporter son questionnement propre, libre de toute

1. *La frénésie sécuritaire*, Laurent Mucchielli, éd. La Découverte, mars 2008.

contrainte. C'est dire l'importance d'exiger dans les appels à projets français et européens l'existence d'emblée d'une réflexion pluridisciplinaire sur les enjeux humains potentiels de toute nanotechnologie. C'est reconnaître que la plus grande prudence s'impose dans la surveillance des travailleurs au contact des nanomatériaux, sans se laisser intimider par les coûts induits, la connaissance de nanomatériaux naturels existant depuis longtemps ou depuis toujours (particule diesel, par exemple), ou par l'usage actuel de plus de 700 nanoproduits dans la vie quotidienne. La connaissance est un pré-requis nécessaire à l'exercice de la responsabilité. Seulement, 0,4 % dédié à la recherche fondamentale dans le financement général des nanotechnologies n'est pas de nature à rassurer la société.

Il n'y a rien de plus insupportable que les discours pétris de certitudes privilégiant les seules performances technologiques et la rentabilité commerciale. Ce nanomonde ouvre probablement un champ d'application dont l'étendue est aussi fascinante qu'inconnue. Plus le socle de connaissances de base sera large, plus la confiance demeurera et évitera que l'on passe du slogan «*nano inside*» à «*no nano inside*». La réflexion éthique peut y contribuer. ❖

Évolution du droit et développement des nanotechnologies

Le principe de précaution inscrit dans la Constitution impose aux pouvoirs publics de prendre des mesures pour anticiper la survenue de risques. Comment peut-on faire dans un contexte d'échanges mondialisés ?

Sonia Desmoulin

Docteur en droit, chargée de recherche CNRS, université Paris I Panthéon-Sorbonne

Ya-t-il un vide juridique en matière de nanotechnologies ? La réponse à cette question est moins simple qu'il y paraît. On peut rapidement écarter l'argument de l'absence de référence aux nanotechnologies, aux nanoparticules, aux nanomatériaux, à la nanoforme ou à la nanostructuration dans les textes légaux et réglementaires. Certes, aucun texte ne s'y réfère expressément, mais il n'y a pas non plus d'exclusion et le droit contient de nombreux préceptes qui ont vocation à s'appliquer aux objets, aux activités et aux situations dans leur généralité. L'absence de réglementation spécifique n'implique donc pas nécessairement un vide juridique. Des principes généraux existent, par exemple, dans le domaine de la sécurité des produits, de la protection de la santé des travailleurs, de la responsabilité civile, de l'information des consommateurs... Des textes relatifs à la mise sur le marché des substances chimiques, des médicaments, des produits cosmétiques ou des aliments semblent également devoir s'appliquer. Néanmoins, la vraie question est celle de la capacité de ces principes généraux et de ces textes à offrir des solutions adaptées aux problèmes posés par les produits nanométriques, nanostructurés ou issus des nanotechnologies. Ainsi, on peut sérieusement s'interroger sur l'adéquation des exigences réglementaires en matière d'évaluation de la sécurité des produits – substances chimiques, additifs alimentaires ou cosmétiques par exemple – au vu des caractéristiques de la matière à l'échelle nanométrique et d'une réactivité de surface accrue des nanoparticules.

S'agissant de l'encadrement des nanotechnologies, une difficulté naît de la multiplicité

des secteurs économiques et des produits concernés. Les ressources juridiques ne sont pas uniquement sondées à la lueur des potentiels risques sanitaires et environnementaux qui découleraient de l'usage de nanoparticules et nanomatériaux, même s'ils sont au premier rang des préoccupations. D'autres risques sont envisagés dans une conception large des applications des nanotechnologies : atteintes potentielles à la dignité humaine que pourrait susciter l'implant de nanodispositifs dans le cortex cérébral ; difficultés accrues de protection des données personnelles médicales lorsqu'on envisage de les stocker sur des puces à radiofréquence (éventuellement implantées sous la peau du patient) ; risques de dérives induits par la mise sur le marché de « laboratoires sur puces » dépistant facilement et rapidement des déficiences ou anomalies génétiques sans que l'on soit aujourd'hui à même d'utiliser toujours opportunément cette information... Chacune de ces questions intéresse le droit. Faut-il les réunir et les traiter dans un texte spécifique en considérant qu'elles découlent toutes du développement des nanotechnologies ?

On trouve des partisans de la position consistant à élaborer une réglementation des technologies « nano » [1]. Elle est notamment soutenue outre-Atlantique, souvent en lien avec l'idée que l'adoption d'une convention-cadre internationale serait la meilleure solution s'agissant d'activités et de produits qui ne se limitent pas aux frontières étatiques [2]. Cette démarche rejoint celle de la Commission européenne dans le domaine de l'éthique puisqu'un « Code de bonne conduite pour une recherche responsable en nanosciences et en nanotechnologies », déclinant sept principes

(notamment la durabilité, la précaution et la responsabilité), a été adopté en février 2008 [3]. Toutefois, la Commission européenne hésite encore sur la pertinence d'une réglementation spécifique d'ensemble pour les nanotechnologies. Son opinion semble davantage en faveur d'une adaptation des réglementations existantes en fonction des besoins [4]. Ce point de vue, partagé par la plupart des gouvernements des États membres, vise à éviter deux écueils : d'une part, l'adjonction d'une réglementation spéciale avec un effet de « mille-feuille réglementaire » et de possibles chevauchements voire des incohérences ; d'autre part, l'adoption d'une réglementation stigmatisant des technologies prometteuses alors que l'heure est à l'incertitude sur les risques. Cette option respecte la structure actuelle des systèmes juridiques des États européens qui traitent généralement des activités, des biens et des personnes, sans distinguer en fonction des technologies. Le nucléaire et le génie génétique font exception.

De la nécessité de prendre en compte des risques incertains

On remarquera cependant que ces solutions exceptionnelles ont précisément été adoptées pour assurer un plus grand contrôle, une transparence et une traçabilité accrues s'agissant de technologies nouvelles susceptibles de causer des dommages graves et irréversibles pour la santé et l'environnement. On reconnaît là une application du principe de précaution, même si certains de ces textes ont été adoptés avant la consécration juridique du principe. Or, certains des problèmes soulevés par les productions nanotechnologiques ou nanométriques relèvent assurément d'un questionnement en termes de précaution : il s'agit des interrogations relatives à de potentiels effets néfastes pour la santé et l'environnement d'un recours massif aux nanoparticules manufacturées et aux nanomatériaux [5]. À la lecture des avis rendus par les comités d'experts et les agences au niveau national ou européen, il apparaît que des inquiétudes scientifiquement argumentées sont formulées sur les conséquences sanitaires et environnementales d'une utilisation industrielle de nanoparticules et de nanomatériaux. On retrouve tous les critères justifiant l'application du principe de précaution, tel qu'il a été juridiquement reconnu par le droit français et communautaire : une incertitude scientifique portant sur des risques de dommages graves et irréversibles à la santé et à l'environnement [6]. En conséquence, les autorités publiques françaises et communautaires sont autorisées à

prendre des mesures provisoires pour anticiper la réalisation de ces risques même non avérés. L'article 174 du traité instituant la Communauté européenne (traité CE) tel qu'interprété par la Cour de Justice des Communautés européennes (CJCE), pour le droit communautaire, et l'article 5 de la charte de l'environnement à valeur constitutionnelle, pour le droit français, sont en ce sens. Les pouvoirs publics français ne peuvent donc attendre qu'un accord se dessine au niveau international, même si la mondialisation des échanges et la concurrence internationale leur font craindre une réaction négative des acteurs économiques. Sauf à dénier toute portée aux textes constitutionnels et au traité CE, il leur incombe d'agir.

Cela ne signifie cependant pas qu'un moratoire doit être institué. Contrairement à ce que pourrait laisser penser la lecture de certaines publications d'associations internationales, le principe de précaution n'appelle pas au gel de toute activité ou de toute mise sur le marché. Les textes et la jurisprudence ne proposent pas une liste de mesures types à retenir en toutes circonstances. Ils requièrent une attitude : se renseigner sur les risques, organiser une expertise transparente, excellente et objective, prendre des mesures opportunes et proportionnées aux risques envisagés en vue de se mettre en situation de réagir rapidement et de parer à la réalisation du dommage si les risques s'avéraient réels. C'est tout l'intérêt du principe de précaution que de se placer en amont des certitudes sur le risque, afin de mettre en place les dispositifs qui seront utiles – voire déterminants – s'il devient avéré et que l'on passe en phase de prévention.

Des rapports préconisant un effort de recherche

S'agissant de s'informer sur les effets d'un usage industriel de nanoparticules manufacturées et de nanomatériaux, la précaution appelle un renforcement de la recherche en toxicologie, en écotoxicologie et en métrologie. L'avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) et du Comité de la prévention et de la précaution du ministère de l'Écologie et du Développement durable (cf. liste des rapports p. 53), les conclusions du Grenelle de l'environnement, le rapport à mi-parcours de Corinne Lepage, pour ne citer que quelques documents récemment publiés, se prononcent nettement pour un accroissement des fonds investis dans cette recherche [8]. Bien que sans doute encore insuffisant, un effort en

ce sens a déjà été fait par la Communauté européenne et par l'Agence nationale de la recherche française.

Concernant l'expertise, la Commission européenne et le gouvernement français ont, ainsi que mentionné, saisi les comités et les agences compétents. La Commission a mobilisé ses comités scientifiques pour les risques nouveaux et émergents (Scenihir) et pour les produits de consommation (SCCP) [10]. En France, outre l'Afsset déjà sollicitée deux fois, l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps), l'Agence française de sécurité des aliments (Afssa), l'Institut national de veille sanitaire (InVS) et le Haut Conseil de la santé publique ont été saisis. Cette mobilisation de l'expertise publique suffira-t-elle à convaincre la société civile, et les juges en cas de litige, que les autorités publiques ont rempli leur rôle et leurs obligations juridiques ?

Le principe de précaution n'indiquant pas précisément les dispositions à prendre, il appartient aux décideurs publics d'apprécier les risques et d'adapter leurs décisions. C'est la raison pour laquelle les juges communautaires et les tribunaux administratifs français limitent souvent leur contrôle à l'erreur manifeste d'appréciation [11]. Dans les domaines hautement sensibles de la protection de la santé et de l'environnement et alors qu'il s'agit de gérer l'incertitude, les décideurs publics doivent pouvoir faire des choix, dans le respect des principes juridiques fondamentaux (proportionnalité entre les moyens mis en œuvre et les objectifs poursuivis, libre circulation des marchandises et des services, par exemple en droit communautaire). Néanmoins, les juges européens font aujourd'hui montre d'une exigence accrue, n'hésitant pas à annuler une directive s'ils estiment que l'évaluation des risques a été insuffisante [12].

La déclaration d'utilisation de nanoparticules nécessaire : plus de transparence

Que pourrait-on attendre, juridiquement parlant, des pouvoirs publics au-delà des demandes d'expertise et du financement de la recherche ? Pour être à même de parer à la réalisation de dommages qui pourraient être causés par les nanomatériaux, il est important de savoir quels sont les acteurs et les produits concernés. Les mesures visant à éviter la réalisation du dommage ou à en limiter l'étendue – telles que le rappel des produits et l'information des personnes directement concernées – ne seront efficaces que

s'il est possible de déterminer les personnes intéressées et de tracer les produits. Or la législation existante ne permet pas de réunir ces informations s'agissant des nanoparticules et des nanomatériaux. En l'absence de dispositions spéciales – même dans les textes relatifs au suivi des médicaments ou à l'enregistrement des substances chimiques –, rien n'est organisé pour recueillir de manière systématique de telles données. Un projet de loi est en cours de rédaction pour mettre en place une procédure de déclaration par les producteurs et importateurs de substances à l'état nanoparticulaire sur le territoire français. Il faut espérer que cette initiative aboutira, car les pouvoirs publics français et communautaires admettent ne pas savoir précisément qui fabrique ou vend aujourd'hui des nanoparticules, des nanomatériaux ou des produits en incorporant. En l'absence d'harmonisation communautaire, un tel projet peut être mené à bien par un État membre, à la condition de respecter les principes du Marché commun (non-discrimination, libre circulation...). Il ne suffira pas pour obtenir des informations sur tous les produits mis en vente en France, puisque la libre circulation des marchandises

empêche de bloquer un bien à la frontière au motif que son État d'origine n'imposerait pas de déclaration analogue (sauf à prouver un risque pour la santé). Néanmoins, le texte permettrait de recueillir des informations. S'il est présenté aux assemblées et voté, la France ne sera pas pour autant isolée. En effet, des procédures de déclaration existent déjà, aux États-Unis et au Royaume-Uni. Aux États-Unis, quelques autorités locales comme la ville de Berkeley (Californie) ont mis en place, ou songent à établir, une procédure de déclaration obligatoire pour les entreprises et les laboratoires qui utilisent ou fabriquent des nanoparticules. L'agence américaine en charge de la protection de l'environnement (EPA), notamment compétente pour l'application des textes sur le risque chimique, a mis en place en janvier 2008 un programme de déclaration volontaire pour les entreprises qui produisent ou utilisent des nanoparticules et des nanomatériaux (*Nanoscale Materials Stewardship Program*), en précisant que ce système pourrait être rendu obligatoire si les initiatives n'étaient pas assez nombreuses ou pas assez sérieuses. Au Royaume-Uni, l'administration en charge de l'environnement

et de l'alimentation (Defra) a instauré dès septembre 2006 une procédure de déclaration volontaire pour les nanomatériaux manufacturés. Même non contraignantes – ce qui pourrait avoir une incidence sur leur réussite –, ces procédures ont le mérite d'exister. La France ne serait donc pas seule, même si le projet en cours de discussion pourrait prendre directement la forme d'une déclaration obligatoire aux autorités compétentes.

Les personnes privées – employeurs, producteurs, vendeurs, etc. – ne sont pas aussi directement concernées par l'application du principe de précaution que les autorités publiques. Cependant, le droit fait peser sur elles des obligations de sécurité (de l'employeur, du fabricant, du prestataire de transport...) et des responsabilités civiles (du fait des produits défectueux, du fait des choses, pour défaut d'information...) sur lesquelles influe le principe de précaution [13]. Il serait donc bienvenu qu'elles tirent, elles aussi, les leçons des crises passées en anticipant les risques potentiels et en développant des bonnes pratiques avant que les textes juridiques, fruits d'une longue gestation, viennent les y contraindre. ❧

Références

1. Davies J. *Managing the effects of nanotechnology*. Washington : Woodrow Wilson Center's Project on Emerging Nanotechnologies, 2006. Disponible en ligne : http://www.wilsoncenter.org/index.cfm?fuseaction=news.item&news_id=165552
2. Abbott K., Marchant G., Sylvester D. « A framework convention for nanotechnology ? ». *Environmental law reporter*, 2006, vol. 36, disponible en ligne : <http://ssrn.com/abstract=946777>
3. Recommandation de la Commission du 7 février 2008 concernant un code de bonne conduite pour une recherche responsable en nanosciences et nanotechnologies, C (2008) 424 final.
4. Communication de la Commission, *Vers une stratégie européenne en faveur des nanotechnologies*, COM (2004) 338, final, point 3.4.4.
5. Hermitte M.-A. « Relire l'ordre juridique à la lumière du principe de précaution ». *Recueil Dalloz*, 2007, n° 22, p. 1518.
6. Noiville C. *Du bon gouvernement des risques. Le droit et la question du risque acceptable*. Paris : PUF, 2003.
7. Vanneuville R. et Gandreau S. *Le principe de précaution saisi par le droit : les enjeux sociopolitiques de la juridicisation du principe de précaution*. Rapport fait à la demande du ministère de l'Écologie et du Développement durable. Paris : La Documentation française, 2006.
8. Le Grenelle de l'environnement : Document récapitulatif des tables rondes tenues à l'Hôtel de Roquelaure les 24, 25 et 26 octobre 2007 (Table ronde 3). Paris : novembre 2007, p. 22.
9. Mission de Mme Corinne Lepage sur la gouvernance écologique. Rapport d'étape. Rapport final 1^{re} phase (proposition n° 38), p. 36. Paris : janvier 2008.
10. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (Scenih). Opinion on the appropriateness of existing methodologies to assess the potential risks associated with engineered and adventitious products of nanotechnologies. 28-29 September 2005. Scenih. The appropriateness of the risk assessment methodology in accordance with the Technical Guidance Documents for new and existing substances for assessing the risks of nanomaterials. 21-22 June 2007. Scientific Committee on Consumer Products (SCCP), *Opinion on the safety of nanomaterials in cosmetic products*, mars 2008 : http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_sccp/docs/sccp_o_123.pdf
11. Pour la jurisprudence française : CE, 1^{er} octobre 2001, *Association Greenpeace France*, n° 225008. CE, 25 octobre 2004, *Société Francefert*, n° 251930. CE, 6 décembre 2004, *Association pour la protection des animaux sauvages*, n° 260438. CE, 27 juillet 2005, *SCEA Valette*, n° 262069. CE, 4 août 2006, *Comité de réflexion, d'information et de lutte antinucléaire*, n° 254948. Pour la jurisprudence communautaire : CJCE, 13 novembre 1990, *The Queen c/The Minister of the Agriculture, Fisheries and Food and the Secretary of State for Health, ex parte : Fedesa and other (Fedesa)*, affaire C-331/88. TPICE, 26 novembre 2002, *Artedogan GmbH et autres c/Commission des Communautés européennes*, affaires jointes T-74/00, T-76/00, T-83/00, T-84/00, T-132/00, T-137/00 et T-141/00. TPICE, 11 septembre 2002, *Pfizer Animal Health SA c/Conseil de l'Union européenne*, affaire T-13/99.
12. TPICE, 11 juillet 2007, *Royaume de Suède c/Commission des Communautés européennes* affaire T-229/04, à paraître au Recueil.
13. Viney G. « Principe de précaution et responsabilité civile des personnes privées ». *Recueil Dalloz* 2007, n° 22, p. 1542. Les incidences du principe de précaution en matière pénale sont discutées. En ce sens : Roets D. « Réflexions sur les possibles implications du principe de précaution en droit pénal de l'imprudence ». *Revue de sciences criminelles et de droit comparé*, 2007, n° 2, p. 251.

Les nanotechnologies : risques potentiels, enjeux éthiques

**L'Office
parlementaire
d'évaluation des
choix scientifiques et
technologiques travaille
depuis plusieurs années
sur la gestion des risques
et les questions éthiques
liées au développement
des nanotechnologies.**

Ce texte a été rédigé suite à l'audition publique du mardi 7 novembre 2006 organisée par M. Claude Birraux, député de Haute-Savoie, premier vice-président de l'Opecst, M. Claude Saunier, sénateur des Côtes-d'Armor, vice-président de l'Opecst et l'auteur.

Daniel Raoul
Sénateur du Maine-et-Loire

Au sein de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, nous avons organisé une audition visant à assurer le suivi du rapport de l'Office sur « l'évolution du secteur des semi-conducteurs et ses liens avec les micro et nanotechnologies », déposé par M. Claude Saunier en janvier 2003 et de celui que j'avais déposé avec mon collègue Jean-Louis Lorrain sur les « nanotechnologies et le progrès médical » en mai 2004 et à ouvrir et à approfondir les nombreux débats actuels sur les nanotechnologies.

Faut-il craindre les nanotechnologies ?

Une gestion des risques est nécessaire pour accompagner le progrès ; elle passe par une acceptation raisonnée des nanotechnologies. Quels sont les défis à relever ?

Les risques potentiels pour la santé et l'environnement

La base des connaissances de la toxicité des nanoparticules est différente de la toxicité chimique classique. La taille détermine les règles de pénétration et de déposition dans les cellules, dirige les mécanismes d'internalisation des nanoparticules dans les cellules, de migration dans le cytoplasme et le noyau, voire de passage de la membrane hémato-encéphalique. La réactivité considérable des nanoparticules entraîne un impact négatif sur le plan biologique. Ce n'est plus la toxicité de la particule elle-même qu'il faut prendre en compte, mais celle véhiculée par elle. La combinaison de ces effets avec la biopersistance des particules difficilement décelables par des analyses globales risque de provoquer,

au niveau des cellules, une perte de fonction, une hyperactivité ou une perturbation de leur cycle. Ces réponses cellulaires anormales peuvent entraîner une réaction inflammatoire qui, lorsqu'elle persiste et s'auto-entretient, est susceptible d'engendrer des fibroses et des cancers. Les nanoparticules, en particulier celles de carbone et de dioxyde de titane, ont un fort degré de pénétration dans l'appareil respiratoire et la faculté de passer les membranes cellulaires ; les résidus et les additifs utilisés pour les fabriquer présentent, eux aussi, un risque de toxicité.

Une évaluation toutefois difficile

Les travaux portant sur la toxicologie ne génèrent pas toujours des articles à fort impact ; aussi de nombreux chercheurs se détournent-ils de ces études. De ce fait, les connaissances ne sont pas stabilisées ; des questions d'interprétation ou de corrélation entre les publications subsistent par ailleurs. Les experts, dans ce domaine, sont peu nombreux et leur indépendance est parfois contestée. Les doses couramment utilisées lors de ces expériences sont très excessives par rapport à celles auxquelles l'homme pourrait être exposé dans des conditions normales. Les effets à long terme sont difficiles à analyser et posent un problème ardu dans le montage des projets de recherche, car plus la manipulation est longue, plus elle est coûteuse. L'adaptation des méthodes d'évaluation suppose de nouveaux équipements pour les relevés ponctuels et de routine, et l'établissement d'une nouvelle relation science/technologie/marché. Or le coût des appareils de mesure des laboratoires peut atteindre jusqu'à 300 000 euros.

Les questions éthiques. Une transgression ?

L'homme aurait créé une technique qu'il ne pourrait plus maîtriser, sur fond de transgression des valeurs culturelles fondamentales. Il aurait généré une nouvelle science, avec de nouveaux matériaux hybrides utilisant les pièces de la machine biologique. Une technologie naîtrait qui, grâce au biomimétisme, détiendrait le pouvoir de maîtriser et d'asservir la nature et l'homme. L'ère des nanos adviendrait, la société humaine devrait s'y adapter, voire se soumettre à l'avènement d'un transhumanisme annoncé par certains promoteurs du projet « nano » aux États-Unis.

Une accélération du passage de la recherche fondamentale à l'utilisation industrielle, rendant la réflexion éthique difficile ou inutile ?

La recherche en nanosciences et nanotechnologies se signale par l'impossibilité de dissocier recherche fondamentale et recherche technologique. Elle produit des synergies grâce à la convergence *nano-bio-info-cogno* (NBIC), aux effets imprévisibles. Quant à l'usage militaire des nanos, par essence, il ne peut être transparent. Mais peut-on mener une réflexion éthique sur ce que l'on ignore ? Doit-on produire des innovations et les diffuser, avant de les comprendre et de les maîtriser ? L'éthique, dans ce domaine, ne se résume pas à une analyse d'experts sur les bénéfices/risques et ne peut pas être normative. La nécessaire transparence est sans cesse remise en cause par une concurrence de plus en plus sauvage et par le mode de gestion des brevets.

Une prise en compte insuffisante de la dimension éthique de l'économie ? Les nanotechnologies seront utilisées pour remplacer et réduire la consommation des matériaux naturels et des ressources minérales qui se trouvent essentiellement dans les pays en développement. L'impact économique, à moyen et long terme, sera considérable, accroissant le fossé technologique.

La traçabilité est-elle une solution ? Elle peut avoir des effets ambivalents, positifs ou négatifs, car des nanomatériaux traçables rendraient l'homme lui-même traçable.

Comment gérer la situation d'un individu « modifié » par les nanotechnologies ? Les conséquences, aux plans diagnostique et thérapeutique, d'un nanomédicament, les perspectives de dopage cérébral et d'utilisation d'implants cérébraux doivent être correctement appréciées. Quel serait le statut légal d'un homme implanté développant un trouble du comportement, par exemple ? Quel serait celui d'un homme « augmenté » ?

Les impacts sociétaux

Des craintes diffusées. La perception des risques par le public s'exprime par la crainte diffuse d'une mécanisation de l'humain, d'atteintes irréversibles à la santé et à l'environnement, d'accidents, d'un renforcement des moyens militaires et des outils susceptibles d'être utilisés par des terroristes, alors que certains s'interrogent sur l'utilité pour le citoyen de telles techniques. Ces technologies concentrent sur elles certaines critiques de la technique développées par Jonas, Arendt ou Ellul. Elles sont susceptibles de raviver les craintes exprimées lors de l'émergence des technologies de l'information et de la communication et, surtout, des biotechnologies et les colères provoquées par les erreurs commises dans la gestion du risque, comme pour l'amiante. En même temps, elles suscitent attentes et espoirs, essentiellement dans le domaine médical, et elles s'inscrivent dans un cadre juridique, jugé suffisamment abouti par certains, incomplet par d'autres.

Des perceptions contrastées. Si 40 % des Européens pensent que les nanotechnologies vont augmenter la qualité de la vie au cours des vingt prochaines années et 42 % d'entre eux n'en savent rien, 49 % des Américains estiment que les risques sont plus importants que les bénéfices et 7 % n'en savent rien. Les pays émergents d'Asie semblent, en revanche, moins réticents.

Des moyens financiers insuffisants. En 2006, les États-Unis consacreront environ 40 millions de dollars aux problèmes éthiques, portant essentiellement sur la sûreté, sur un total de 1 milliard de dollars dépensé. Est-ce suffisant ? Peut-on convaincre que l'on veille à préserver la santé et l'environnement si on y consacre une part si faible des moyens financiers investis dans le développement des nanotechnologies ?

Les éléments de réponse en France

L'application délicate du principe de précaution face aux incertitudes

L'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail constate que les substances arrivent sur le marché avant la mise en œuvre de procédures de précaution. Le Comité de la prévention et de la précaution estime, pour sa part, qu'il n'est pas possible actuellement de procéder à une évaluation des risques satisfaisante chez l'homme et il a formulé plusieurs recommandations en application du principe de précaution : *Assurer une réelle coordination des recherches transdisci-*

plinaires intégrant physique, chimie, biologie, médecine, sciences humaines.

Recenser les nanoparticules issues des nanotechnologies et des filières de production, avec une normalisation de la nomenclature, et créer une base de données exhaustive. *Produire de nouvelles connaissances* sur l'identification des particules et des populations exposées, la métrologie, l'évaluation des risques et développer de nouveaux tests par des criblages toxicologiques à haut débit. *Adopter des mesures de précaution sans attendre de nouvelles données et les proposer* aux populations directement en contact avec la production des nanoparticules, leur utilisation ou leur désintégration à la fin de la vie des matériaux. *Protéger la population en général et mener une réflexion sur les écosystèmes.* Les crèmes « barrières solaires » contenant du dioxyde de titane, à titre d'exemple, partent dans les égouts, sous forme de nanoparticules, et se retrouvent dans les écosystèmes.

La promotion d'une éthique de la recherche

Une interrogation sur le sens du nanomonde qui se construit dans les laboratoires et des recherches effectuées est nécessaire. Pour répondre à quels besoins ? Qui en profitera ? Les investissements consentis sont-ils justifiés ? Qui sera responsable en cas de problème ? Le Comité national consultatif d'éthique, les comités d'éthique du CNRS et de l'Inserm ont traité et traitent encore de ces questions. Ils ont émis des propositions. *La déontologie des chercheurs, comme la transparence des résultats et des sources* doivent être encouragées, en s'appuyant sur la recherche fondamentale, le partage des connaissances et des bonnes pratiques, une gestion raisonnée des conflits d'intérêts. *Il faut créer dans les laboratoires des espaces éthiques et des lieux de débats*, où chercheurs, ingénieurs et techniciens exprimeront leurs questionnements et s'exerceront à la prise de parole. *Un contact permanent entre les scientifiques, le public et la société civile* doit être établi, pour agir en concertation lors de la définition et du suivi des programmes de recherche.

Les apports de la communauté internationale

Plusieurs institutions internationales ont abordé les problématiques posées par les nanotechnologies, afin de dégager des lignes directrices.

À l'Unesco

Un programme est consacré aux enjeux éthiques des nanotechnologies, et des études

prospectives sont en cours, visant à prendre en compte leur impact social et éthique, par une approche interdisciplinaire. Ces travaux portent sur la caractérisation des nanoparticules, l'impact sur l'environnement, la toxicité, la nanomédecine, la vie privée, la confidentialité, la surveillance publique, les applications militaires, mais aussi sur la diffusion des connaissances et les questions de propriété intellectuelle. Les propositions convergent vers la nécessité d'une éducation à l'éthique, et d'un principe directeur éthique volontaire pour les scientifiques.

Les actions au sein de l'Union européenne

Le 7^e Programme cadre de recherche et de développement devrait financer les nanotechnologies à hauteur de 3,5 milliards d'euros ; parallèlement, le plan d'action européen intègre non seulement la dimension entreprise/industrie, mais aussi le risque, la sécurité des travailleurs, des citoyens, des consommateurs, l'environnement et la question internationale. Des comités spécialisés ont été constitués, notamment sur la méthodologie d'évaluation des risques, et sur les aspects

réglementaires. Le projet NanoSafe, conduit par le CEA pour la France, est axé sur les risques. NanoSafe1 a permis d'établir un état des lieux. NanoSafe2, prévu sur quatre ans avec un budget de 12,5 millions d'euros, est plus ambitieux et comprend quatre sous-projets : développement de technologies de détection avec baisse substantielle de leur coût ; évaluation des risques par criblage et analyse rapide de toxicité ; sécurisation des systèmes et des procédés industriels ; aspects environnementaux et sociétaux, avec le recyclage et l'analyse du cycle de vie. *S'agissant des questions éthiques*, le cadre général législatif européen semble approprié. Une réflexion stratégique sur l'éthique est néanmoins menée à travers les réseaux Eranet, NanotoLife et la plate-forme Nano-Medicine, qui a élaboré un document sur les stratégies de développement et des programmes européens plus ciblés sur la toxicologie des nanoparticules et la communication.

Dialogue international responsable

Le dialogue international responsable, instance informelle, offre depuis 2004 aux représentants

des gouvernements de tous les pays un cadre pour débattre sur la gouvernance des nanotechnologies et la convergence, afin d'anticiper les évolutions. vingt-cinq pays, dont la France, le Japon, et les États-Unis, y participent chaque année. Il préconise de consacrer une part plus importante des budgets publics et privés aux recherches sur les risques, en s'appuyant sur une coopération institutionnelle internationale renforcée, la constitution d'une base de données relatives aux caractéristiques des nanoparticules, l'adoption d'une méthodologie harmonisée d'évaluation multicritères de leurs impacts, et sur un observatoire sociétal.

Conclusion

Alors que les problématiques d'évaluation des risques et les enjeux éthiques sont identifiés au niveau national et international, les budgets consacrés à ces domaines sont notoirement insuffisants. La prise en compte de ces questions en amont, dans le cadre de programmes de recherche plus intégrés et plus ouverts, est nécessaire. Dans le nouveau contexte qui se dessine, l'Opecst entend assurer un suivi des actions engagées dans ce domaine. ❖