



# Bernadette ENSAUDE - VINCENT

Bernadette Bensaude-Vincent, professeur d'histoire et de philosophie des sciences à l'Université Paris X, est l'auteur de plusieurs ouvrages et d'une centaine d'articles portant sur deux thèmes : d'une part l'histoire et la philosophie de la chimie et des nanotechnologies; d'autre part, les relations entre sciences et public . Elle a publié, entre autres, *une Histoire de la chimie*, en collaboration avec Isabelle Stengers (La découverte, 1993) et *Lavoisier, mémoires d'une révolution* (Flammarion,1993), *Eloge du mixte* (1998) ; *Science et opinion* (2003) ; *Faut-il avoir peur de la chimie ?* (2005).

**Les nanotechnologies : un terrain  
pour changer la science  
et la société ?**



Voici cinq ans que la recherche en nanosciences et nanotechnologies (NST) mobilise des ressources financières et humaines autant que l'attention du public. La petitesse du nanomètre – un milliardième de mètre – attire des milliards de dollars. Depuis la Nano-initiative lancée en 2000 par le Président Clinton ( \$3 milliards/an dont 1 milliard de budget fédéral), 35 pays sont entrés dans la marche vers le nanomonde: non seulement des pays européens mais aussi le Japon, la Corée du Sud, l'Inde, la Chine, Taiwan, Israël, et le Brésil. Et le soutien public aux nanotechnologies, tous pays confondus, croît au rythme de 40 % par an. On parle de tsunami, de déferlante. La course aux nano est bien plus frénétique que la course à la bombe au milieu du XXe siècle car elle engage les pouvoirs publics, l'industrie et toute l'économie. Les compagnies industrielles ont investi dans la R&D en NST avec des prévisions de retours sur investissements dès la deuxième décennie du siècle.

Quant à l'attention du public, elle n'est pas spécialement attirée par la voie habituelle des médias qui font vocation de populariser la science ou par les rubriques "sciences" de la presse générale. Ce sont plutôt les acteurs et promoteurs des NST qui ont d'eux-mêmes recours à un genre d'écriture

semi-populaire où se mêlent étroitement la science et la fiction et qui porte leurs controverses sur la place publique.

Les NST sont tout sauf une "science pure" au sens chimique du terme car elles mélangent les genres, brouillent toutes les cartes qui servaient de repères, entre la science et la fiction, entre science fondamentale et applications, entre le monde académique et celui des affaires, entre science et société enfin. On peut certes disputer sans fin sur leur nouveauté et leurs prétentions révolutionnaires. Mais à subvertir ainsi les partages et confondre toutes les catégories traditionnelles, ce domaine ne peut manquer d'avoir un impact sur les rapports entre science et société.

#### DÉFINIR, DÉJÀ UN PROBLÈME

Il est bien difficile de définir les nanosciences et technologies car le préfixe « nano » semble pouvoir s'appliquer à de multiples domaines. On se trouve en présence d'une approche générique de diverses techniques, sans territoire assigné, susceptible de renouveler ou « potentialiser » tous les secteurs de la science, de la santé, de l'agriculture, de l'industrie et de l'armée.

D'où la difficulté de cerner l'objet propre des NST. Quelques chercheurs optent pour une définition extrêmement restrictive limitant le champ à l'étude du comportement de la molécule isolée<sup>1</sup>. D'autres se contentent d'une référence à l'échelle du nanomètre<sup>2</sup>. On adoptera ici les définitions proposées dans le rapport américain de 2000 ou dans le rapport britannique de 2004. Pour Mihail Roco, porte-parole de la nano-initiative américaine, les NST sont la « création de matériaux, dispositifs, ou systèmes fonctionnels à travers la manipulation de la matière à l'échelle du nanomètre, exploitant les phénomènes et propriétés nouveaux dus à la taille.<sup>3</sup> » La définition du rapport britannique se distingue un peu de celle-ci en ce qu'elle prend soin de distinguer science et technologie :

« Nanoscience est l'étude des phénomènes et la manipulation des matériaux aux échelles atomique, moléculaire and macromoléculaire, où les propriétés diffèrent significativement de celles à plus grande échelle. Les nanotechnologies sont la conception, caractérisation, production et application de structures, dispositifs et systèmes par contrôle de la forme et de la taille à l'échelle nanométrique<sup>4</sup>. »

Plusieurs points méritent d'être soulignés dans ces définitions :

1- la référence à l'échelle de grandeur est primordiale bien qu'insuffisante. Elle suggère que le champ des NST traverse plusieurs disciplines : physique, chimie, biologie, électronique, science des matériaux, biotechnologies etc. C'est donc un domaine qui remet en question les partages disciplinaires<sup>5</sup>.

2- La distinction entre science et technologie s'efface, même si le rapport britannique et le rapport français de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies la maintiennent. Que la recherche soit orientée vers les applications ou plutôt à finalité cognitive, dans les deux cas les unités de matière (atomes, molécules, macromolécules) sont considérées comme des unités fonctionnelles (dispositifs ou parfois machines) susceptibles d'effectuer une ou plusieurs opérations (rotors, molécules brouettes, transistors etc...). La brochure *Focus* du CNRS sur Les nanosciences (sept 2005) insiste particulièrement sur l'importance des fonctionnalités :

« Constuire, comprendre, contrôler la fonctionnalité des nano-objets ou d'empilements de nano-objets, ceux que la nature fournit, ceux que le scientifique élabore atome par atome ou découpe au « scalpel nanométrique » d'extrême précision, est un projet essentiel de la science en ce début de 21<sup>e</sup> siècle<sup>6</sup>. »

<sup>1</sup> Voir Christian Joachim, 2005: "To be nano or not to be nano ?", *Nature Materials*, 4, February, 105-109.

<sup>2</sup> Voir rapport de l'académie (à vérifier)

<sup>3</sup> Voir [www.nano.gov/omb\\_nifty50.htm](http://www.nano.gov/omb_nifty50.htm) (2000)

<sup>4</sup> <http://www.nanotec.org.uk/>,

<sup>5</sup> À cet égard il faut noter que ce décloisonnement est sous-estimé dans le rapport conjoint de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies qui se structure selon des catégories traditionnelles en trois parties: I nanochimie, 2 nanophysique, 3 nanotechnologies.

<sup>6</sup> CNRS Focus Les nanosciences, sept 2005,p. 6

3- la définition souligne la nouveauté des propriétés dues à l'échelle. Même une molécule aussi familière que le carbone constitue un monde nouveau, étrange. Tout comme au début du XXe siècle les physiciens se pensaient comme *conquistadores* d'un monde nouveau - celui des atomes et des électrons - les chercheurs du début du XXIe siècle sont les explorateurs d'une *terra incognita*. dont ils attendent, espèrent, des révélations autant que des applications pratiques. L'émergence de nouvelles propriétés à l'échelle du nanomètre (du fait de l'importance des surfaces et interfaces notamment) est une raison d'être des NST. Et la métaphore du nouveau monde sert bien le projet des entrepreneurs soucieux d'attirer le *venture capital*.

4- Toutes les définitions insistent sur la possibilité de mesurer, contrôler (cf le "scalpel nanométrique") en précision les phénomènes à l'échelle du milliardième de mètre. L'image du contrôle des briques élémentaires si manifeste dans le slogan "shaping the world atom by atom" qui lança les programmes américains, sous-entend que le nanotechnologiste détient les rouages de la création et qu'il est maître de l'univers<sup>7</sup>.

## UNE RÉVOLUTION ANNONCÉE

Même si certaines des recherches qui relèvent aujourd'hui des nanosciences ont débuté bien avant que le préfixe "nano" n'entre dans l'usage courant, l'essor des NST date d'il y a vingt ans, en 1986. Cette année là, deux événements font découvrir le nanomonde au public. Tout d'abord un prix Nobel couronne Binnig et Rohrer, deux chercheurs du laboratoire d'IBM à Zurich qui ont mis au point un instrument, le microscope à effet tunnel (STM). Même si l'effet tunnel est encore mal compris, c'est une invention fascinante car elle permet de "visualiser" et de manipuler les atomes un à un. Ensuite, paraît un livre promis à un grand succès tant il suscita de controverses : *Engines of Creation* publié par un jeune chercheur sorti du Massachusetts Institute of Technology, Eric K. Drexler, annonce une ère nouvelle grâce à ce qu'il nomme "la manufacture moléculaire"<sup>8</sup>. Il proclame une révolution car il ne s'agit plus de tailler dans la masse un outil ou un dispositif pour l'adapter à une fin mais de le construire à partir des briques élémentaires qui composent l'univers. En jargon du milieu : à la démarche *top-down* succède l'approche *bottom-up*, dont Drexler attribue la source d'inspiration à une fameuse conférence du physicien Richard Feynman en 1959<sup>9</sup>.

<sup>7</sup> On retrouve ces quatre points dans la définition parodique qui présente les nanos comme la poule aux oeufs d'or: nano "a tiny manufactured prefix engineered into funding proposals to exploit the unusually generous properties of science funds occurring at the nano-scale." Cité dans le rapport du groupe ETC NanoGeopolitics. 2005

<sup>8</sup> Drexler, K.E., 1986: *Engines of Creation*, New York, Anchor Books. Trad. fr. *Des engins créateurs*, Paris, Vuibert, 2005

<sup>9</sup> "There is plenty of room at the bottom", la conférence aujourd'hui sacralisée est accessible en ligne <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>.

Le mérite de Drexler – aujourd’hui décrié par bien des scientifiques actifs dans ce domaine – est d’avoir constitué un “grand récit” qui donne un sens une signification à la possibilité toute nouvelle ouverte par le STM de voir et manipuler les atomes. Il accompagne ses publications de la création d’un institut le Foresight Institute à Palo Alto, qui depuis 1990 cherche à promouvoir les NST tout en réfléchissant sur leurs implications sociales et autres. Ces sortes d’exercices de prospective (cf la vidéo implantée sous la peau de R. Fretas Jr) peuvent être considérées soit comme mystifications soit comme des sortes d’expériences de pensée destinées à anticiper sur les bénéfices ou dangers potentiels des nanotechnologies. Dans tous les cas il s’agit de visions assez pauvres de la technologie, avec des machines qui procèdent de l’application de principes généraux plutôt que de solutions inventives à un problème local qui font de la machine un être en prise sur un milieu associé<sup>10</sup>.

Le programme exposé dans *Engines of Creation* est d’abord le fait d’un ingénieur qui se plaît à rêver des machines. Il présente un jeu de construction à l’échelle du nanomètre qui ressemble néanmoins aux machines classiques avec des engrenages, des pièces qui se positionnent correctement pour s’emboîter. Pour assembler les atomes, il faut des robots, équivalents miniatures de nos chaînes de montage. Drexler envisage ces assembleurs universels sur le modèle des ribosomes dans les systèmes vivants. Les nanorobots capables de mouvements

d’une très grande précision déplaceraient, positionneraient et assembleraient les atomes pour former des nanomachines. Ce jeu de mécano-synthèse, inspiré des réactions moléculaires décrites en biochimie, est un défi fascinant pour tout ingénieur car il s’agit d’inaugurer une technologie enfin précise, propre, économique destinée à supplanter les synthèses sales, brouillonnes, hasardeuses des chimistes organiciens. Drexler confère aussitôt une dimension prométhéenne à son projet: refaire le monde en déployant l’intelligence humaine. L’insistance de Drexler sur le contrôle des rouages et assemblages laisse entrevoir la possibilité de se libérer des entraves et contraintes de la matière. Semblables au doigt de Dieu dans le geste de la création, ses nanorobots ont le pouvoir de faire advenir un monde autre, rejetant dans la nuit des temps tous les progrès techniques et industriels.

Dès le début du chapitre 2, Drexler entre dans la science fiction. Comme dans ce genre littéraire, il s’appuie sur les tendances de la science contemporaine. Il sélectionne ses modèles dans la biologie moléculaire, plus précisément dans les biotechnologies et dans l’intelligence artificielle pour laisser entrevoir la possibilité de machines à penser. Il met en place un triplet de références, qui situe les nanotechnologies dans un système de technosciences où la manipulation des atomes et des gènes, converge avec une interprétation biologique des faits sociaux et la fabrication des robots ou cyborgs.

<sup>10</sup> Voir Gilbert Simondon, 1989 : *Du mode d’existence des objets techniques*, Aubier, Paris.

Comme dans la science fiction, Drexler se focalise sur le lien entre invention technique et société, et joue sur les deux tableaux, utopie et dystopie. Tout en faisant miroiter une riche palette d'applications bénéfiques à la santé, à l'environnement, à la sécurité, il déploie aussi le scénario dit de la gelée grise (grey goo): des nanorobots capables d'auto-reproduction comme les cellules vivantes se développent comme une sorte de parasite dont rien ne peut bloquer l'expansion jusqu'à ce que toutes les ressources énergétiques de la planète soient consommées par leur reproduction et la terre changée en une masse indifférenciée de gelée grise.

Le scénario du grey goo a provoqué une réaction spectaculaire de la part de Bill Joy directeur de recherche chez Sun Microsystems, qui publie un article alarmiste intitulé «Why Future Doesn't Need Us » (*Pourquoi le futur n'a pas besoin de nous*).<sup>11</sup> Il lance l'alerte et appelle à un moratoire, un arrêt au moins temporaire des recherches. Cette attaque, déplaçant la polémique vers des questions d'éthique, voire de métaphysique, fut relayée en 2002 par le succès de *Prey*<sup>12</sup>. Ce roman de Michael Crichton inspiré par le scénario de la gelée grise, agit comme déclencheur de tout un processus d'alerte en Grande Bretagne qui passé par le Prince Charles, puis la Royal Society et la Royal Academy of Engineering, pour déboucher sur le programme actuel de Public Engagement in Science.

Nombreux sont les scientifiques actifs

dans le secteur des NST qui estiment que les NST se seraient développées aussi bien, sinon mieux, sans tout le tapage suscité par Drexler. Ils préfèrent s'en tenir à l'idée que les NST procèdent d'une logique interne à la recherche, en l'occurrence d'une logique instrumentale puisque c'est le STM qui a en grande partie ouvert la voie vers le nanomonde. À la rigueur consentent-ils à invoquer aussi la raison technicienne en prenant pour commandement la fameuse loi de Moore qui prédit (ou prescrit) une marche inexorable vers la miniaturisation. En fait cette revendication d'autonomie ne parvient plus à dissimuler les valeurs qui s'attachent aux NST.

## LES PROPHÈTES DES NBIC

Le livre de Drexler a déclenché une grande controverse parmi les scientifiques - chimistes, et physiciens - qui ont démontré que son jeu de mécanosynthèse était illusoire et l'autoréplication un rêve. Drexler lui-même a renié l'hypothèse du *grey goo* et publiquement regretté de l'avoir avancée. Mais cette condamnation unanime qui se traduit par une marginalisation du groupe du Foresight Institute ne signifie pas un travail de "purification" de la part des acteurs de la recherche. Au contraire les promoteurs des programmes de recherche jouent aussi sur les promesses et les alertes quant à l'impact social des NST. Mihail Roco, président du Nanoscale Science, Engineering and Technology du National Science and

<sup>11</sup> Bill Joy, «Why Future Doesn't Need Us » *Wired*, n. 8, avril 2000.  
[www.wired.com/wired/archive/8.04/joy.html](http://www.wired.com/wired/archive/8.04/joy.html)

<sup>12</sup> M. Crichton, *Prey*, Harper Collins, 2002, trad fr , *Proie*, Paris Robert Laffont, 2003.

Technology Committee, est aujourd'hui le chef d'orchestre de la politique américaine en matière de nanotechnologies. Loin de censurer les élans visionnaires à la Drexler, il les nourrit dans son programme de convergence, le fameux programme NBIC, acronyme pour Nanotechnologies, Bio-techno-logies, Technologies de l'information et sciences cognitives.

La convergence de ces quatre disciplines est à la fois un constat et un programme. Le constat, c'est que dans ces quatre secteurs on cherche à construire quelque chose à partir d'unités élémentaires: des atomes, des gènes, des bits d'information ou des neurones. Le programme rebaptisé « little BANG » par ETC Group, c'est de promouvoir une conception holiste de la nature, qui surmonte enfin la fragmentation imposée par les barrières disciplinaires.

« Il y a un demi-millénaire, les chefs de file de la renaissance maîtrisaient plusieurs domaines à la fois. Aujourd'hui, en revanche, la spécialisation a séparé les arts et l'ingénierie, et nul ne peut maîtriser plus qu'un tout petit fragment de la créativité humaine. Les sciences sont parvenues à un tournant où elles doivent s'unifier pour continuer d'avancer rapidement. La convergence des sciences peut initier une nouvelle renaissance, incorporant une conception holiste de la technologie fondée sur des

outils transformateurs, sur les mathématiques des systèmes complexes, et sur une analyse causale du monde physique unifiée depuis l'échelle nano jusqu'à l'échelle planétaire. <sup>13</sup>»

Le programme c'est aussi d'accélérer le processus de fertilisation croisée afin d'obtenir un effet de synergie qui produira du nouveau, de l'inédit, quelque chose de plus que la somme des ingrédients de départ. Et d'aligner les promesses: les NBIC vont résoudre les problèmes d'eau potable, rendre la vue aux aveugles, l'ouïe aux sourds, la mémoire à ceux qui souffrent de la maladie d'Alzheimer, permettre la surveillance de tous lieux publics des personnes, de notre biochimie... à toute heure du jour et de la nuit, Le projet clairement affiché dès le titre du rapport, *Converging Technologies for Improving Human Performance*, est de dépasser les limites de l'humain, d'augmenter les performances physiques, mentales des individus<sup>14</sup>. Certains promoteurs des NBIC comme William Bainbridge proclament haut et fort leur volonté de créer une forme de vie artificielle qui prenne le relais de l'évolution biologique et de supplanter l'humanité par une nouvelle espèce. Ray Kurzweil, inventeur et fabricant de nombreux dispositifs tels que la machine à lire pour aveugles ou le convertisseur voix-texte présente son livre récent *The Singularity is near. When Humans Transcend Biology* en ces termes:

<sup>13</sup> Michael Roco, C. Montemagno eds, op. cit. supra, Executive summary p. xii

<sup>14</sup> M.C. Roco, W. Bainbridge eds, *Converging Technologies for Improving Human Performances*, NSF report, June 2002. Voir aussi M. C. Roco, C. Montemagno eds, *The co-evolution of Human potential and Converging Technologies*, Annals of the New York Academy of Science, vol. 1013, 2004.

“A l’aube du XXI<sup>e</sup> siècle, l’humanité est au seuil de la plus grande et de la plus sensationnelle transformation de son histoire: Ce sera l’âge où la définition même de ce que c’est qu’être humain sera enrichie et bouleversée, car notre espèce rompt les chaînes de son héritage génétique et atteint des sommets d’intelligence, de progrès matériel et de longévité.”<sup>15</sup>

#### SOUS LES YEUX D’ELSA

On est donc en présence d’un nouveau style de science promu par des visionnaires qui ont renoncé à maintenir une cloison étanche entre faits et valeurs, science et société, entre le monde des sciences, des techniques et celui des valeurs sociales et culturelles. Ces visions sont à double face: on joue sur l’avenir radieux et le danger d’apocalypse.

L’omniprésence des propos visionnaires jusque dans les demandes de crédits pour la recherche justifie les investissements consentis pour accompagner en amont le développement des NST par une réflexion sur les aspects éthiques, sociaux et légaux (d’où l’acronyme ELSA) des nano-technologies. Cette volonté d’aborder en amont, suivant une démarche proactive et non plus réactive est souvent présentée comme une leçon tirée de l’expérience du rejet des OGM par la société européenne. Dès 2000, dès le lancement de la nano-initiative américaine

par Clinton, s’est manifesté le devoir, l’urgence de se préparer aux challenges que posent les NST<sup>16</sup>. La décision se traduit concrètement dans le budget NSF par l’affectation de 1% du budget aux recherches non seulement de toxicologie et d’épidémiologie sur les nanoparticules mais aussi aux recherches en sciences sociales sur les conséquences possibles de ces technologies. Le programme ELSA fait partie intégrante des recherches et du budget des NST en plusieurs pays européens.

Les Pays-Bas, par exemple, ont lancé un programme de grande ampleur mais d’un tout autre style. NanoNed est un consortium d’instituts de recherche généreusement financé par le gouvernement pour faire de l’évaluation technologique constructive (Constructive Technology Assessment) des nanotechnologies, en tenant compte de l’impact que leur donne l’omniprésence de la fiction. Les objectifs sont ambitieux : responsabiliser les acteurs quant aux aspects éthiques, légaux et sociaux afin de parvenir à une co-évolution des sciences et de la société.

En ce qui concerne ELSA, la France n’est pas à l’avant-garde. En dépit du rapport demandé par l’Ecole des mines sur les aspects éthiques et sociaux des nanotechnologies, les initiatives ministérielles lancées en 2003 s’accompagnaient plutôt de propos léni-fiants du genre :

<sup>15</sup> Ray Kurzweil, *The Singularity is near. When Humans transcend Biology*, Vicking Press, 2005. Quatrième de couverture.

<sup>16</sup> cf le rapport signé Roco et Bainbridge, *Societal Implications of NS & NT*, Kluwer 2000.

«Faire connaître les applications actuelles et futures des nanotechnologies : dans le domaine de l'électronique, mais aussi de la santé, des transports, de l'énergie, du développement durable. Sans gommer les impacts sociaux ou éthiques qu'elles peuvent avoir – tout progrès scientifique comporte des risques – mais en faisant confiance à l'intelligence de chacun pour conclure que les avantages de ces applications l'emportent de loin sur les inconvénients, qui peuvent être maîtrisés. Alors, démarrons ensemble ce voyage dans les nanosciences!<sup>17</sup>»

L'attitude des Anglais est tout en contraste. Dès le mois de mai 2003, un rapport est commandé à la Royal Society et à la Royal Academy of Engineering afin de « restaurer la confiance du public dans la gouvernance, la régulation et les usages des sciences et technologies. Et d'instaurer un débat dès les stades les plus précoces de R&D pour comprendre les aspirations et craintes du public ». Le rapport remis en juillet 2004, intitulé *Nanoscience and Nanotechnologies. Opportunities and Uncertainties*<sup>18</sup>, porte une attention particulière aux impacts éthiques et sociaux et n'hésite pas à soulever des questions telles que: 'qui contrôle les usages des nanotechnologies ?' ; 'à qui profitent les usages des nanotechnologies ?

En cinq ans, "les yeux d'Elsa" ont identifié, répertorié et diffusé quelques impacts plausibles des nanotechnologies sur la santé, l'environnement, l'économie, la société, la culture et la paix mondiale. Les études toxicologiques sur les nanoparticules ont déjà produit quelques résultats et invitent à l'institution de normes et de réglementations; les menaces qui risquent de peser sur la liberté individuelle, la dignité de la personne humaine, et plus fondamentalement encore sur les valeurs fondamentales de nos sociétés sont aussi soulignées par plusieurs rapports<sup>19</sup>.

#### ACCEPTANCE OU GOUVERNANCE ?

Quel est le sens des mesures d'accompagnement mises en place? Que visent-elles et à quoi nous préparent-elles? S'agit-il de se préparer à affronter le public au cas où il se montrerait hostile aux nouveaux nanoproducts qui doivent inonder le marché? Ou s'agit-il de faire participer le public aux choix scientifiques et technologiques? Ce n'est certainement pas en se fiant aux seules déclarations d'intention qu'il faut tester la différence des deux modèles mais plutôt en examinant attentivement les initiatives et mesures prises en divers pays pour engager le public dans l'aventure nanotechnologique.

<sup>17</sup>Claudie Haigneré, in " A la découverte du nanomonde", brochure du ministère de la recherche et de la technologie, 2003, [www.nanomicro.recherche.gouv.fr](http://www.nanomicro.recherche.gouv.fr). Le rapport conjoint de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies, est encore plus aveugle aux questions d'ELSA. Science & Nanotechnologie, 2004, [http://www.academie-sciences.fr/publications/rapports/rapports\\_html/rst18.htm](http://www.academie-sciences.fr/publications/rapports/rapports_html/rst18.htm)

<sup>18</sup> le rapport est accessible en ligne <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>

<sup>19</sup> voir le rapport britannique <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>, le rapport Dupuy JP, Roure F, *Les nanotechnologies, éthique et prospective industrielle*, Paris, La documentation française, 2004. *Rapports de la Commission européenne, Converging Technologies- Shaping the future of European Societies* (2004), *Outcome of the Open Consultation on the European Strategy for Nanotechnology* (Décembre 2004) [www.nanoforum.org](http://www.nanoforum.org)

Ainsi aux Etats-Unis, la finalité du programme ELSA dans l'esprit de Mihail Roco est de faciliter le développement des NST, d'aplanir les obstacles et de favoriser leur acceptation par la société plutôt que de mettre en débat.

"Il est essentiel de préparer les organismes et activités sociales pour les changements rendus possibles par les technologies convergentes. Les activités qui accélèrent la convergence pour améliorer les performances humaines doivent être renforcées, y compris la R&D ciblée, la synergie technologique à partir de l'échelle nano doit être accrue en développant les interfaces entre sciences et technologies et une approche holistique pour guider l'évolution sociétale qui en résulte (...) Nous devons expérimenter avec des idées innovantes pour motiver la R&D multidisciplinaire, tout en trouvant moyen de tenir compte des préoccupations éthiques, légales, et morales."<sup>20</sup>

Mais cette volonté de monitorer le développement des NST, qui est aussi celle du Foresight Institute mis en place et géré par les "Drexliériens" a été contrecarrée par des initiatives locales qui visent à une véritable gouvernance des nanotechnologies par la société civile. Les associations jouent à cet égard un rôle décisif. En particulier, le Loka Institute (pour la promotion de la recherche associative) a organisé un séminaire sur les nanotechnologies à Washington D.C. les 10 et 11 Septembre 2004 réunissant des militants de diverses tendances. Les recom-

mandations issues de cette rencontre visent essentiellement trois objectifs :

**I)** institutionnaliser une participation régulière du public aux processus de décision (par exemple : conférences de citoyens tous les 18 mois, utiliser dès que possible les résultats des délibérations citoyennes, associer les parties prenantes aux comités de sélection des programmes de recherche, inviter des militants associatifs et des syndicalistes dans les comités d'experts) ;

**II)** susciter des contre-expertises issues de la société civile (par exemple réserver 3% budget des agences fédérales pour des recherches-actions communautaires) ;

**III)** responsabiliser les scientifiques et les politiques (par exemple, le National Nanotechnology Coordination Office doit garantir que tous aspects éthiques et sociaux sont pris en compte, financer des études de risques, créer un annuaire des acteurs des nanotechnologies et le diffuser auprès des citoyens intéressés). Les recommandations issues de la conférence de citoyens de Madison (Wisconsin avril 2005) organisée par deux départements de l'université va beaucoup moins loin dans le modèle participatif mais insiste plus sur la nécessité de transparence (publicité des résultats de tests de toxicité, les chercheurs doivent rendre des comptes sur ce qu'ils font avec les fonds publics), de réglementation, de prise en charge par le gouvernement fédéral de la gestion des risques sanitaires, sociaux et

<sup>20</sup> Mihail ROCO, in NBIC Report 2002 « executive summary » p. x

autres et enfin d'une véritable politique de précaution (charge de la preuve d'innocuité appartient aux producteurs; demande des campagnes organisées par gouvernement comme sur le tabac).

Le groupe canadien ETC (Action Group Erosion, technology and Concentration) qui ne cache pas ses engagements écologistes agit en instance de contre-expertise sur le dossier des nanotechnologies: après avoir demandé un moratoire dès 2003, il s'éleva contre la vogue des fictions fututologistes et réclame des mesures concrètes d'étude des risques. En 2005 dans un rapport intitulé *Nanogeopolitics*, il revient à la charge en dénonçant une certaine rhétorique de la responsabilité qui dispense de prendre des mesures politiques et l'illusion des solutions scientifiques aux problèmes politiques tels que la pauvreté. En France un collectif de militants de l'agglomération de Grenoble intitulé Pièce et Main d'oeuvre (PMO) harcèle le projet Minatec en critiquant les procédures de décision autant que les choix technologiques. L'enjeu est clairement politique et le groupe PMO torpille les tentatives de médiation et de débat public. En revanche Green Peace est partie prenante dans les débats sur les nanotechnologies en Angleterre.

D'où l'intérêt du modèle anglais qui rassemble des acteurs de tous bords, milieux universitaires, associatifs, journaux, etc. Le rapport des deux académies se terminait sur 21 recommandations prônant non

seulement des mesures de prévention des risques (évaluation du cycle de vie des produits de nanotechnologies par des organismes indépendants, créer un centre inter-disciplinaire de recherches épidémiologiques et enfin jusqu'à plus ample connaissance éviter autant que possible les rejets de nanoparticules dans l'environnement), mais aussi des réglementations pour la protection des travailleurs et des populations (ériger des normes spéciales pour les nanoparticules, affichage des produits, etc). Le rapport recommandait également tout un ensemble de mesures éthiques et sociales telles que financer des recherches interdisciplinaires sur ces aspects, intégrer les questions éthiques et sociales dans la formation des chercheurs et du personnel, financer des recherches sur les attitudes du public, initier un dialogue public sur les nano-technologies, enfin et surtout créer un groupe indépendant de représentants des parties prenantes pour évaluer les actions menées suite aux recommandations et organiser une réunion biennale du groupe pour repérer les dangers potentiels issus des NT à un stade précoce.

Certes la réponse du gouvernement britannique déçoit les attentes des académiciens. Tout en affichant la priorité aux risques sanitaires et environnementaux – oui au développement de mesures et de détection des nanoparticules et oui aux études toxicologiques - il n'accorde aucun financement aux aspects éthiques et sociaux, ne prend aucune mesure nouvelle

18  
Nanos :  
un terrain  
pour  
changer  
la science  
et la  
société ?

<sup>21</sup> la réponse du gouvernement est accessible en ligne. [http://www.ost.gov.uk/policy/issues/nanotech\\_final.pdf](http://www.ost.gov.uk/policy/issues/nanotech_final.pdf).

pour la communication avec le public ni pour la formation des scientifiques au nom du principe "learning by doing"<sup>21</sup>. Et cependant le gouvernement engage officiellement un programme de « Public Engagement in Science » et les initiatives locales de jurys de citoyens sur des questions technologiques ou sociales se multiplient. Le Nanojury qui s'est réuni de mars à septembre 2005 fait figure de procédure modèle. Formé d'un panel de 20 ou 30 citoyens non-spécialistes sélectionnés au hasard, il a travaillé pendant 5 mois en commençant par un sujet de son choix - la délinquance chez les jeunes - avant d'aborder les nanotechnologies. Il a alors auditionné témoins et spécialistes de divers horizons sous la supervision de tiers (afin d'éviter les questions biaisées comme dans les sondages). Le jury ne cherche pas nécessairement à parvenir à un consensus: les recommandations sont toutes prises en compte même celles qui n'ont reçu qu'un faible soutien. L'important, d'après les participants, est le regard mutuel que les uns portent sur les autres. Aussi les conclusions sont-elles assez nuancées et peu catégoriques. Toutefois elles sont loin d'être anodines. Les jurés demandent non seulement la transparence et des informations compréhensibles pour permettre une véritable participation du public mais aussi ils entendent orienter les choix de financer telle ou telle technologie et reconnaissent explicitement les dimensions éco-nomiques et politiques qui conditionnent l'acceptabilité des techniques.

Il paraît donc difficile d'établir a priori une ligne frontière entre certaines procédures de débat public qui seraient de simples consultations de façade visant à légitimer des décisions déjà prises en singeant le jeu démocratique et d'autres qui seraient authentiquement participatives et qui permettraient une co-construction des sciences, des techniques et de la société.

Néanmoins les nanotechnologies servent aujourd'hui de terrain d'expérimentation pour tester la faisabilité et la validité d'un nouveau régime général de sciences décrit, il y a déjà plusieurs années, par des sociologues des sciences<sup>22</sup>. Il se caractérise par l'effacement des frontières entre les espaces académiques et industriels, publics et privés et entre ces espaces de savoir et les espaces de délibération politique (médias, jurys, forums, élections). Cela ne signifie pas que ce nouveau régime de science soit stabilisé ou même légitimé. La science académique, autonome, confinée, indifférente aux valeurs et sans responsabilité sociale a encore beaucoup de partisans. Mais la vogue actuelle des nanotechnologies offre un bel exemple de programme scientifique qui ne cache ni ses présupposés philosophiques, ni ses ambitions sociales, ni ses visées politiques, et culturelles. C'est un terrain hautement mixte, hétérogène où opèrent coude à coude les visionnaires et les spéculateurs qui espèrent du profit à court terme, où le raisonnement scientifique flirte avec la fiction, la raison avec les rêves qui han-

<sup>22</sup> M. Gibbons, C. Limoges, Helga Nowotny, S. Schwartzman, P. Scott, M. Trow, *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, London: Sage (1994) ; Helga Nowotny, Peter Scott, Michael Gibbons, *Re-Thinking Science. Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty* (2001). Cambridge: Polity Press],

tent les Prométhées de la convergence, la curiosité qui est la passion bien connue des chercheurs avec des intérêts économiques et militaires. Transformer ce terrain en un lieu d'exercice où l'on apprend à regarder les innovations comme des problèmes autant que comme des solutions, où l'on accepte de sortir les énoncés scientifiques du milieu consensuel qui les produit pour les soumettre aux épreuves de la sphère publique et les engager dans l'arène politique : c'est le résultat des remarquables efforts de recherche sur les impacts des NST et de mobilisation du public pour accompagner les NST.

S'agit-il d'une expérience isolée, locale et ponctuelle, d'une petite ouverture dont les effets seront vite balayés par la compétition féroce qu'impose le contexte économique actuel ? Il faudrait des dons de voyance pour prédire l'avenir des sciences. On doit se contenter pour l'instant de repérer les raisons d'y croire et de douter. Il est vrai qu'on perçoit déjà les contradictions et les limites de l'exercice auquel se livrent les nanotechnologies : les chercheurs et ingénieurs hésitent entre la volonté de contrôle et le désir d'émergence, entre un schéma classi-

que et rassurant de maîtrise et une volonté de jouer à l'apprenti sorcier ; les artisans du dialogue avec le public (chercheurs SHS, ONG...) risquent de transformer l'exercice en une profession qui défendra ses propres intérêts ; plus grave, les citoyens prônent l'éthique et les « bonnes conduites » mais ne succomberont-ils pas aux appâts de la société de consommation quand les nanoproducts seront mis sur le marché ?

Il reste une bonne raison de croire que cette expérience locale fera tâche d'huile : chaque réflexion sur les impacts environnementaux, éthiques, sociaux ou légaux des nanotechnologies soulève des questions générales, si naïves qu'on n'ose pas d'habitude les poser : qu'est-ce que faire de la bonne science ? Pourquoi développer telle technologie plutôt qu'une autre ? Est-ce que ces innovations et promesses rendront la vie meilleure ? Et pour qui ? On peut donc attendre quelque chose de cette expérience si et seulement si on franchit un pas de plus, si l'on passe des exercices pratiques sur les procédures (normes, réglementation, principe de précaution) à une redéfinition collective de la valeur, du sens et de la finalité des sciences et des techniques.

**Bernadette BENSAUDE-VINCENT**

*Professeur d'histoire et de philosophie  
des sciences à l'Université Paris-X  
Lauréate 1993 du Prix Jean ROSTAND avec  
Isabelle STENGERS pour leur livre  
« Histoire de la Chimie », éd. La Découverte*

Les scientifiques peuvent être fiers d'avoir apporté tant de nouvelles connaissances contribuant ainsi à libérer l'homme de multiples souffrances et de tâches pénibles.

Jamais la science n'a donné à l'homme si rapidement un tel pouvoir sans lui laisser le temps pour s'y adapter. Cette inadaptation a entraîné de profonds dysfonctionnements, des énormes inégalités et même des menaces pour l'avenir de l'humanité.

Jamais les scientifiques n'ont eu de plus impérieux devoirs. Ces devoirs sont doubles :

- d'une part, bien sûr, contribuer à l'ACQUISITION de nouvelles connaissances, sans aucune restriction, dans tous les domaines ;
- et d'autre part, apporter leur expertise à une APPLICATION rationnelle des technologies qui en découlent et dont ils sont moralement responsables.

Pour y répondre les scientifiques doivent sortir de leur tour d'ivoire et se mêler à la société, non seulement comme experts auprès des autorités, mais aussi et peut-être surtout en s'adressant au grand public par tous les moyens de diffusion modernes.

Les scientifiques ont une responsabilité particulière de présenter les découvertes et surtout les applications pratiques qui en découlent ou en découleraient avec toute la loyauté, la clarté et

l'objectivité nécessaire, se mettant à la portée de l'auditeur qu'il soit éclairé ou ignorant, évitant tout sensationnel (trop souvent employé dans les médias) et tout alarmisme inutile.

Informée, et informée en temps utile, l'opinion du grand public pèsera de tout son poids sur les décideurs politiques et industriels, afin que les nouvelles technologies ne soient pas utilisées d'une façon abusive ou dévoyée. Dans les démocraties les politiques sont à l'écoute des électeurs et partout dans le monde les industriels sont à l'écoute des acheteurs potentiels donc tous deux de l'opinion publique. C'est cette grande force que nous vous appelons à recourir *afin que l'homme n'ait plus à subir son sort mais puisse désormais orienter lucidement sa destinée.*

Pour être efficace, un grand mouvement de portée internationale vient d'être créé, une association à but non lucratif, sans aucune attache politique, religieuse ou financière : le Mouvement Universel de la Responsabilité Scientifique, dont il existe déjà des branches en France, au Mexique et au Japon.

Nous vous convions à nous joindre et à développer dans vos pays respectifs des branches se fixant des objectifs similaires mais utilisant naturellement des approches adaptées à chaque culture.

Jamais les scientifiques n'ont eu de devoirs si évidents et si pressants.

**Ismail SERAGELDIN**  
**Président**  
**MURS - International**

**Jean DAUSSET**  
**Président d'Honneur**  
**MURS - France**