

Nanotechnologies et société : des enjeux, des questions

Comme la plupart des évolutions technologiques
majeures qui les ont précédées, les
nanotechnologies suscitent des attentes pour de
nouvelles solutions permettant de mieux concilier
économie, environnement, qualité de vie ; mais
en parallèle, des interrogations sont exprimées
au sein de la société, posant des questions
d'ordre éthique et exprimant des craintes. Sans
nécessairement les prendre à son compte, l'État
souhaite dans cette partie présenter ces questions
et interrogations qui font partie du débat, et en
préciser certains aspects.



Nanotechnologies et société : des enjeux, des questions

Enjeux sociaux et éthiques

Les nanotechnologies à l'articulation entre économie, société et environnement	83
Les dérives possibles	86
Des considérations éthiques incontournables	90
Les nanotechnologies : un enjeu mondial ?	92

nano-v2.indd 81





EXPLICATION

Des progrès techniques qui transforment les sociétés

Une innovation, soit parce qu'elle nécessite un cadre économique nouveau pour se développer, soit parce qu'elle modifie nos habitudes et nos modes de vie, impacte fortement la société.

L'informatique et internet ont induit une tertiarisation de l'économie et un essor des conversations instantanées à distance qui modifient les relations sociales et familiales.

L'exploitation industrielle du pétrole a contribué à l'essor de la voiture individuelle et des déplacements quotidiens, modifiant lourdement le rapport au territoire et les relations humaines (périurbanisation, tourisme de masse...).

Les nanotechnologies vont probablement modifier les modes de vie et les comportements. Prometteuses d'améliorations dans de nombreux domaines, porteuses de progrès matériel et facilitatrices, elles nourrissent cependant des craintes de dérives et des interrogations d'ordre éthique.

Devant les limites jusqu'ici rencontrées par la science et les techniques, l'approfon-

dissement, la diffusion et le partage des connaissances doivent aujourd'hui chercher à apporter des réponses aux inquiétudes et permettre d'identifier précisément les zones d'incertitudes et la manière de les appréhender.



L'un des champs d'application les plus attendus des nanotechnologies est celui de l'énergie : contribueront-elles à la construction d'un monde durable ?

[illegible]

LES NANOTECHNOLOGIES À L'ARTICULATION ENTRE ÉCONOMIE, SOCIÉTÉ ET ENVIRONNEMENT

Comme le soulignent les chapitres précédents, l'essor des nanotechnologies pourrait avoir un impact sur l'ensemble des secteurs économiques ainsi que sur la vie quotidienne de la population. De nombreux experts n'hésitent pas à employer l'expression de révolution technologique qui désigna, en leur temps, la banalisation des usages de l'électricité et l'exploitation industrielle du pétrole. On peut s'interroger sur le fait que les nanotechnologies auront un impact systématique, c'est-à-dire la capacité de modifier tous les aspects socio-économiques de la société.

Cependant, bien davantage que ces deux exemples du pétrole et de l'électricité, il s'agit d'une révolution diffuse qui peut concerner, à tous les niveaux, toutes les activités scientifiques et industrielles et l'ensemble de nos habitudes et comportements.

Ces spéci cités conduisent à s'interroger sur l'impact socio-économique d'un développement large des nanotechnologies. De plus, les possibilités o ertes par les nanotechnologies vont évoluer à la faveur de leur convergence avec des disciplines comme la biologie, les sciences cognitives et les nouvelles technologies de l'information et de la communication. Elles pourraient alors, à moyen terme, contribuer à estomper les frontières entre l'homme et le monde non vivant ou rendre possible une arti cialisation de la vie. Cette perspective soulève des questions éthiques fondamentales.

Quelques uns des impacts majeurs sur notre système socio-économique

Le chapitre 2 a montré, en effet, que les nanotechnologies contribueront à la mise au point d'une multitude d'innovations qui devraient permettre d'augmenter l'efficacité énergétique des processus industriels et des produits, de miniaturiser les composants et, de fait, de réduire la consommation de ressources et la quantité de déchets, d'optimiser les processus chimiques et, par conséquent, de limiter les pollutions, ou encore de fournir les moyens de produire de l'énergie en s'affranchissant des énergies fossiles. À condition de réduire le coût écologique de certaines usines de composants, les nanotechnologies peuvent donc participer à rendre, à niveau de vie équivalent ou supérieur, notre société durable. Toutefois, à l'instar d'autres innovations technologiques, le potentiel qu'elles représentent comporte deux écueils : un manque de maîtrise de la consommation et un essor incontrôlé de la technologie.

Les nanotechnologies peuvent contribuer à réduire les impacts sur l'environnement. Mais, cet argument ne risque-t-il pas d'inciter à démultiplier la consommation, annihilant les bénéfices escomptés ?



Si les nanotechnologies permettent un jour de réduire notre production de déchets par trois, serons-nous encore attentifs à la réduction du volume des déchets, à leur réutilisation ou leur recyclage ?

EXPLICATION

Deux aspects antagonistes de **l'innovation**

D'une part, peu de risques se révèlent en réalité aussi néfastes que prévus ; d'autre part, compte tenu de la diffusion rapide et mondiale des innovations, il suffit d'un risque mal ou sous évalué pour que des millions de personnes soient affectées.

DEFINITION

L'approche bénéfices risques

L'approche bénéfices risques consiste identifier et quantifier a priori les bénéfices et les risques potentiellement liés à une innovation sur des bases scientifiques puis, en fonction du rapport bénéfices risques, de préconiser des modalités d'utilisation modulées (de l'interdiction à l'utilisation sans restriction). La mise en œuvre fait l'objet d'un suivi pour détecter d'éventuels effets non identifiés a priori et adapter les mesures de protection décidées au départ.

Il s'agit donc d'une procédure évolutive : en fonction des nouvelles données (notamment épidémiologiques), les mesures de protection, de dissémination et d'utilisation de l'innovation évoluent dans le temps.

Cette approche, lorsqu'elle est bien menée, s'inscrit dans l'esprit du principe de précaution car elle garantit un bon niveau de protection des consommateurs, des travailleurs et de l'environnement sans pour autant bloquer l'innovation. Elle nécessite toutefois la mise en place de ressources adaptées (personnel, instrumentation, moyens...).

Leurs coûts de traitement seront-elles encore économiquement viables ? Si les nanotechnologies permettent demain la production à bas coût d'une électricité issue de ressources largement renouvelables, poursuivra-t-on les efforts en faveur d'une meilleure efficacité énergétique, d'une moindre émission de CO₂ et d'une réduction de la consommation ? Le et de la baisse du prix des énergies durant les années 1980 liée à un prix du pétrole bas et à une électricité nucléaire bon marché en France invite à y réfléchir.

Ainsi, les bénéfices potentiels des nanotechnologies doivent s'accompagner d'un comportement responsable en matière de consommation des citoyens et des industriels.

Le progrès technologique incontrôlé représente un second écueil potentiel. Le recours, sans contrôle apparent pendant des décennies, à de nombreuses technologies consommatrices de matières premières et génératrices de pollution a largement contribué à l'impact de l'homme sur l'environnement, à tel point qu'il soulève aujourd'hui la question du développement durable. S'il était difficile d'appréhender l'ampleur et de surmonter avant que ses premiers signes soient perceptibles, l'épuisement progressif des ressources en pétrole était en revanche prévisible sans pour autant qu'il en ait été réellement tenu compte. Si les nanotechnologies peuvent contribuer à l'amélioration des conditions de vie, il serait naïf de croire qu'elles puissent apporter, à elles seules, une réponse technologique qui remédiera aux divers problèmes que rencontre l'humanité.

La question de leur impact sur notre mode de consommation compte donc parmi les interrogations soulevées par l'avènement des nanotechnologies. Le temps de renouvellement des produits se raccourcit sans cesse et notre société devient une société du jetable, vêtements, meubles éphémères

par leur qualité, cannettes, plastiques mais aussi ordinateurs et téléphones portables dont la durée d'usage ne cesse de se réduire. La tendance est résolument aux prix bas et à une durée d'utilisation limitée.

L'incorporation de nanotechnologies dans les produits courants pourrait entraîner une révolution dans la manière de consommer : manipuler la matière à l'échelle nanométrique implique des procédés complexes et coûteux qui, s'ils augmentent les performances et multiplient les fonctions des produits, pourraient en renchérir aussi le prix de vente. Cela nous convaincra-t-il de les utiliser plus longtemps, de les réutiliser et de les recycler ? Les potentialités des nanotechnologies offrent-elles un levier pour consommer non pas moins, mais autrement ?

Un questionnaire sur l'accompagnement de l'innovation et l'impératif de compétitivité ?

Pour encadrer l'innovation, plusieurs approches ont vu le jour au I^{er} du XX^e et en ce début de XXI^e siècle : l'approche fondée sur la seule évaluation a posteriori des dommages ou impacts a souvent prévalu. Une autre approche a émergé depuis les années 1980, l'approche bénéfices risques.

L'évaluation a posteriori consiste à repérer les dommages induits et à les corriger (dépollution, indemnisations...) après que l'innovation ait librement été utilisée. Elle n'entrave ni l'activité économique ni la compétitivité. L'approche par l'évaluation des bénéfices/risques, qui permet d'appréhender rationnellement l'ensemble des changements induits par une décision économique ou politique, tente en revanche de concilier développement et sécurité. Toutefois, elle déclenche la mise en œuvre de stratégies d'influence et la mobilisation de groupes d'intérêts industriels, sectoriels et d'associations diverses.



comme cela est le cas pour le changement climatique ou les OGM.

Les nanotechnologies étant susceptibles d'être utilisées par de très nombreux secteurs, les risques liés à leur incorporation dans divers matériaux, produits, dispositifs et systèmes étant très difficilement quantifiables à ce jour et les progrès en matière de recherche et de procédés gagnant sans cesse en rapidité, il convient de s'interroger sur la pertinence de l'approche bénéfices/risques. Dans quelle mesure les pouvoirs publics peuvent-ils gérer une telle approche de manière solide et crédible, c'est-à-dire en s'attachant aux stratégies d'incidences mises en œuvre par les parties prenantes ? Comment l'approche bénéfices/risques peut-elle prendre en compte la multitude de produits à étudier et à suivre, des risques potentiels variés et les bénéfices possibles ? Comment concilier la pression d'une concurrence mondiale acharnée et des perspectives d'emplois, les intérêts industriels et une très forte attente en matière de sécurité de la part de la population ? Le cas échéant, quels mécanismes complémentaires mettre en œuvre ou quelle autre approche développer pour concilier un développement consenti, une garantie de sécurité et une viabilité économique ? Enfin, cette approche est-elle adaptée au domaine des nanotechnologies où, plus encore qu'ailleurs, les découvertes scientifiques se nourrissent de la complexité et de l'imprévu ?

La réponse à ces questions n'est pas réglée et renvoie aux propositions de gouvernance du chapitre 6. En effet, la nature systémique des effets induits par les nanotechnologies doit d'abord être reconnue, ainsi que l'existence d'une gouvernance réactive, qui s'engage à produire de l'action en prenant en considération les recommandations issues des parties prenantes aux dialogues.

Il apparaît par ailleurs essentiel que tous les acteurs concernés s'engagent pleinement : un sens de la responsabilité accrue de la part des chercheurs (à travers les publications, ne pas omettre d'alerter sur les risques potentiels), une responsabilité plus assumée des entreprises (protéger les travailleurs, s'impliquer dans les études de toxicité et de dommages de leurs produits et informer de manière transparente les consommateurs et le public en général) et une implication plus active des consommateurs (s'informer sur les produits et comprendre ce qu'ils contiennent pour ne pas juger que sur le prix) et des pouvoirs publics (soutenir et encourager la recherche sur les effets et les risques, exiger une information claire sur la composition des produits, adapter la réglementation...).



Les risques d'atteintes graves aux libertés individuelles et au droit de la personne existent déjà actuellement avec des systèmes de dimensions plus importantes et se verront augmentés, voire étendus, dès lors que la miniaturisation aura franchi une nouvelle étape et que les possibilités offertes se verront démultipliées.

LES DÉRIVES POSSIBLES

Si les nanotechnologies suscitent des attentes et laissent entrevoir des bénéfices, elles soulèvent aussi, dans l'opinion publique et au sein de certaines associations, des inquiétudes quant à des dérives ou des possibilités d'abus dans leur utilisation. S'il s'agit là d'une dualité propre à toute innovation, elle semble amplifiée dans le cas des nanotechnologies, du fait notamment de leurs caractéristiques particulières et du très grand nombre d'applications potentielles. La plupart des dérives possibles identifiées à ce jour s'appuient sur des potentialités, qui s'inscrivent dans un futur sans doute lointain, voire qui relèvent, pour certaines, de l'imaginaire. Néanmoins, elles doivent être prises en compte et traitées.

L'atteinte aux libertés individuelles

Le développement de nanosystèmes, dopés par les avancées dans le domaine des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) notamment, laissent entrevoir des capacités de communication, de mesure et de transmission de données présentant une double face : elles pourraient ouvrir des possibilités d'échange ou d'expression inédites pour les individus et, en même temps, permettre le recueil d'informations sur leurs localisations, leurs mouvements ou leurs paramètres personnels.

Certaines applications des nanotechnologies permettent en effet d'envisager à long terme de rendre quasiment invisible la présence de dispositifs tels que des capteurs-émetteurs. Leur intégration à des objets courants, voire dans des textiles, serait donc possible notamment par le biais d'étiquettes radio ou de

dispositifs RFID (mentionnés page 32). Cette intégration ne comporte-t-elle pas un risque d'atteintes graves aux libertés individuelles et au droit de la personne, surtout si elle se fait à l'insu des intéressés ?

En France, l'État et les citoyens s'impliquent déjà pour garantir la préservation des libertés individuelles majeures : liberté d'opinion, liberté de culte, liberté de circulation, respect de la dignité, droit à la confidentialité, etc. Des dispositions législatives et réglementaires ont été prises pour garantir le respect des libertés individuelles face aux nouvelles technologies de l'information (création de la CNIL, confidentialité des transactions...).

La CNIL soutient d'ailleurs une mobilisation des CNIL européennes visant à conserver la problématique des RFID dans le champ d'application « Informatique et Libertés » contrairement à la situation aux États-Unis où elle fait l'objet de législations sectorisées (polices, sécurité, assurances...). Au sein du G29 (organe consultatif européen indépendant sur la protection des données et de la vie privée), elle agit comme chef de file pour amener les États-Unis à rallier ces principes législatifs.

La Commission nationale de l'information et des libertés (CNIL)

Créée par la loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux **chiers** et aux libertés, la Commission nationale de l'information et des libertés est une autorité administrative indépendante chargée de veiller à la protection des données personnelles. Elle a pour missions principales :

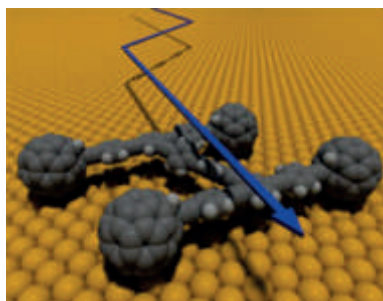
- d'informer le public et de proposer au Gouvernement les mesures législatives ou réglementaires pour adapter cette protection à l'évolution des techniques ;
- de garantir le droit d'accès (notamment, pour le compte des citoyens qui le souhaitent, l'accès aux chiens intéressant la sûreté de l'État, la défense et la sécurité publique, notamment ceux des Renseignements généraux) ;
- de recenser les chiens utilisant des informations sur les personnes et mettre à disposition le chien des chiens, c'est-à-dire la liste des traitements déclarés ;
- de contrôler les applications informatiques, sécurité des systèmes d'information ;
- de sanctionner, le cas échéant (de l'avertissement à des sanctions pécuniaires pouvant atteindre 300 000 €) ;
- de réglementer (normes simplifiées et formalités allégées pour les traitements les plus courants et les moins dangereux).

L'autoréplication incontrôlée de nano-objets

Divers ouvrages de science fiction évoquent, dans un horizon lointain, la possibilité que l'homme perde le contrôle de nano-objets qu'il a créés. Ces derniers se multiplieraient à l'infini (autoréplication), consommant rapidement les ressources vitales de la planète et conduisant l'humanité à disparaître.

Si les progrès de la science permettent de manipuler la matière atome par atome et de créer ainsi des nano-objets, la possibilité de voir ces derniers se répliquer tout seuls demeure impossible à cause de **deux phénomènes physiques**.

Les seuls êtres qui soient à ce jour hors de contrôle de l'homme restent les êtres vivants (virus, bactéries, animaux) qui prolifèrent sans toutefois tout envahir car ils sont soumis aux mêmes lois que nous : il leur faut de l'énergie et des ressources ainsi que des conditions extérieures favorables à leur reproduction.



Une nanovoiture

Les progrès de la science permettent de manipuler la matière atome par atome et de créer ainsi des nano-objets.

La perspective de nanorobots s'autorépliquant appartient donc à l'imaginaire de la science-fiction. Ce scénario n'est actuellement validé par aucune donnée scientifique ni même prospective.

EXPLICATION

Deux phénomènes physiques rendent l'autoréplication de nano-objets impossible :

- la conservation de l'énergie : manipuler la matière à l'échelle atomique requiert une énergie importante car il faut casser les liaisons entre les atomes et les reconstruire. De plus, à l'échelle du nanomètre, les interactions avec d'autres molécules environnantes sont incessantes. Il faut donc une atmosphère maîtrisée pour arriver à structurer la matière comme on le souhaite. Dans des conditions ambiantes, un nanorobot autoremplissant se verrait vite englouti dans des centaines de molécules indésirables et ne pourrait parvenir à se cloner ;
- la disponibilité des ressources : s'autorépliquer nécessite de l'énergie et des atomes. Compte tenu de la science actuelle, il est impossible de créer une machine autorépliquante et autonome qui ne possède pas quelques molécules rares (contenant des métaux ou des éléments chimiques comme le fluor) hors de portée de nanorobots disséminés dans la nature.

REPÈRES

La gelée grise ou gray goo

Formulée pour la première fois par Éric Drexler en 1986, dans son texte *Les moteurs de la création* (*Engines of Creation*), la menace du gray goo – gelée ou glue grise – reprise par l'univers de la science fiction, est un exemple des inquiétudes générées par le développement des nanotechnologies.

Désormais entré dans l'imagination collective, ce scénario, à la base du célèbre roman de l'Américain Michael Crichton *La proie* (Prey), paru en 2002, évoque une catastrophe généralisée suite à la perte de contrôle du processus d'autoréplication d'une nuée de nanorobots échappés d'un laboratoire. Dans le mythe de la gelée grise, cette autoréplication consomme toute la vie sur la planète pour s'assurer l'énergie nécessaire au processus de reproduction des nanorobots. La masse des nanomachines répliquantes, qui forme une substance gluante (goo), remplace alors la matière de l'univers.

REPÈRES

Françoise Roure et Jean-Pierre Dupuy sont les auteurs du rapport **Les nanotechnologies : éthique et prospective industrielle**, publié en 2004. Il situe notamment les nanotechnologies dans une analyse des contextes européen et international, en prenant en compte toutes leurs dimensions, en particulier sociétales et éthiques.

EXPLICATION

Une concurrence sous surveillance en France

Conformément à la loi de modernisation de l'économie du 4 août 2008, l'Autorité de la concurrence a remplacé depuis le 13 janvier 2009 le Conseil de la concurrence avec des pouvoirs étendus pour mieux répondre à ses objectifs de lutte contre les pratiques anticoncurrentielles, d'étude du fonctionnement des marchés et du respect de l'ordre public économique.

CITATION

Face aux promesses de la technologie et à l'impératif concurrentiel

P-B Joly, socioéconomiste à l'Inra et auteur, en 2005, d'un rapport sur la démocratie locale et la maîtrise sociale des nanotechnologies, souligne : « Le discours des promoteurs européens des nanotechnologies s'articule autour de deux idées complémentaires : la promesse d'un monde meilleur lié à la révolution technologique et le risque pour l'Europe de ne pas se hisser au rang des économies fondées sur la connaissance. Ce discours a deux limites. En premier lieu, cette économie des promesses renvoie à une conception linéaire du progrès, aujourd'hui largement remise en cause. En même temps, cette économie des promesses génère un univers très précoce d'attentes autour de grandes fictions collectives. La compétition internationale et la logique de l'urgence qui lui est liée peuvent donner le sentiment qu'il n'y a pas de possibilité de choix et que la seule alternative est d'être dans la course ou de ne pas y être. »

La perte de contrôle et l'aliénation à la technologie

Les nanotechnologies, comme d'autres technologies, soulèvent deux autres questions : celle de la perte de contrôle de la technologie au profit d'un petit nombre de firmes et celle de l'aliénation à la technologie.

La première, évoquée, dans des termes différents certes, à propos de certains médicaments, de la téléphonie mobile ou encore des fournisseurs internet, concerne la maîtrise des conditions de développement, de diffusion et de reproduction des technologies par un nombre restreint d'acteurs.

Ce risque de monopole - qui s'exerce aussi sur des actes ou des relations qui traditionnellement échappaient à la technique - a été notamment développé par **Françoise Roure et Jean-Pierre Dupuy** dans un rapport en 2004. Selon eux, il serait susceptible d'approfondir les inégalités mondiales et d'engendrer de nouvelles pauvretés. En effet, il renforcerait, via la science et la technique, la domination exercée par quelques firmes toutes puissantes sur des populations qui, dans leur immense majorité, n'ont pas accès à la culture scientifique et technique.

Cette question ne saurait trouver de réponse au seul niveau national. Notons toutefois qu'en France, l'État joue, à ce titre, un rôle dans la surveillance du respect de la **concurrence** et la garantie de la transparence des relations entre les concurrents. Il encourage aussi les actions d'information de la population. En France, dans les pays développés, les associations de consommateurs jouent également un rôle majeur. Les consommateurs eux-mêmes développent de plus en plus un niveau élevé d'exigence en matière de transparence et de contrôle de la qualité des produits.

Le deuxième volet, l'aliénation à la technologie, concerne plus fondamentalement la question de l'utilité sociale de certains

développements technologiques (Voir *Enjeux* pages 83 à 85). La notion de progrès elle-même n'est en e et plus considérée aujourd'hui comme un processus linéaire inéluctable : l'ensemble des problèmes sociaux n'est pas réglé par plus de technique, les nouvelles connaissances créent de nouvelles incertitudes, les innovations techniques génèrent de nouveaux risques en même temps qu'elles sont source de gains, le bénéfice devenant négatif au-delà d'un certain seuil.

N'est-il pas à présent envisageable d'établir la balance entre les avantages que la société espère du développement des nanotechnologies et les risques qu'ils peuvent présenter, discutés de façon collective dans le cadre proposé par le principe de précaution ?

Les excès redoutés de la convergence des technologies : augmentation des performances humaines et disparition de la frontière entre humain et non humain

La convergence des nanotechnologies avec la biotechnologie, l'infotechnologie, et les sciences cognitives soulève des interrogations et des inquiétudes : cette combinaison de disciplines pourrait aboutir à une convergence entre le vivant, le non vivant et l'articiel qui permettrait notamment d'améliorer les performances humaines, voire de créer des briques de vie synthétiques ou de la vie articielle. D'où le surnom de petit BANG (Bits, Atoms, Neurons, Genes) que d'aucuns lui ont donné.

La convergence NI (nanotechnologies + matériel d'acquisition et de traitement de l'information) est déjà largement une réalité ; les convergences NB (nano + biologie) et NC (nano + sciences cognitives) sont en cours d'exploration.

[illegible]

Un certain nombre de travaux s'appuient notamment sur la **biologie synthétique**. Leurs retombées pourraient aider le corps humain à ralentir le vieillissement ou à se doter ou récupérer des fonctions qui lui manquent (la vue pour les non-voyants, par exemple). Mais dans les versions les plus futuristes, elles intègrent les connaissances sur le génome et sur le fonctionnement du cerveau pour reproduire artificiellement la vie. C'est ce que tend à promouvoir le courant transhumaniste en invoquant diverses possibilités d'augmenter les capacités de l'homme : en modifiant son génome, à l'instar de ce qui est fait pour les plantes, afin de rendre l'homme plus fort, plus intelligent... ; en l'assistant par des machines (capteurs optiques implantés dans les yeux pour voir la nuit, bras renforcés, voire implant crânien pour interagir avec le cerveau...) ; en le dopant

avec des traitements chimiques et, en fin de compte, en créant une vie artificielle plus robuste où il pourrait transférer ce qu'il est.

Si ces perspectives sont très lointaines, il n'existe pas actuellement d'obstacles théoriques absolus à leur réalisation. C'est pourquoi elles suscitent des inquiétudes et soulèvent des questions éthiques. C'est en e et la propre nature de l'homme qui est interrogée et les seuils de transformation que l'humanité est prête à accepter sur elle-même.

Selon Jean-Pierre Dupuy, « avec l'ingénierie inverse (bottom up, autoassemblage), ce n'est plus seulement en faisant des expériences sur la nature, ce n'est plus seulement en la modélisant, que les hommes connaîtront cette nature. C'est littéralement en la refaisant. Mais, du coup, ce n'est plus la nature



DEFINITION

Biologie synthétique

Fondée sur des principes d'ingénierie, elle vise à synthétiser des systèmes complexes, inspirés par ou basés sur le vivant, en les dotant de fonctions n'existant pas dans la nature.

Elle cherche à comprendre comment l'ensemble des gènes et protéines découverts dans les grands programmes de séquençage opèrent en synergie, s'influencent réciproquement et forment des modules et des circuits fonctionnels. Elle pourrait permettre la conception de machines biologiques.



La convergence des nanotechnologies avec la biotechnologie, l'infotechnologie, et la technologie cognitive (dite convergence NBIC) soulève des inquiétudes et des questions éthiques : n'aboutira-t-elle pas à une convergence entre le vivant et des artefacts ? Au-delà de l'amélioration des performances humaines, ne s'agira-t-il pas de créer des briques de vie synthétiques ou de la vie artificielle ?

CITATION

Qu'en dit le comité d'éthique du CNRS ?

Le Comité d'éthique du CNRS (Comets), dans son rapport de 2006, souligne qu'« aujourd'hui, les programmes de recherche sont en prise directe sur l'actualité économique, sociale, médicale, politique. Ce brouillage de la frontière entre science fondamentale et science appliquée a mis en lumière la nécessité de contacts plus étroits et plus directs entre les secteurs académiques et les secteurs de production de biens et de services, tant dans la production des connaissances que dans la formation (...) ». Ainsi, s'est créé un horizon d'attentes qui, certes, favorise les financements publics et les investissements privés dans les nano-initiatives, mais qui met la recherche sous de telles pressions, que l'on ne peut plus vraiment parler d'autonomie des chercheurs. (...) Ces règles de base – universalisme, communalisme, désintéressement, scepticisme organisé – se trouvent de moins en moins praticables, étant donné le climat de compétition et les enjeux industriels et militaires qui sous-tendent la recherche en nanosciences et nanotechnologies et qui en font un domaine hybride. ».

CITATION

Le Comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé (CCNE) indique, dans son avis 96 (1^{er} février 2007) : « Ce qui est porteur de sens, c'est notre refus de toute aliénation nouvelle déjà si présente dans notre transfert croissant de l'humain sur des prothèses. Nous avons déjà un rapport au monde qui délègue à des instruments une part importante de notre liberté avec l'illusion justement d'une liberté accrue. Notre rapport technologique au domaine de l'information montre que chaque être humain est désormais traçable, localisable, convocable, alors que lui-même se pense comme à l'émergence et à l'origine du système. Investir sans réflexion sociétale, sans conscience de la dignité humaine, avec une sorte de naïveté, dans un environnement et une médecine qui produiraient a priori le bien-être et la santé par les nanotechnologies aboutirait de façon paradoxale à exiler l'homme de lui-même. ».

qu'ils connaîtront, mais ce qu'ils auront fait. C'est l'idée même de nature, donc de donnée extérieure à soi, qui apparaîtra comme dépassée. La distinction même entre connaître et faire tendra à perdre son sens, de même que celle qui sépare encore aujourd'hui le savant de l'ingénieur. »

Enfin, la perspective de cette vie artistique évoque la disparition, ou du moins le brouillage, des distinctions fondamentales entre le vivant et le non-vivant, le naturel et l'artistique...

DES CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES INCONTOURNABLES

Les nanotechnologies ouvrent un continent immense pour lequel l'homme va devoir déterminer des normes s'il veut leur donner sens et finalité. Il lui faudra mobiliser beaucoup de volonté et de conscience pour déterminer, non pas ce qu'il peut faire, mais bien ce qu'il doit faire. Des exigences éthiques fortement défendues seront nécessaires pour contenir le rythme et les dérives possibles des nanotechnologies.

La possibilité d'une ré exion éthique à l'échelle internationale ?

L'augmentation rapide du nombre de publications scientifiques, de dépôts de brevets et d'applications rend chaque jour plus actuelle la nécessité d'un dialogue sur le bien-fondé de certaines innovations intégrant des nanotechnologies.

Face à ce dé , doit être soulevée la question de la mise en place, aux plans européen et international, de méthodes d'évaluation multicritères qui permettent aux représentations nationales comme à la société civile

et aux consommateurs de se faire une idée de ce qui est souhaitable et de ce qui est contraire au bien commun.

Améliorer le dialogue science - société

Au chapitre « Prendre en compte les aspects sociétaux » de son avis de 2006, le Comité de la prévention et de la précaution (CPP) exprime ainsi son interrogation sur le risque de perception par l'opinion : « La question éthique (...) n'étant à l'heure actuelle pas ou mal posée, la conséquence immédiate en est le risque de décalage fort et, à court terme, des perceptions des opinions publiques dans l'Union européenne et dans le reste du monde, avec des effets très incertains sur la poursuite de l'appui public aux développements scientifiques et technologiques en ce domaine. »

Comme l'y invite par ailleurs une recommandation sur un code de bonne conduite adoptée par la Commission européenne le 2 février 2008, il incite les organismes de recherche à développer des programmes sur les implications sociales et éthiques des nanotechnologies et de sensibiliser les chercheurs et personnels de laboratoire aux enjeux sociaux et éthiques en soutenant notamment les initiatives de dialogue entre chercheurs et acteurs de la société civile (directement et via les organisations syndicales, les organismes représentatifs, les associations...).

Les impacts de la **nanotechnologie**, et de ses productions, sont de cinq types : impacts sur les relations de domination (impacts de pouvoir), impacts sur le rapport à la nature (impacts ontologiques), impacts sur le rapport à la connaissance (impacts épistémiques), impacts sur la possibilité même de l'éthique (impacts éthiques) et impacts sur les catégories (impacts métaphysiques).

L'éthique et la nanotechnologie à l'Unesco

La Commission mondiale d'éthique des connaissances scientifiques et des technologies (COMEST) de l'Unesco a consacré une partie de ses travaux de 2003 à 2006 à la question des nanotechnologies. En décembre 2006 à Dakar, ses travaux ont débouché sur l'adoption d'une série de recommandations pour l'action. La COMEST y souligne 7 chantiers majeurs en matière d'éthique :

- élaborer à l'échelle internationale une série de principes éthiques pour guider le développement des nanotechnologies ;
- renforcer la transparence des processus de décision en matière de nanotechnologies ;
- favoriser l'acquisition de compétences en matière d'éthique des nanotechnologies à tous les niveaux (grand public, équipes de recherche, décideurs publics) ;
- renforcer la participation du public aux choix scientifiques et techniques en matière de nanotechnologies ;
- favoriser la prise en compte des enjeux éthiques dans la presse ;
- améliorer la coopération internationale sur ce sujet, notamment en veillant à une bonne articulation entre les différentes organisations internationales impliquées (OCDE, ISO, etc.) ;
- établir au sein de l'Unesco une Commission internationale sur les nanotechnologies et l'éthique.

Aux États-Unis, une veille non gouvernementale

Aux États-Unis, plusieurs organisations non gouvernementales et centres de recherche se sont saisis de la question des nanotechnologies et des enjeux éthiques qu'elles soulèvent.

On peut citer notamment le Center for Responsible Nanotechnology qui a publié de nombreux articles et comptes-rendus de colloques sur son site internet.

The nanoethics group est une organisation non partisane basée à l'université de California Polytechnic State University, qui se consacre à l'étude et la mise en débat des conséquences éthiques et sociales du développement des nanotechnologies. Ce groupe a notamment produit un important ouvrage collectif intitulé *Nanotechnology and society* qui aborde l'ensemble des aspects du sujet (risques sanitaires et environnementaux mais aussi protection des libertés ou enjeux éthiques de la nanomédecine).

En n, le Woodrow Wilson Institute, qui est un centre de recherche et d'expertise en appui aux politiques publiques, consacre depuis 2005 l'un de ses programmes aux nanotechnologies. Dans ce cadre, les questions éthiques ont été largement abordées dans diverses manifestations et publications.

EXPLICATION

Les con its d'intérêt liés aux nanotechnologies

(selon Françoise Roure, conseil général des technologies de l'information)

- Nanotechnologies au service du contrôle politique vs. nanotechnologies au service de la guerre économique.
- Les technologies convergentes au service de l'augmentation des performances vs. la question éthique dans un environnement dans lequel toutes les entreprises d'un marché donné doivent suivre les mêmes règles, et sont soumises à une concurrence mondiale « level playing field ».
- Partage impossible d'informations (secret industriel) vs. question du niveau d'incertitude sur les risques.

EXPLICATION

Les premiers travaux menés par le **groupe de travail sur les nanotechnologies** (GTN) mis en place par le comité pour la politique scientifique et technologique (CPST) de l'OCDE portent sur :

- la mesure statistique des nanotechnologies ;
- leurs problématiques spécifiques pour la production industrielle et les échanges commerciaux ;
- les espaces de coopération pour la recherche scientifique en nanosciences et nanotechnologies ;
- le dialogue avec la société civile, ses finalités, ses modalités, ses résultats ;
- une revue des politiques publiques mises en œuvre dans les pays participant au GTN ;
- un thème transversal visant à exprimer les bénéfices de certaines nanotechnologies pour le plus grand nombre, avec, comme point focal en 2008, le traitement de l'eau.

EXPLICATION

Les travaux menés par le **groupe de travail sur les nanomatériaux manufacturés (GTNM)** portent sur :

le développement d'une base de données sur la recherche en matière de sécurité pour la santé et l'environnement ;

- les stratégies de recherche sur les nanomatériaux manufacturés ;
- les tests de sécurité sur un échantillon représentatif de nanomatériaux manufacturés ;
- les nanomatériaux manufacturés et les lignes directrices ;
- la coopération sur les dispositifs volontaires et programmes réglementaires ;
- la coopération sur l'évaluation des risques ;
- le rôle des méthodes alternatives en nanotoxicologie ;
- les mesures d'exposition et d'atténuation.

LES NANOTECHNOLOGIES : UN ENJEU MONDIAL ?

Un regard sur l'histoire montre que les évolutions technologiques qui ont un fort impact sur l'environnement, la société et la personne nissent par être traitées jusqu'à une échelle supranationale. C'est en particulier le cas lorsque seule la puissance publique peut assumer, en dernier ressort, la responsabilité de protection des consommateurs et des citoyens et que, pris dans un monde d'échanges, elle ne peut pas le faire sur son seul territoire national sous peine de mettre en di culté les acteurs industriels et l'emploi sur son territoire.

Le processus d'Alexandria

C'est par la voie diplomatique qu'a été élaborée une norme de gouvernance au plan international dans le domaine du changement climatique (Kyoto et post-Kyoto). Le processus a pris plusieurs décennies. Pour les nanotechnologies, cette voie diplomatique n'a pas encore été engagée. La reconnaissance d'intérêts différents, voire divergents, date du début des années 2000. La question normative a été posée indirectement par les États-Unis qui souhaitaient éviter absolument la création de barrières non tarifaires, comme celles qui ont été érigées en Europe pour les OGM sous la pression de l'opinion publique.

C'est sur invitation de la Fondation nationale pour la science américaine (NSF) qu'un premier dialogue international responsable autour des nanotechnologies et des technologies convergentes s'est ébauché, en 2004, à Alexandria (Virginie). Ce dialogue s'est poursuivi depuis à deux reprises, à Tokyo en juin 2006, puis sur invitation de la Commission européenne en mars 2008, avec la participation de 49 pays.

Qu'a apporté le processus d'Alexandria à ce stade ?

Le dialogue mené par le processus d'Alexandria est informel, aucun texte autre que des conclusions et un compte-rendu n'ayant été validé par la voie diplomatique. Néanmoins, il constitue le seul espace intergouvernemental au sein duquel tous les pays et les organisations non gouvernementales qui le souhaitent, peuvent participer pour s'exprimer.

Il a fallu un échec en 2005 - suite au refus des États-Unis de soutenir une proposition européenne en faveur d'un code de conduite - et la perspective inenvisageable que les États-Unis soient laissés en marge d'un tel processus pour que naisse une dynamique au sein de l'OCDE.

Elle a pris la forme, en avril 2007, du **groupe de travail sur les nanotechnologies** (GTN). Son objet est de contribuer à leur développement responsable et maîtrisé. Dans le cadre du comité chimie de l'OCDE, s'est créé aussi le **groupe de travail sur la sécurité des nanomatériaux manufacturés** (GTNM). La Commission européenne, l'Isso, des représentants du secteur industriel et d'ONG présents en tant qu'observateurs, participent activement aux travaux.

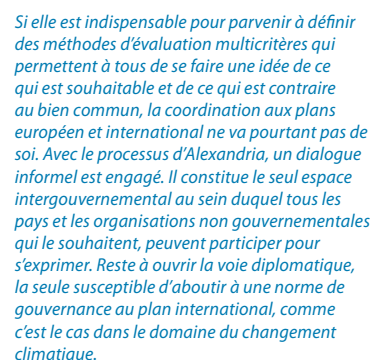
Les deux groupes GTN et GTMN ont joint leurs efforts dans un exercice conjoint en juillet 2009, afin de passer en revue les nanotechnologies et nanomatériaux susceptibles de contribuer à un développement sûr et durable (notamment en matière de dépollution et limitation des sources de contamination).

S'il existe un intérêt pour les problématiques soulevées par les nanotechnologies dans d'autres institutions spécialisées des Nations unies, l'ONU n'a cependant pas encore reconnu officiellement la nécessité d'un agenda harmonisé et synchronisé



Cette résolution a été adoptée alors que la Commission prépare les principaux axes de son plan d'action stratégique 2010-2014. Elle devrait y consacrer son engagement à prendre des initiatives internationales afin de présenter un modèle sûr et socialement accepté de développement des nanosciences et des nanotechnologies.

Dès 2004, à l'issue d'un travail associant des représentants des disciplines scientifiques et des humanités, le philosophe A. Nordmann a publié un rapport qui a traité la position européenne relativement à la convergence des technologies, différente dans les nationalités



Ce que demandent les députés européens (avril 2009)

Le Parlement européen demande à ce que les consommateurs soient informés sur l'utilisation des nanoparticules dans les produits de consommation : tous les produits nanostructurés ou contenant des nanoparticules devraient ainsi être dotés d'un étiquetage clairement identifiable (par exemple en indiquant la mention nano entre parenthèses dans la liste des ingrédients à côté des substances concernées, ce qui sera bientôt obligatoire pour les cosmétiques).

Le rapport demande une éventuelle modification du règlement REACH sur l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation et la restriction des substances chimiques qui viserait à :

- la simplification de l'enregistrement des nanoparticules fabriquées ou importées en quantité inférieure à une tonne ;
- le classement de toutes les nanoparticules comme « substances nouvelles » ;
- l'obligation d'évaluer la toxicité des nanoparticules enregistrées notamment au regard de données d'exposition.

Les eurodéputés demandent également à la Commission européenne d'évaluer la nécessité de revoir la législation concernant la protection des travailleurs, ainsi que le développement de normes météorologiques et de protocoles d'analyse adaptés à l'évaluation du niveau de risque et d'exposition pour les travailleurs et pour l'environnement, comprenant la possibilité de di usions accidentelles, et sur une base multidisciplinaire.

Nord-Sud : une fracture technologique encore plus marquée

Les nanotechnologies ne risquent-elles pas d'accentuer ou du moins de maintenir la fracture Nord/Sud ? Elles posent en effet les difficultés suivantes : accès à la propriété intellectuelle via le paiement de royalties, accès à la connaissance via des réseaux de recherches dont les pays du Sud sont actuellement largement absents, pénurie de centres de recherche et d'installations de pointe, conditions de transfert des nanotechnologies liées à la dépollution, au traitement des eaux ou encore à la production et au stockage de l'énergie, accès au diagnostic et aux soins en matière de santé et aux semences et pesticides nanostructurés pour l'agriculture... À cela s'ajoute la grande difficulté d'association aux travaux de normalisation nationale et internationale.

En n, d'autres questions d'ordre social et éthique sont soulevées par la société civile. La substitution de matériaux synthétiques aux matériaux naturels ne va-t-elle pas fragiliser l'économie des pays du sud qui vivent de l'extraction ? La course à l'innovation technologique pour séduire des consommateurs au nord, ne se fait-elle pas au détriment de la recherche sur des problèmes sanitaires fondamentaux que rencontrent les populations du sud (paludisme, sida, famine, etc.) ?

Pour contribuer à réaliser les **objectifs du millénaire pour le développement (OMD)**, les nanotechnologies ne devraient-elles pas faire émerger un nouveau mode de gouvernance qui permette la rémunération des concepteurs et la dissémination mondiale des solutions, dépassant le conflit historique entre propriété intellectuelle et innovation ouverte et responsable ?

EXPLICATION

Les **objectifs du millénaire pour le développement** (OMD)

Il s'agit d'un vaste programme, en huit objectifs, visant à éradiquer la pauvreté dans le monde d'ici 2015. Ces objectifs ont été adoptés par l'assemblée générale des Nations unies lors du sommet du millénaire en septembre 2000. Ils sont depuis l'objet d'un plan d'action global. En septembre 2008, le secrétaire général des Nations unies et le président de l'assemblée générale ont convoqué une réunion de haut niveau sur la réalisation des OMD.



Un développement responsable des nanotechnologies nécessite-t-il une gouvernance mondiale ?