

Les nanotechnologies



Risques, principe de précaution, régulation : Au-delà des débats passionnés

par

Dominique Luzeaux, ICA



Ingénieur de l'armement (X84, ENSTA 89, docteur de l'université Paris XI en 1991, habilité à diriger des recherches en 2001, auditeur 42^e Session Nationale du CHEAR), Dominique Luzeaux est directeur du centre technique des systèmes d'information à la DGA. Rapporteur en 2001 du groupe de travail sur les microsystèmes pour le Conseil Scientifique de la Défense, et en 2006 sur les nanotechnologies pour le Centre des Hautes Études de l'Armement (CHEAR), il a obtenu en 2006 le Prix Chanson pour ses travaux en robotique. Il est coauteur avec Thierry Puig de l'ouvrage "À la conquête du nanomonde", publié en mars 2007 aux éditions Le Félin.

Thierry Puig, ICETA



Ingénieur des Etudes et Techniques d'Armement (ENSIETA 80, docteur en physique et chimie de l'université de Paris Sud en 1988, auditeur de la 42^e Session Nationale du CHEAR), Thierry Puig est sous-directeur des affaires commerciales et internationales du Service de la maintenance aéronautique à la DGA. Il a mené une première partie de carrière dans le domaine des matériaux structuraux dont il a été responsable. Dans une seconde partie, il a été directeur de programmes d'armement (Apache, Scalp EG et Missile De Croisière Naval) et de segment de management dans le domaine des missiles. Il a présidé en 2006 le groupe de travail sur les nanotechnologies pour le CHEAR.

Avec la profusion de produits à base de nanotechnologies et le développement rapide de nouvelles filières de production, apparaissent inévitablement des questions sanitaires et écologiques. Conscients de ces enjeux de société, certains pays organisent des concertations privé/public et des délibérations avec les citoyens et les ONG, afin de définir la meilleure façon d'enclencher une gestion responsable et durable de ces nouvelles technologies et d'éviter, par manque de communication, un rejet du public.

Nano-introduction

Le monde "nano" relève de l'infiniment petit : un nanomètre est 500 000 fois plus fin que l'épaisseur du trait du style bille, 30 000 fois plus fin que l'épaisseur d'un cheveu, 100 fois plus petit qu'un virus, et correspond à 4 atomes de silicium mis les uns à côté des autres. Bien qu'ayant toujours existé autour

de nous, il n'a été révélé que par des découvertes récentes ayant mis en évidence les propriétés spécifiques liées à la très petite taille : par exemple, des nanotubes de carbone peuvent conduire des courants d'intensité mille fois supérieure par rapport à des fils de cuivre, et sont 100 fois plus

résistants, 6 à 7 fois plus rigides, 6 fois plus légers que l'acier avec une résistance à la rupture surprenante. En les intégrant dans des matériaux, on peut obtenir une protection balistique 17 fois supérieure au Kevlar !

Les nanotechnologies



Nanotechnologies et développement durable

Les potentialités dans les domaines de l'environnement et de l'énergie concernent : dépollution des eaux et des sols, filtration de l'eau potable, développement d'énergies renouvelables, stockage de l'énergie... Citons ainsi le "pneu vert" de Michelin, où les nanoparticules de silice remplacent le noir de carbone et conduisent à des économies substantielles de carburant.

En matière de dépollution et de décontamination, des membranes à nanopores retiennent les polluants sélectivement en fonction de leur taille. Un exemple en est le gel fabriqué par la société Taiwan Surfactant qui absorbe les métaux lourds dans les eaux usées. De son côté, l'US Army utilise des poudres à base d'oxyde d'aluminium ou de magnésium (commercialisées par la société NanoScale Materials) pour la décontamination chimique.

Dans le domaine de l'énergie, trois voies sont explorées :

- augmentation de la réactivité chimique : Argonide Corporation produit Alex, un additif à base de nanoparticules d'aluminium, qui augmente l'efficacité du kérosène d'un facteur 10 ;
- diminution de pertes dans le transport d'énergie : des nanotubes de carbone pourraient réduire la dissipation d'énergie dans les câbles (perte de 30 % pour des fils de cuivre), du fait de leur résistance électrique quasi nulle ;
- amélioration et mise au point de nouvelles sources d'énergie : les nanotubes de carbone ainsi que des aérogels de carbone sont utilisés dans les piles à combustible hydrogène.



Risque sanitaire et écologique : qu'en est-il ?

Le critère important n'est pas tant la présence de nanoparticules que leur activité : quand et comment traversent-elles les différentes barrières de l'organisme, sont-elles capables de s'accrocher à une molécule de l'organisme ? Dans la mesure où la production de nanomatériaux à l'échelle industrielle (domaine médical, cosmétiques, agro-alimentaire) devrait atteindre de l'ordre de plusieurs milliers de tonnes en 2007, il convient de se poser sérieusement la question si l'on ne veut pas découvrir a posteriori de catastrophe écologique.

Certes, dans l'immense majorité des cas, le composé à base de nanoparticules est intégré à des matrices formées d'autres matériaux, ce qui diminue fortement sa réactivité. Par ailleurs, dans tous les cas, il faut corréliser le risque lié à l'exposition, d'une part à la dose des particules éventuellement actives, d'autre part à la durée d'exposition.

À l'échelle nanoscopique, deux phénomènes principaux sont à considérer : la réactivité chimique due aux effets de surface d'où des réactions potentiellement accrues avec les cellules de certains tissus, et la coagulation qui entraîne un grossissement des particules et donc une diminution de la concentration numérique. Si

la réactivité accrue est un risque a priori, elle peut du même coup faciliter l'introduction volontaire d'une couche de protection. Si la coagulation limite la durée de vie des nanoparticules dans un aérosol et semble diminuer le risque, elle modifie les propriétés dynamiques des éléments en présence et peut faciliter l'assimilation par des tissus.

Bref, il n'y a pas de réponse simple au problème, car plusieurs effets couplés et contradictoires sont en présence. Aucune étude définitive n'a permis d'affirmer ou d'écarter les risques sanitaires liés à la fabrication et la consommation de produits à base de nanoparticules.

Prise en compte par les organismes nationaux et internationaux

Aux États-Unis, l'Environmental Protection Agency (EPA) et le National Institute for Occupational Safety and Health financent des études, avec constitution de bases de données, sur l'exposition des ouvriers, les méthodes de contrôle et le suivi médical dans les unités de production en vue de dresser les directives pour une approche sécurisée des nanotechnologies. En août 2006 un groupe d'experts, la Nanotechnology Task Force, a été créé pour déterminer des approches réglementaires prenant en compte les considérations

d'innovation, de sûreté et d'efficacité.

Des travaux similaires sont menés par la commission internationale ISO/TC 229 animée par le Royaume-Uni depuis fin 2005 (avec la participation du Canada, des États-Unis, de la France et du Japon), par l'OCDE, par l'American National Standards Institute (ANSI), par l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) qui a créé de son côté un haut conseil des nanotechnologies (Nanotechnology Council ou NTC). La Chine a donné des objectifs similaires à l'Académie chinoise des sciences et au Centre national des nanosciences et de la nanotechnologie.

De même la Commission Européenne finance des projets comme NanoSafe, en vue de surveiller l'exposition des personnels et d'optimiser les équipements de production, afin de faire des propositions aux instances de normalisation internationales et d'organiser des formations pour le personnel potentiellement exposé.

En France, l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) a financé en 2005 les projets Nanotox et Casisurf dans le cadre de l'appel à projets du "Plan national santé environnement". La même année, suite à la saisine par le ministre de l'Écologie et du Développement durable, le Comité de la prévention et de la précaution (CPP) a examiné les conséquences sanitaires possibles de la production et de la mise en œuvre de particules à l'échelle nanométrique.

Parallèlement, en septembre 2005, les ministères de la Santé et des Solidarités, de l'Écologie et du Développement durable, de l'Emploi, de la Cohésion sociale et du Logement ont saisi l'Agence française de sécurité sanitaire, de l'environnement et du travail (AFSSET) pour produire une synthèse sur les effets biologiques et sanitaires des nanomatériaux. L'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé

(AFSSAPS) a également été saisie en 2005 sur les risques liés à la présence de nanoparticules dans les médicaments et produits cosmétiques.

En outre, le Comité d'éthique pour les sciences du CNRS a présenté son avis à l'Office parlementaire des choix scientifiques et technologiques de l'Assemblée Nationale en novembre 2006. Le Comité consultatif national d'éthique pour la santé et les sciences de la vie devrait également rendre un avis dans l'année 2007.

Les réglementations sont-elles adaptées ?

Aux États-Unis, en septembre 2006, la chambre des représentants a adopté le Green Chemistry Research and Development Act, qui définit la prise en compte de la protection de l'environnement (maîtrise des filières de produits de réaction et des déchets) dans les filières industrielles chimiques. Dans une certaine mesure, les filières de production de nanoparticules sont concernées.

En Europe, la réglementation REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals), entrée en application au premier semestre 2007, concerne l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques. Elle comprend une rubrique sur les substances dites préoccupantes (cancérogènes, toxiques, persistantes ou bioaccumulables), mais d'une part il n'existe pas de preuve expérimentale incontestable que les substances nanométriques relèvent de l'une de ces caractéristiques, d'autre part un élément chimique est traité de la même manière, qu'il soit sous forme nanométrique ou pas !

En l'état actuel du droit, certaines réglementations existantes quant à la maîtrise des risques associés aux installations de fabrication ou à la mise sur le marché de ces produits paraissent potentiellement

applicables, mais les ordres de grandeur dans les textes n'ont rien à voir avec les productions de matériaux à l'échelle nanométrique, ce qui libère le plus souvent ces dernières de toute contrainte réglementaire.

Les objets de notre quotidien

- **Cosmétiques** : Revitalift® de L'Oréal, crème solaire ZinClear™ de la firme Advanced Nanotechnology Limited ;
- **Pansements Curad®**, spray pour préservatifs Nanometer-silver Cryptomorphic Condom (pour ces produits des particules d'argent permettent une protection anti-bactérienne accrue ; on les retrouve dans les revêtements intérieurs de lave-vaisselle et réfrigérateurs Samsung) ;
- **Chemises Hugo Boss**, pantalons anti-salissure commercialisés par Eddie Bauer (des nanoparticules au niveau des fibres de tissu les rendent résistantes à la pénétration de liquides) ;
- **Raquettes de tennis Nanotube Power et VS Nanotube Drive** (elles intègrent du graphite avec des nanotubes de carbone, d'où légèreté et rigidité accrues) ;
- **Lave-vaisselle commercialisé par Hitachi Home & Life Solutions** qui projette des gouttelettes de diamètre 1,5 nanomètre afin de détacher les résidus de la vaisselle, ce qui permet de réduire la consommation totale d'eau et d'électricité lors d'un cycle de nettoyage ;
- **Jusqu'au béton auto-nettoyant de l'église du Jubilé à Rome**, où la surface contient des nanoparticules préservant la blancheur de l'édifice !



Des positions passionnelles de la part des différents acteurs

Face aux promesses annoncées par le flot de découvertes, des voix s'élèvent contre les conséquences potentielles, parmi lesquelles celles d'ONG nationales ou internationales.

Greenpeace demande l'application stricte du principe de précaution, tout matériau étant considéré dangereux tant que le contraire n'est pas démontré. De son côté, ETC Group demande un moratoire total sur toute recherche et commercialisation dans le domaine et le retrait des produits déjà sur le marché. Friends of Earth ainsi que la Fondation Sciences Citoyennes demandent également un moratoire, tant que des réglementations adéquates n'ont pas été mises en place pour protéger le grand public, les travailleurs des chaînes de fabrication, et l'écosystème susceptible d'accueillir les déchets.

Des actions très ponctuelles ont lieu, comme la manifestation en mai 2004 à Chicago d'une association (Thong : Topless Humans Organized for Natural Genetics), où certains de ses membres se sont déshabillés devant la boutique d'une grande chaîne américaine de vêtements pour protester contre la vente de "nanopants", des pantalons résistants aux taches grâce à l'intégration de fibres issues des recherches sur les nanomatériaux. De même, en réaction au développement du pôle grenoblois Minatec, l'association locale Pièces et Main d'œuvre (PMO) a pris des positions radicales de contestation contre ce qu'elle appelle les "nécrotechnologies" (nanotechnologies, biotechnologies, nucléaire) et la "techno-société grenobloise".

Il est important de souligner la partialité des différentes prises de position. À titre d'exemple, l'ONG Friends of the Earth a publié en mai 2006 un rapport mettant en

évidence des risques importants liés à l'utilisation de crèmes solaires et cosmétiques utilisant des nanoparticules. De son côté, en septembre 2006, l'association commerciale Cosmetic, Toiletry and Fragrance Association (CTFA) a publié un rapport, faisant état d'un consensus scientifique général sur l'absence de risques pour la santé humaine.

La lecture détaillée des deux rapports met en évidence un accord sur le manque de preuve scientifique quant à l'existence avérée d'un risque ou sur son absence, mais l'interprétation finale est opposée compte tenu de présupposés idéologiques ou d'intérêts particuliers.

Un besoin de gouvernance internationale

Les pouvoirs publics reconnaissent la nécessité d'informer le public sur l'avancée des recherches, les opportunités, les risques et leur maîtrise. Les rapports des organismes saisis sont généralement accessibles sur Internet. On est donc loin du manque d'information publique, qui avait accompagné la mise sur le marché des OGM dans les années 90. Il sera intéressant de voir dans les années à venir ce que cette politique volontariste de débats publics aura eu comme effets.

Pour défendre un monde juste, solidaire et éco-responsable, comme le soutiennent les principales associations s'opposant aux politiques actuelles de développement des nanotechnologies, il nous semble plus constructif de promouvoir le débat, la mise au point des réglementations appropriées et de cadres d'échanges sur le plan national et international, que d'avoir recours à des discours passionnels et parfois peu fondés scientifiquement. L'idée d'un moratoire global sur les recherches ou les commercialisations apparaît inapplicable mondialement, et aurait comme conséquence immédiate une pénalisation économique pour ceux qui le mettraient en œuvre et des développements hors contrôle pour ceux qui le contourneraient. Cependant il convient, au niveau de chaque État, qu'il n'y ait pas de vide juridique qui pénalise les intérêts des citoyens comme celui des entreprises, et que globalement, des réglementations différentes ne biaisent pas la compétition. Un cadre de gouvernance internationale est donc nécessaire, prenant en compte les problématiques générales de protection du "citoyen du monde", avec une considération particulière pour les déséquilibres économiques existants. ♻

Quand les romans de science-fiction s'invitent dans le débat public

La science-fiction, au-delà du traitement romanesque réussi du sujet (comme dans le best-seller mondial *Prey*, de Michael Crichton, publié en 2002), offre une tribune privilégiée aux critiques des nanotechnologies... le temps que les scientifiques répondent par des éléments factuels. Dans *Nano*, autre roman de science-fiction de John Robert Marlow, publié en 2004, le récit fort distrayant brode autour du scénario catastrophe de dissémination non contrôlée. L'auteur, journaliste freelance écrivant régulièrement des articles sur les nanotechnologies, souhaite sensibiliser le public aux risques.