tribunes

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 diffuses. 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 transdisciplinaires* 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 7e 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.